

ENCYCLOPÉDIE THÉORIQUE & PRATIQUE DES CONNAISSANCES CIVILES & MILITAIRES

(Publiée sous le patronage de la Réunion des Officiers)

---

**PARTIE CIVILE**

---

**COURS DE CONSTRUCTION**

Publié sous la direction de

**G. OSLET, INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES**



---

*QUATRIÈME PARTIE*

---

**TRAITÉ**

DE

**CHARPENTE EN BOIS**

PAR

**GUSTAVE OSLET**

Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef des travaux graphiques à l'École centrale.

---

744  
90

---

PARIS

**H. CHAIRGRASSE FILS, ÉDITEUR**

23, RUE DE GRENELLE, 25

Droits de traduction et de reproduction réservés





# PROGRAMME

## I. — CHARPENTE EN BOIS.

### CHAPITRE I

- I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES.  
II. OUTILLAGE DU CHARPENTIER. — Description des outils et instruments employés par les charpentiers.  
III. OUTILS POUR L'ASSUJETTSSEMENT ET LE TRAVAIL DES BOIS.  
IV. OUTILS EMPLOYÉS POUR DÉBITER LES BOIS.  
V. OUTILS TRANCHANTS PAR PERCUSSION.  
VI. OUTILS TRANCHANTS SERVANT À CORROYER LES BOIS.  
VII. OUTILS SERVANT À PERCER ET À CREUSER.  
VIII. MACHINES ET APPAREILS UTILISÉS PAR LES CHARPENTIERES.  
IX. Marques employées par les charpentiers.

### CHAPITRE II

#### Des assemblages.

##### § I. LES PIÈCES SE RENCONTRENT EN FORMANT UN ANGLE

*L'angle est droit.* — Tenon et mortaise carrés, tenon et mortaise rectangulaires, tenon et mortaise doubles, tenon et mortaise sur l'axe, tenon avec repos, queue d'hironde à mi-bois ; assemblage à paume, à entaille carrée, à paume avec repos ; tenon avec renfort en chaperon, avec renfort carré ; queue d'hironde à recouvrement ; assemblage à queue avec renfort au collet, à entaille à deux épaisseurs ; tenon en queue d'hironde avec clef, queue d'hironde percée ; tenon passant avec clef ; double tenon passant à faces apparentes.

*L'angle est quelconque.* — Tenon et mortaise ; tenon et mortaise avec embrèvement ; embrèvement à double épaulement, à encastrement ; embrèvement anglais ; assemblage à houlisse, assemblage à mi-bois, à enfourchement ; à angles avec tenons, onglet à clef, à onglet à pigeon.

§ II. LES PIÈCES SE CROISENT. — Assemblage à mi-bois, mi-bois et embrèvement, à mi-bois avec tenon ; moises.

§ III. LES PIÈCES SE RENCONTRENT *bout-à-bout* et *sont sur la même ligne*. — Fausse tenaille, tenons chevrons et assemblage à mi-bois sur les quatre faces, double enfourchement, fausse coupe avec clef, fausse coupe avec faux tenon chevillé, assemblage à sifflet simple, assemblage à double sifflet.

§ IV. LES PIÈCES SONT HORIZONTALES. — Assemblage à mi-bois avec abouts carrés, mi-bois avec abouts en coupe, mi-bois avec tenons d'about, à trait de Jupiter, à mi-bois avec queue d'hironde, à mi-bois avec double queue d'hironde.

§ V. LES PIÈCES SONT PARALLÈLES ET *placées l'une sur l'autre*. — Assemblage par crénelures (faces parallèles), assemblage par crénelures (faces non parallèles), pièces jumelées avec arbalétriers intérieurs.

### CHAPITRE III

#### Planchers en bois et pans de bois.

##### I. — PLANCHERS EN BOIS

§ I. DÉTAILS DES PLANCHERS EN BOIS. — Définitions et notions générales ; planchers simples formés de solives parallèles posées sur des appuis ; dispositions spéciales pour les âtres, les tuyaux de fumée, les fenêtres, les portes, etc. ; planchers soutenus par des poutres traversant d'un mur à l'autre ; planchers d'enrayure ou d'assemblage ; anciens types de planchers ; pose des planchers en bois ; étréssonnement et consolidation des vieux planchers ; manières de faire les hourdis des planchers en bois, pose des parquets sur lambourdes ou sur aire avec chaîne en plâtre.

§ II. FERRURES EMPLOYÉES DANS LES PLANCHERS EN BOIS.

§ III. STABILITÉ DES PLANCHERS EN BOIS. — Exemples numériques complets.

##### II. — PANS DE BOIS

Définitions générales. — Noms des différentes pièces composant les pans de bois. — Dispositions des pans de bois, soit comme façade, soit comme murs intérieurs. — Dispositions spéciales pour les appuis et les baies. — Dimensions pratiques adoptées pour les pans de bois. — Ferrures employées pour la consolidation des pans de bois. — empiissage des pans de bois.

### CHAPITRE IV

#### Des escaliers en bois.

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES. — Escaliers très simples : Plan incliné, échelle, échelle de meunier. — Formule simple pour déterminer la largeur et la hauteur des marches.

*Sciences générales.*

§ II. DIFFÉRENTS TYPES D'ESCALIERS : escaliers à limon, escaliers à crémaillère, balancement des marches, départ d'un escalier à limon et d'un escalier à crémaillère — Disposition des paliers : palier d'arrivée et de départ. Escaliers à vis, escaliers à jour, escaliers tournants ou à noyaux évidés, escalier sans jour ou escalier rampe sur rampe.

§ III. TRACÉ D'UN ESCALIER — Épure faite par les compagnons charpentiers avec tous les détails nécessaires pour les principaux cas de la pratique. — Manière d'indiquer un escalier dans les plans de maison à petite échelle. — Ferrements employés dans la consolidation des escaliers.

### CHAPITRE V

#### Des combles.

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES. — Combles et fermes. Noms des différentes pièces composant une ferme. — Bois employés pour la construction des combles.

§ II. HAUTEUR DES COMBLES. — Pentes à donner aux combles suivant la nature de la couverture. — Comparaison du cube de bois employé pour un comble selon la pente qu'on lui donne.

§ III. DIVISION DES COMBLES SUIVANT LA FORME QU'ILS AFFECTENT. — Combles formés de surfaces planes, combles formés de surfaces courbes ou combles cintrés, combles à une et à deux pentes.

§ IV. ÉTUDE DES APPENTIS. — Différents types à employer suivant la portée et la destination.

§ V. DIVERS TYPES DE COMBLES À DEUX PENTES ÉGALES. — Études des formes les plus employées dans les combles. — Fermes surhaussées, fermes en équerre, fermes surbaissées.

§ VI. DIVERS TYPES DE COMBLES À DEUX VERSANTS INÉGAUX. — Sheds pour ateliers, magasins.

§ VII. COMBLES BRISÉS OU COMBLES À LA MANSARD. — Combles pyramidaux ou à plusieurs pentes.

§ VIII. INTERSECTION DES COMBLES FORMÉS DE SURFACES PLANES. — Nœuds et noulets. — Étude des croupes. — Croupe droite et croupe biaisée.

§ IX. COMBLES CONIQUES. — Flèches, beffrois, clochers. — Combles en dôme et à la Philibert-Delorme. — Comble à base circulaire ou éleptique. — Combles composés de surfaces courbes dont la base est une ligne droite dans le sens de la pente. — Intersection des combles à surfaces courbes.

§ X. OUVERTURES PRACTIQUÉES DANS LES COMBLES.

§ XI. CONSTRUCTION DES HANGARS. — Types de hangars économiques. — Système l'ombelle et autres. — Combles démontables. — Charpente en arcs formés de planches courbées sur leur plat.

§ XII. FERRURES EMPLOYÉES DANS LES COMBLES EN BOIS.

### CHAPITRE VI

#### Stabilité et résistance des combles en bois.

§ I. DIMENSIONS PRATIQUES DES DIFFÉRENTES PIÈCES QUI COMPOSENT UNE FERME.

§ II. CALCULS DES DIMENSIONS DES PIÈCES DES DIFFÉRENTES FERMES APPLIQUÉS À TOUTS LES TYPES DE COMBLES DÉCRITS. — Exemples numériques. — Contreventement. — Action du vent et de la neige. — Charges accidentelles. — Tableau par mètre carré des poids des diverses couvertures employées. — Calcul des supports verticaux destinés à supporter les fermes.

§ III. ÉPURES. — Définitions et notions générales. — Tracé des différentes pièces qui composent un comble — Épures et tracés pratiques des principales fermes employées en charpente.

### CHAPITRE VII

#### Echafaudages et étais.

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES. — Etais et étaielements. — Etréssillons et étréssillements.

§ II. NOMS DES PIÈCES DE BOIS EMPLOYÉES POUR LES ÉCHAFAUDAGES ET LES ÉTAIEMENTS. — Étude des échafaudages. — Reprise en sous-œuvre d'une maison incendiée. — Chevalement et étaielement pour percer une grande baie de boutique. — Étaielement pour reconstruire une façade, un mur, etc.

### CHAPITRE VIII

#### Construction des cintres.

Définitions et notions générales. — Différents types de cintres et leurs applications. — Cintres et échafaudages des tunnels. — Résistance des cintres.

CHARPENTE. — 1

## CHAPITRE IX

### *Charpentes diverses.*

Définitions et notions générales. — Etude de la charpente des portes d'écluses. — Divers types d'estacades. — Etudes des portes roulantes pour halles aux marchandises. — Portes et contrevents en madriers. — Charpente des grues roulantes et grues diverses. — Etude des barrières en bois à un ou deux vantaux. — Monte-charges. — Caissons pour les constructions des piles de pont. — Baraques pour logement de troupes. — Baraquements et charpenterie accessoire. — Constructions rustiques. — Mangeoires, rateliers. — Halles pour chevaux. — Guérites, etc.

## II. — CHARPENTES MIXTES

(Bois et fer)

### CHAPITRE I

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES. — Classification des charpentes en bois et en fer.  
§ II. POUTRES ARMÉES EN BOIS ET EN FER. — Charpenterie mixte pour grues roulantes, estacades, etc.

### CHAPITRE II

Types de combles mixtes en bois et en fer et leur description. — Etude complète des combles mixtes.

### CHAPITRE III

Calculs et résistance des diverses pièces des combles décrits dans le chapitre précédent

## III. — CHARPENTE EN FER

### CHAPITRE I

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES. — Notions générales sur les fers du commerce employés dans la charpente en fer.  
§ II. OUTILLAGE DU CHARPENTIER EN FER ET DU SERRURIER. — Description des instruments et outils employés.  
§ III. MACHINES SIMPLES employées dans les ateliers et sur les chantiers. — Composition d'un atelier.

### CHAPITRE II

Tracé et exécution des différents assemblages employés pour l'exécution des charpentes métalliques.

### CHAPITRE III

#### *Planchers en fer et pans de fer.*

##### I. — PLANCHERS EN FER

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES. — Planchers en fer et leur composition.  
§ II. PLANCHERS TRÈS SIMPLES en fer, composés de solives parallèles posés sur des murs.  
§ III. PLANCHERS EN FER, composés de poutres et de solives.  
§ IV. PLANCHERS EN FER, composés de poutres et de solives avec l'emploi de colonnes en fonte.  
§ V. PLANCHERS EN FER dans un terrain irrégulier.  
§ VI. DISPOSITIONS DES PLANCHERS pour éclairer des sous-sols.  
§ VII. DIVERS TYPES DE PLANCHERS, leur exécution, leurs défauts et leurs qualités.  
§ VIII. PLANCHERS TRÈS SOLIDES EN FER pour usines, moulins, etc.  
§ IX. FAÇON DES BOURDIS DES PLANCHERS en fer.  
§ X. DÉTAILS DE LA POSE D'UN PARQUET ou d'un carrelage sur un plancher en fer.  
§ XI. FERRURES EMPLOYÉES.  
§ XII. STABILITÉ DES PLANCHERS EN FER. — Exemples numériques complets.

##### II. — PANS DE FER.

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES.  
§ II. Noms des pièces qui composent un pan de fer.  
§ III. DISPOSITIONS DIVERSES DES PANS DE FER.  
§ IV. DISPOSITIONS SPÉCIALES pour les appuis, les baies, les cages d'escaliers, etc.  
§ V. DIMENSIONS PRATIQUES des pièces d'un pan de bois.  
§ VI. FERRURES EMPLOYÉES pour consolider les pans de fer.  
§ VII. REMPLISSAGE DES PANS DE FER.

### CHAPITRE IV

#### *Des escaliers en fer et en fonte.*

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES. — Escaliers en fer :

plan incliné, échelle, échelle de meunier. — Escaliers dans les chambres de chaudières.

§ II. TYPES D'ESCALIERS EN FER, leur étude et leur dimension — Escaliers en fer à limon et à cramailère.

§ III. ESCALIERS EN FONTE. — Val d'Osne. — Différents types — Marches diverses.

§ IV. CALCULS ET STABILITÉ D'UN ESCALIER en fer.

## CHAPITRE V

### *Des combles métalliques.*

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES.

§ II. CLASSIFICATION DES COMBLES EN FER.

§ III. COUVERTURES A EMPLOYER et pentes à leur donner. — Hauteur des combles.

§ IV. Etude des apprentis.

§ V. DIVERS TYPES DE COMBLES A DEUX PENTES ÉGALES. — Etudes des formes employées dans les combles en fer, y compris celles à grandes portées des gares de chemins de fer. — Emploi des poutres composées en tôle et cornières. — Combles à deux versants inégaux. — Sheds pour ateliers, usines et filatures, etc.

§ VI. COMBLES SPÉCIAUX EN FER pour maisons de campagne sans plancher intermédiaire et avec plancher intermédiaire

§ VII. CONSTRUCTION DE HANGARS EN FER.

§ VIII. COMBLE SANS FERME (système Baudrit).

§ IX. NOUFS ET CROUPES des combles en fer.

§ X. FERRURES EMPLOYÉES dans les combles en fer.

## CHAPITRE VI

### *Stabilité et résistance des combles en fer*

Dans ce chapitre, il sera donné le calcul de chacune des pièces formant les combles décrits au chapitre précédent, avec de nombreux exemples numériques et pratiques.

## CHAPITRE VII

### *Halles et marchés.*

§ I. ÉTUDE COMPLÈTE sur l'application de la charpente en fer aux halles, marchés, etc.

§ II. Divers types employés et leur discussion.

## CHAPITRE VIII

### *Charpentes diverses.*

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES.

§ II. MARQUISES EN FER ET AUVENTS MÉTALLIQUES. — Divers types. — Détails des chéneaux, lambrequins, etc.

§ III. ÉTUDE DES SERRES. — Serre à deux versants. — Serres sur pignons. — Serres adossées. — Serres hollandaises. — Chauffage des serres.

§ IV. DES POUTRES ARMÉES EN FER.

§ V. BARRIÈRES ET CLÔTURES LÉGÈRES EN MÉTAL.

§ VI. ASCENSEURS. — MONTE-CHARGES. — MONTE-PLATS. — MONTE-LETRES, etc.

§ VII. PORTES D'ÉCLUSES EN FER.

§ VIII. ESTACADES EN FER et leurs applications.

§ IX. PORTES ROULANTES EN FER.

§ X. ÉTUDE COMPLÈTE de la petite charpenterie en fer.

## IV. — SERRURERIE

ET

### QUINCAILLERIE

§ I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES.

§ II. ÉNUMÉRATION COMPLÈTE et différents noms donnés aux pièces détachées qui sont employées en serrurerie.

§ III. FERREMENTS DIVERS.

§ IV. BAIES D'USINE EN FER et leurs ferrements.

§ V. DIVERS MODÈLES DE FENÊTRES EN FER, baies métalliques en fonte.

§ VI. DIVERS TYPES DE PERSIENNES EN FER ET BOIS, etc., modèles de ferme-persiennes.

§ VII. Balustrades en fer ; types de balcons en fer.

§ VIII. MODÈLES DE GRILLES FIXES et DE GRILLES OUVRANTES.

§ IX. DEVANTURES EN TÔLE pour fermeture de boutique (système Maillard, Jomain et Sarlon, Grafton, Chedeville et Dufrène, etc.), mécanisme et transmission avec dessins.

§ X. FONTE DU COMMERCE POUR FUMISTERIE.

§ XI. INSTALLATION DES SONNETTES des divers systèmes.

§ XII. DIVERS TYPES D'ANCRÉS (fer forgé et fonte).

§ XIII. QUINCAILLERIE POUR ÉCURIE, SELLERIE, etc.

§ XIV. SERRURERIE ET QUINCAILLERIE D'ART.

# TRAITÉ DE CHARPENTE

EN BOIS ET EN FER

I — CHARPENTE EN BOIS

## CHAPITRE PREMIER

### § I. — DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES.

**1.** La charpenterie a pour objet le travail des bois de fort équarrissage destinés :

1° Aux constructions civiles, dans lesquelles ils sont employés, soit d'une manière permanente pour former les éléments essentiels des bâtiments, tels que les planchers, les escaliers, les combles et quelquefois des édifices complets; soit d'une manière provisoire pour aider à l'exécution de gros ouvrages ou à leur restauration, sous forme d'échafaudages, d'étais ou de cintres;

2° Aux constructions navales;

3° Aux machines, telles que les grues, les roues hydrauliques, les sonnettes, etc.

**2.** De tous les arts industriels qui ont pour objet le travail des matériaux ligneux et leur application à l'art de bâtir, l'art du charpentier est, sans contredit, le plus important. Les principes de l'art du charpentier dérivent de la connaissance des propriétés des bois que la nature met libéralement à notre disposition. Dans les constructions en bois, les matériaux s'offrent toujours au constructeur sous une forme à peu près constante, celle de prismes très allongés. Ils peuvent

résister à toute espèce d'effort, tension, compression, effort transversal, flexion, torsion, choc. Ils sont beaucoup plus faciles à transporter et à manier, plus légers, plus élastiques que les pierres. En même temps, ils résistent aussi bien à la compression que la plupart d'entre elles et beaucoup mieux à l'extension.

**3.** Les constructions en bois présentent, comme caractères principaux et comme avantages particuliers, quand on les compare aux maçonneries, un rapport plus favorable entre les parties occupées et les parties libres ou utiles des plans, la facilité d'édification, l'élasticité, la légèreté et l'économie. Ces qualités les font ordinairement préférer pour les parties élevées et suspendues des édifices, comme les planchers et les combles; pour les constructions provisoires et dans les pays exposés aux tremblements de terre.

Cependant, des inconvénients graves balancent en partie ces avantages. Les bois sont moins durables. L'état hygrométrique de l'atmosphère agit sur eux, modifie leur volume et leur forme. Ils sont combustibles, exposés aux ravages des insectes, des mollusques et des végé-

tations cryptogamiques. Ils sont, en général, moins stables.

4. L'emploi du bois à la construction des édifices remonte à la plus haute antiquité. Il est, tout au moins, contemporain de celui de la pierre au même usage. Peut-être même lui est-il antérieur.

5. L'art du charpentier a non seulement pour objet le travail du bois, mais il comprend aussi la composition de tous les systèmes ou ensembles de pièces réclamées par les constructions de tout genre. C'est là, on peut le dire, sa partie la plus élevée et la plus difficile. C'est elle qui mérite, au plus haut degré, l'attention de l'ingénieur et de l'architecte et vers laquelle ils doivent surtout diriger leurs méditations et leurs études.

6. Nous avons donné, dans la première partie, des renseignements complets sur les bois. Nous n'y reviendrons que très brièvement pour nous occuper de suite de la charpente en bois proprement dite.

7. La charpente en bois a fait peu de progrès, malgré la perfection des outils qui servent à l'exécution des différents ouvrages. La charpente en fer, au contraire, prend beaucoup d'extension et remplace souvent la charpente en bois pour bon nombre de travaux.

En raison de ce peu de progrès de la charpente en bois, il existe encore aujourd'hui de vieux ouvriers qui se servent toujours des mesures anciennes. Il est donc utile, pour commencer ce traité de charpente, de donner la valeur de ces mesures anciennes et de les comparer aux mesures nouvelles qui se répandent de plus en plus.

### I. Comparaison des mesures anciennes et des mesures métriques.

8. Les mesures anciennes sont :

1° *Mesures de longueur.* — La *toise* de Paris était de 6 pieds de roi, ou 72 pouces, ou 864 lignes, ou enfin de 10 368 points. Le *pied* de roi était de 12 pouces, ou 144 lignes, ou enfin de 1 728 points. Le *pouce* était de 12 lignes, ou 144 points. La *ligne* était de 12 points.

2° *Mesures de surface.* — La *toise carrée* avait 6 pieds de long sur 6 pieds de large. Ces deux chiffres, multipliés l'un par l'autre, donnent 36 pieds carrés. Le *pied carré* était de 12 pouces de long sur 12 pouces de large, ce qui donnait 144 pouces carrés. Le *pouce carré* était de 12 lignes de long sur 12 lignes de haut, ce qui donnait 144 lignes carrées. La *ligne carrée* était de 12 points de long sur 12 points de haut, ce qui donnait 144 points.

3° *Mesures de volume.* — La *toise cube* était de 6 pieds de long sur 6 pieds de haut et 6 pieds de large, ce qui donnait 216 pieds cubes pour la toise cube. Le *pied cube* était de 12 pouces de long sur 12 pouces de haut et sur 12 pouces de large, ce qui donnait 1728 pouces cubes pour le pied cube. Le *pouce cube* était de 12 lignes de long sur 12 lignes de large et sur 12 lignes de haut, ce qui donnait 1728 lignes cubes pour le pouce cube. La *ligne cube* était de 12 points de long sur 12 points de haut et sur 12 points de large, ce qui donnait 1728 points pour la ligne cube.

9. *Nouvelles mesures linéaires comparées aux anciennes :*

Le mètre vaut :	}	513074 millionièmes de la toise de Paris.
		3 pieds 078444 millionièmes de pied.
		36 pouces 941328 millionièmes de pouce.
		443 lignes 295936 millionièmes de ligne.
		3 pieds, 11 lignes 295936 millionièmes de ligne.

Le décimètre vaut : 30784 cent-millièmes de pied.

Le centimètre vaut : 36161 cent-millièmes de pouce.

Le millimètre vaut : 443296 millionièmes de ligne.

La toise vaut : 1 mètre 949036 millionièmes de mètre.

Le pied vaut : 3 décimètres 24839 cent-millièmes de décimètre.

Le pouce vaut : 2 centimètres 708 millièmes de centimètres.

La ligne vaut : 2 millimètres 2538 dix-millièmes de millimètre.

10. *Conversion des mesures linéaires*

*anciennes en mesures nouvelles et opération inverse.*

1° Pour transformer les toises de Paris en mètres, il faut les multiplier par le nombre 1,949036 ;

2° Pour transformer les mètres en toises, il faut les multiplier par le nombre 0,513074 ;

3° Pour transformer les pieds en mètres, il faut les multiplier par le nombre 0,424839 ;

4° Pour transformer les mètres en pieds il faut les multiplier par le nombre 3,078444 ;

5° Pour transformer les pieds en décimètres, il faut les multiplier par le nombre 3,24839 ;

6° Pour transformer les décimètres en pieds, il faut les multiplier par le nombre 0,3078444 ;

7° Pour transformer les pouces en centimètres, il faut les multiplier par le nombre 2,708 ;

8° Pour transformer les centimètres en pouces il faut les multiplier par le nombre 0,36941 ;

9° Pour transformer les lignes en millimètres, il faut les multiplier par le nombre 2,2558 ;

10° Pour transformer les millimètres en lignes, il faut les multiplier par le nombre 0,443296.

MESURES DE SURFACE

1° La *toise carrée* de Paris vaut 3 mètres carrés 79874 cent-millièmes de mètre carré ;

2° Le *ped carré* de Paris vaut 10 décimètres carrés 55204 cent-millièmes de décimètre carré ;

3° Le *pouce carré* de Paris vaut 7 centimètres carrés 32782 cent-millièmes de centimètre carré ;

4° La *ligne carrée* de Paris vaut 5 millimètres carrés 0885 dix-millièmes de millimètre carré ;

5° Le *mètre carré* vaut 26324 cent-millièmes de toise carrée de Paris, ou le mètre carré vaut 9 pieds carrés 68 pouces carrés 95 lignes carrées ;

6° Le *decimètre carré* vaut 94768 millièmes de pied carré ;

7° Le *centimètre carré* vaut 136466 millièmes de pouce carré ;

8° Le *millimètre carré* vaut 196511 millièmes de ligne carrée ;

**11.** *Conversion des mesures carrées anciennes en mesures nouvelles et opération inverse.*

1° Pour transformer les toises carrées de Paris en mètres carrés, il faut les multiplier par le nombre 3,79874 ;

2° Pour transformer les mètres carrés en toises carrées, il faut les multiplier par le nombre 0,26324 ;

3° Pour transformer les pieds carrés en décimètres carrés, il faut les multiplier par le nombre 10,55204 ;

4° Pour transformer les décimètres carrés en pieds carrés, il faut les multiplier par le nombre 0,094768 ;

5° Pour transformer les pouces carrés en centimètres carrés il faut les multiplier par le nombre 7,32782 ;

6° Pour transformer les centimètres carrés en pouces carrés, il faut les multiplier par le nombre 0,136466 ;

7° Pour transformer les lignes carrées en millimètres carrés, il faut les multiplier par le nombre 5,088634 ;

8° Pour transformer les millimètres carrés en lignes carrées, il faut les multiplier par le nombre 0,196511.

MESURES DE VOLUME

1° La *toise cube* vaut : 7 mètres cubes 403883 millièmes de mètre cube ;

2° Le *ped cube* vaut : 34 décimètres cubes 27714 cent-millièmes de décimètre cube ;

3° Le *pouce cube* vaut : 19 centimètres cubes 8365 dix-millièmes de centimètre cube ;

4° La *ligne cube* vaut : 11 millimètres cubes 479 millièmes de millimètre cube ;

5° Le *mètre cube* vaut : 1350642 dix-millionièmes de toise cube de Paris, ou le mètre cube vaut 29 pieds cubes 1739 millièmes de pied cube ;

6° Le *decimètre cube* vaut : 291739 dix-millionièmes de pied cube ;

7° Le *centimètre cube* vaut : 9 pouces cubes 050412 millièmes de pouce cube ;

8° Le *millimètre cube* vaut : 8711 cent-millième de ligne cube ;

**12.** *Conversion des mesures cubiques anciennes en nouvelles et opération inverse.*

1° Pour transformer les toises cubes en mètres cubes, il faut les multiplier par le nombre 7,493883 ;

2° Pour transformer les mètres cubes en toises cubes, il faut les multiplier par le nombre 0,135064 ;

3° Pour transformer les pieds cubes en décimètres cubes, il faut les multiplier par le nombre 34,27714 ;

4° Pour transformer les décimètres cubes en pieds cubes, il faut les multiplier par le nombre 9,029174 ;

5° Pour transformer les pouces cubes en centimètres cubes, il faut les multiplier par le nombre 19,8365 ;

6° Pour transformer les centimètres cubes en pouces cubes, il faut les multiplier par le nombre 0,050412 ;

7° Pour transformer les lignes cubes en millimètres cubes, il faut les multiplier par le nombre 11,479 ;

8° Pour transformer les millimètres cubes en lignes cubes il faut les multiplier par le nombre 0,08711.

#### POIDS

**13.** Le *kilogramme* vaut 2 livres poids de marc 04288 cent-millièmes de cette livre.

La *livre* poids de marc vaut 48951 cent-millièmes de kilogramme. Pour transformer les livres poids de marc en kilogrammes, il faut les multiplier par le nombre 0,4895.

Pour transformer les kilogrammes en livres poids de marc, il faut multiplier ces kilogrammes par le nombre 2,04288.

## II. Opérations préliminaires.

**14.** Les bois, avant d'être livrés aux charpentiers, ont à subir des opérations nombreuses, dont la bonne exécution a une grande importance pour leur durée et qu'il est utile de rappeler ici.

**I. Exploitation des forêts et abatage des arbres.**—C'est un des principaux objets de l'art forestier dont nous avons déjà parlé dans la première partie. Une longue expérience a indiqué, dans chaque pays, l'époque la plus convenable pour la coupe. Dans nos climats, cette époque est celle

où la sève a cessé de monter et qui suit la chute des feuilles.

**II. Equarrissement.**—Les arbres abattus doivent être débarrassés de leur écorce et de leur aubier. L'équarrissement a donc pour objet d'enlever l'écorce et l'aubier des arbres de manière à obtenir des pièces de bois dont la section soit imparfaitement ou exactement carrée. Cette opération s'exécute ordinairement à la hache ou à la cognée, dans la forêt même, par les bûcherons *équarrisseurs* ou *doleurs*. Dans certains cas, on les fait à la scie de long ou à la scie mécanique. Le bois enlevé par ce dernier moyen est formé de segments, appelés *flaches*, *dosses* ou *cantibais*. On peut les utiliser comme planches.

Les bûcherons font chacun dans une journée 19<sup>m</sup>,20 de surface d'équarrissage. Trois scieurs de long, dans le même temps, ne font que 12<sup>m</sup>,96. D'un autre côté, le travail des bûcherons ne produit que des copeaux de peu de valeur, tandis que les scieurs de long fournissent des flaches dont on peut tirer des chevrons.

L'équarrissement d'un arbre est le  $\frac{1}{3}$  de sa circonférence à peu près. Par exemple, un arbre de 2<sup>m</sup>,00 de circonférence donne une pièce de bois de 0<sup>m</sup>,32 de grosseur.

#### *Expressions tirées de l'équarrissage plus ou moins complet des bois.*

**15.** L'équarrissement plus ou moins complet des bois donne naissance à des expressions connues des charpentiers et que nous allons résumer.

1° *Bois d'équarrissage.* C'est celui qui a les quatre faces planes et d'équerre. On nomme particulièrement *bois d'équarrissage* celui qui est équarri au-dessus de 0<sup>m</sup>,16 de diamètre.

2° *Bois de brin.* Le bois de brin ou de tige est celui qui est équarri sur ses quatre faces et de sa grosseur naturelle, dont on a enlevé seulement les quatre dosses flaches pour l'équarri.

3° *Bois flache.* Le bois flache est celui qu'on ne pourrait équarri sans beaucoup de déchet et dont les arêtes ne sont pas vives. Les ouvriers appellent *cantibay* ou

*cantibai* celui qui n'a de flaches que d'un côté.

4° *Bois refait*. C'est celui qui, de gauche ou flache qu'il était, est équarri et dressé au cordeau sur ses faces.

5° *Bois vif*. C'est celui dont les arêtes sont bien vives et sans flaches. C'est le bois qui est dans toute sa force et auquel il ne reste ni écorce ni aubier.

6° *Bois lavé*. C'est celui dont les traits de scie ont été ôtés avec la *bizaiguë*.

7° *Bois corroyé* Le bois corroyé est, en charpenterie, celui qui est repassé au *rabot*, et, en menuiserie, celui qui est aplani à la *varlope*.

8° *Bois gauche*. Le bois gauche, déversé ou gauchi, est celui qui s'est défoncé, déjeté, courbé de quelque manière que ce soit, après avoir été équarri ou travaillé. Il n'est plus droit par rapport à ses angles et à ses côtés.

9° *Bois bouge*. C'est celui qui présente des bombements ou qui est courbe en quelque endroit.

10° *Bois tordu, rabougri*. On nomme ainsi un bois de mauvaise venue qui n'est bon qu'à faire des courbes.

11° *Bois affaibli*. C'est celui dont l'équarrissage a beaucoup diminué par la courbure ou la forme qu'on lui a donnée, ou pour laisser des bossages aux poinçons des corbeaux, aux poteaux des membrures, etc.

12° *Bois en grume*. Ce sont ceux qu'on emploie sans être équarris. Ils sont ou coupés par tronçons ou restent en billes. Ils servent pour faire des pieux et des pilotis.

13° *Bois méplat*. C'est celui ayant une des dimensions de son équarrissage plus large que l'autre.

Lorsqu'on a des bois inégaux dont l'équarrissage diminuerait trop la force, pour les utiliser comme pièce de grosse charpente : sommiers, linteaux, poutres, etc., on les refend en deux par un trait de scie et on met les deux moitiés dos à dos et sur champ. En reliant ces pièces avec des boulons en fer, on obtient une poutre très utilisable et dont l'aspect extérieur est celui d'une poutre équarrie à vives arêtes.

III. *Transport*. Le transport des bois dans les montagnes et sur les cours d'eau

constitue, dans les régions forestières, une véritable industrie (schlittours des Vosges, plans inclinés d'Alpnach en Suisse, glissières, flottage). Sur les routes, pour les très grandes pièces on fait, comme nous l'avons déjà vu, usage de véhicules spéciaux nommés fardiens et triqueballes. Dans les ateliers, on se sert de rouleaux pour déplacer les bois dans le sens de leur longueur et de chantiers pour les faire glisser transversalement.

Le flottage des bois a pour effet de hâter leur dessiccation. En effet, par l'immersion, on dissout et on entraîne les parties salines, gommeuses ou sucrées de la sève. Ces bois soumis ensuite à la dessiccation, en sont plus tôt et plus complètement débarrassés que les autres sur lesquels on commence directement le procédé ordinaire. Une immersion de trois mois et une exposition à l'air de trois à quatre semaines suffit pour donner aux bois de charpente les qualités exigées pour un bon emploi. Ces bois n'ont plus les inconvénients des bois verts et ne donnent que peu ou même pas de retrait.

L'opération du flottage s'accélère beaucoup lorsque l'eau peut être chauffée à 30 degrés centigrades.

Les bois immergés dans l'eau de mer sont hygrométriques et c'est un inconvénient pour ceux devant être employés à l'air.

Presque tous les bois de charpente employés à Paris sont flottés et, par conséquent, privés de leur sève, en tout ou en partie, par voie d'immersion.

IV. — *Courbure* On pourrait obtenir des bois courbes en contrariant la croissance des arbres au moyen de liens et d'échafaudages convenablement disposés. mais ce procédé n'étant pas ou très peu employé, il a fallu recourir à la courbure artificielle.

Les bois naturellement courbes et de fil sont ordinairement réservés pour les constructions navales et la charronnerie. Le plus souvent on amollit les bois débités par la chaleur et l'humidité pour les plier ensuite sur des gabarits. Nous avons donné les différentes méthodes employées dans la première partie du cours de construction.

V. — *Emmagasinement.* Les bois abattus étant sujets à diverses causes de détérioration, on ne saurait apporter trop de soin à leur conservation. Sous l'influence d'une dessiccation trop prompte, due à des courants trop vifs d'air sec, de l'exposition au soleil ou à la gelée, d'une chaleur trop élevée, d'alternatives de sécheresse et d'humidité, d'une atmosphère humide et non renouvelée, les bois tantôt se fendent, tantôt s'échauffent et se pourrissent. Après l'abattage et avant l'emmagasinement, il faut enlever toutes les parties altérées, puis vider complètement les nœuds pourris et les remplir de goudron afin de prévenir les atteintes de l'humidité. On place ensuite les pièces de bois de manière à favoriser leur dessiccation sans en altérer les qualités.

Si l'on est obligé de laisser les bois pendant quelque temps dans les forêts après qu'ils ont été abattus et débarrassés de leurs branches et de leurs souches, on les fait reposer sur des chantiers afin de les préserver de l'humidité du sol et des plantes qui y poussent. Le plus souvent, on les empile par lits qu'on sépare avec d'autres pièces de bois de rebut de même espèce, fendues et couchées en nombre suffisant, suivant la largeur de la pile, ce qui assure la circulation de l'air. On recouvre les bois ainsi empilés par un toit en planches. La conservation des bois équarris ou débités exige plus de soins.

Les bois qui ont le même équarrissage ou qui sont du même échantillon et qui ont la même longueur, abattus et équarris en même temps, doivent être empilés ensemble. On doit aussi ne mettre dans la même pile que les bois de même essence et de même coupe. On élève toujours le premier lit sur des chantiers, tant pour le préserver de l'humidité du sol que pour permettre à l'air de circuler plus librement au-dessous. Les piles doivent être, comme dans le cas précédent, recouvertes d'un toit en planches qui rejette les eaux pluviales au dehors.

Pour l'emmagasinement proprement dit, on suit le même mode d'arrangement. Seulement, les piles doivent être moins élevées pour ne pas trop charger les poutres et les solives des planchers des

magasins dans lesquels est fait l'emmagasinement. Les plus grosses pièces seront toujours placées dans les étages inférieurs.

Les maladies des bois sont éminemment contagieuses. Il est essentiel que les magasins soient visités souvent, que les bois soient remaniés de temps en temps et que tous ceux qui présentent des vices contagieux soient enlevés. Les couvertures doivent être bien entretenues, afin que la pluie n'atteigne jamais le bois. Si, avant d'emmagasiner le bois, il avait été mouillé accidentellement, il faudrait le faire sécher.

VI. — *Conservation.* Les soins apportés dans l'emmagasinage et la surveillance des approvisionnements ne suffisent pas pour préserver les bois de toute altération. On a cherché divers moyens de prolonger leur durée et de les mettre à l'abri des causes de dépérissement qui les atteignent. Parmi ces causes, il faut compter, en première ligne, la fermentation des substances organiques azotées, sucrées ou gommeuses, que la sève entraîne et dépose dans les divers organes des végétaux.

On a proposé plusieurs moyens. Le premier est la dessiccation. Cette dessiccation augmente la force des bois, mais elle n'enlève pas les matières fermentescibles et, au contact de l'air ambiant, l'humidité atmosphérique remplace les bois dans leurs conditions primitives.

Les bois doivent avoir subi une immersion dans l'eau d'au moins trois ou quatre mois pour rendre ce procédé efficace. L'immersion dans l'eau chaude agit plus rapidement si elle est suivie de la dessiccation progressive à l'étuve. La carbonisation à la surface est très anciennement connue.

On a essayé également d'extraire la sève par divers procédés :

1° En les soumettant à une forte compression qui chasserait la sève comme on exprime l'eau d'une éponge ;

2° En les soumettant, en vase clos, à l'action de la chaleur de l'eau bouillante qui réduit la sève en vapeur qu'on recueille dans un condenseur ;

3° En les faisant sécher dans des étuves.

De tous les moyens employés, les plus



répandus sont les enduits de brais, vernis, mastics ou peintures. Ces enduits empêchent l'action de l'humidité et, pendant quelque temps au moins, arrêtent l'introduction des insectes.

Les moyens précédents n'offrent que des garanties assez précaires. Ces procédés d'extraction de la sève ont le désavantage d'exiger des appareils gênants et dispendieux et, de plus, altèrent forcément la force des bois.

Plusieurs procédés, aujourd'hui fort répandus, permettent d'atteindre de meilleurs résultats. Ils ont pour principe l'injection d'une substance préservatrice et antiseptique dans la masse ligneuse par pression en vase clos, immersion ou déplacement de la sève.

Les principales substances employées pour la conservation des bois sont :

1° *Sel marin*. C'est un très bon agent pour la conservation des bois qui, plongés pendant un certain temps dans l'eau salée, se conservent bien, mais ont l'inconvénient de se couvrir d'efflorescences lorsque ces bois sont placés alternativement dans des lieux très secs et humides.

2° *Chlorure de calcium*. Il agit comme le sel et conserve au bois sa souplesse.

3° *Sulfate de soude*. Ce sel est aussi d'un bon emploi. Il dessèche le bois avec une grande rapidité.

4° *Sulfates métalliques*. Les sulfates de protoxyde et de sesquioxyde de fer sont des agents de conservation assez énergiques; mais, introduits seuls dans les bois, ils les désagrègent en agissant par leur acide rendu libre à mesure que l'oxydation s'avance. Les sulfates de cuivre et de zinc, qui peuvent être obtenus neutres, ont moins d'inconvénients sous ce rapport que les sulfates de fer toujours acides.

5° *Pyrolignite de fer*. C'est un très puissant agent antiseptique. Il préserve bien les bois, et, de plus, son emploi est économique.

6° *Sulfate de cuivre*. Le sulfate de cuivre a pour effet de protéger les bois contre la piqure des insectes et la pourriture. Il conserve le bois en se fixant sur la cellulose, la matière ligneuse et diverses substances azotées. Ce procédé de conservation est principalement applicable

aux bois tendres soumis aux alternatives de sécheresse et d'humidité, tels que les pièces de charpente, comme les poteaux des hangars, le faitage des couvertures, etc.. Le sulfate de cuivre durcit les bois tendres et les rend analogues aux bois durs.

7° *Chlorure de zinc*. Le chlorure de zinc neutre, dissous dans 100 parties d'eau et injecté dans le bois, est un bon agent de conservation.

8° *L'acétate de plomb* est un agent qui pénètre facilement les bois et les conserve bien.

9° *Sulfure de baryum et sulfate de fer*. Ces deux produits ont été employés simultanément: d'abord une solution de 5 parties de sulfure de baryum dans 100 parties d'eau, puis une solution contenant 5 parties de sulfate de fer pour 100 d'eau. Par double décomposition, il se forme, dans les pores du bois, deux composés insolubles: le sulfure de fer et le sulfate de baryte. Il reste un excès de sulfure de baryum qui s'oppose à la destruction des bois.

*Matières grasses et résineuses employées pour la conservation des bois.*

Les huiles, les suifs et les résines conservent les matières organiques et les bois en particulier en les garantissant du contact de l'air et de l'humidité.

1° *Suif fondu*. Les bois légers, imbibés de suif fondu, peuvent augmenter leur poids de 50 à 60 pour 100 et acquérir une imputrescibilité permettant de les employer où domine une humidité habituelle.

2° *Cire et suif*. Un mélange de ces deux matières en injection est applicable aux bois dans certaines industries, par exemple pour empêcher les planches gravées de se gauchir.

*Tannin*. Le tannin est, comme le pyrolignite de fer, un des agents les plus efficaces pour la conservation des bois.

4° *Dissolution acide de goudron de bois*. La dissolution de goudron de bois dans l'eau aiguisée de quelques centièmes d'acide pyroligneux est une excellente solution antiseptique.

5° *Créosote*. Cette substance a été pro-

posée et essayée pour la conservation des bois ; malheureusement son prix élevé en limite l'emploi.

6° *Huiles de houille.* C'est un très bon agent pour la conservation des bois. Ces huiles agissent principalement par l'acide phénique qu'elles renferment, mais ont l'inconvénient de laisser au bois une forte odeur.

7° *Acide phénique.* C'est un antiseptique très énergique.

*Précautions à prendre pour l'emploi des bois dans les constructions.*

1° Les bois enfermés dans la maçonnerie et placés dans de mauvaises conditions s'échauffent et se pourrissent. Il est donc utile de laisser, entre les pièces de bois, autant de distance vide qu'il se peut et de bâtir autour avec des matériaux secs, des briques par exemple.

2° On peut entourer d'une feuille de plomb les pièces de bois qui doivent être scellées dans la maçonnerie. C'est un excellent procédé.

3° Éviter l'emploi du fer dans les bois, surtout pour les assemblages. Le fer se rouillant aux dépens de la matière même du bois et sous l'influence de l'humidité, détruit peu à peu le bois. S'il est impossible de se passer du fer dans le bois, il faut avoir soin de couvrir les ferrures de plusieurs couches de peinture au minium.

*Incombustibilité des bois.* Le grand défaut des bois est leur extrême inflammabilité. On a cherché, par divers moyens, à remédier à cette fâcheuse propriété, soit en faisant bouillir les bois dans une dissolution d'alun ou de vitriol vert (sulfate de fer), soit en les imprégnant d'urine (les bois imprégnés d'urine se consomment très lentement), soit en se servant du phosphate d'ammoniaque, du borate d'ammoniaque, du silicate de potasse ou de soude. En général, toutes les substances salines et les sels métalliques sont propres à diminuer la combustibilité des bois.

*Préservatif du bois contre les vers.* On fait infuser des coquilles de bois de noyer dans de l'eau de fontaine, de pluie ou de rivière et, après y avoir ajouté une petite quantité d'alun, on la fait bouillir pendant

quelques minutes. Cette eau s'applique à froid et légèrement sur le bois. Lorsque le bois est sec, on le frotte avec de la graisse de porc.

*Durcissement du bois.* Pour donner au bois une très grande dureté, il faut l'imbibber d'huile ou de graisse et l'exposer, pendant un certain temps, à une chaleur modérée. Il devient alors lisse, luisant et très dur quand il s'est refroidi.

### III. Bois qui doivent être rejetés des travaux.

**16.** Pour la charpente, le choix des bois dépend du caractère, soit permanent, soit provisoire des constructions qu'il s'agit d'établir. Dans certains cas, on recherche les bois les plus durables, les plus forts et les plus élastiques. On exige même qu'ils résistent longtemps aux alternatives de sécheresse et d'humidité. Dans d'autres cas, on se contente des espèces les plus communes. Cependant, le choix des bois de charpente mérite toujours une attention sérieuse. On a pu voir quelques constructions, quoique bien conçues et bien ordonnées, se détériorer au bout de quelques années par suite de la mauvaise qualité des bois malencontreusement admis. Il est donc nécessaire de connaître les défauts qui peuvent faire rejeter les bois à employer dans la charpenterie.

**17. Aubier.** — L'aubier ou l'*aubour*, qui est du bois imparfait, doit être rejeté et exclu du bois mis en œuvre. C'est une partie spongieuse qui retient beaucoup plus d'humidité que le bois parfait et qui pourrit facilement. L'aubier est facile à reconnaître dans les bois durs, comme le chêne et l'orme, mais se distingue à peine dans les bois blancs.

**18. Bois échauffés et bois brûlés.** — Ces deux sortes de bois n'offrant pas de garantie de résistance et de durée dans leur emploi, doivent être exclus des constructions. Ils ont, de plus, l'inconvénient de communiquer leurs vices aux pièces qui sont en contact avec eux.

**19. Double aubier.** — Les bois à double aubier doivent également être rejetés ; car, pour les employer, il faudrait enlever l'aubier et le double aubier, ce qui affaibli-

rait considérablement la pièce et lui enlèverait une grande partie de sa résistance.

**20. Bois gerçés.** — On peut employer les bois gerçés dans le cas où les gerçures sont peu profondes; mais si ces gerçures sont importantes et présentent des éclats d'un aspect mou, il faut alors les rejeter, car c'est du bois passé provenant d'un arbre *sur le retour*.

**21. Bois gélif.** — C'est un bois vicieux, car les fibres en sont souvent altérées et même détruites, ce qui diminue beaucoup sa force.

**22. Bois roulé.** — Ce bois doit être reteté. Néanmoins, il peut être employé en partie si, en le débitant à la scie, il est possible de supprimer toute la partie affectée de roulure.

**23. Bois fendu.** — Ce défaut n'est pas assez grave pour faire rejeter complètement une pièce de bois. Il faut cependant compter sur une résistance moindre, causée par la désunion des fibres du bois fendu tendant à partager une pièce de bois en plusieurs parties.

**24. Bois tordu.** — Il convient de rejeter le bois tordu des travaux de charpente, car les fibres n'étant point dirigées en ligne droite peuvent être coupées plusieurs fois par les plans d'équarrissement. Dans les bois tordus on ne peut y faire aucune coupe suivant le fil, disposition qui est une des conditions de solidité dans les assemblages.

**25. Bois nouveaux.** — Ce sont, en général, des bois vicieux, car les nœuds interrompent la direction générale des fibres et cette direction doit toujours constituer la force d'un bois.

**26. Bois en retour.** — Ce bois, provenant d'un dépérissement antérieur à l'abatage de l'arbre, n'a ni la même durée, ni la même force qu'un bois abattu en pleine vigueur.

**27. Bois passé.** — Ce bois est encore plus mauvais que le bois en retour, car il n'a plus de ténacité et ne peut supporter les assemblages de charpente.

**28. Bois mort.** — Le bois mort sur pied doit être refusé sans la moindre hésitation.

#### IV. Bois du commerce.

**29.** Dans le commerce, on distingue trois sortes de bois, savoir : 1° Les *bois en grume*; 2° le *bois de brin* ou de *fente*; 3° le *bois scié* ou de *sciage*.

1° *Bois en grume.* — Ce sont des bois provenant des arbres simplement abattus et dégarnis de leurs grosses branches. Ils sont débités, sans équarrissage, en tronçons ou en *billes* de différentes longueurs. Il sera bon, avant d'acheter des bois en grume, de faire enlever l'écorce qui peut recouvrir des défauts cachés.

2° Les *Bois de brin*, de *fente*, de *tige* ou de *refend*, sont des bois simplement équarris à la hache ou fendus dans le sens des fibres. Ils servent à la préparation des *douves* pour les tonneaux, du *merrain* ou planches de faible épaisseur, le bois de *boisseaux*, les *échalas*, les *bardeaux* ou *voliges*, les *lattes*, etc...

3° *Bois de sciage.* — Les bois sciés ou de sciage sont constitués par toutes les pièces obtenues au moyen du débit à la scie. Ces pièces portent, dans le commerce, des noms qui varient, mais qui sont le plus souvent désignées comme suit :

*Poutres.* — Les poutres, ou bois d'échantillon, sont formées d'un prisme rectangulaire dont le plus petit côté de la section transversale a au moins 0<sup>m</sup>,30.

*Poutrelles et solives.* — Ce sont des bois de grosseur moindre que les poutres. Les solives ont rarement plus de 0<sup>m</sup>,18 d'équarrissage.

*Madriers, bordages et plateaux.* — Ce sont des pièces méplates dont la largeur diffère beaucoup de l'épaisseur. Les épaisseurs ordinairement connues sont 0<sup>m</sup>,08, 0<sup>m</sup>,10, 0<sup>m</sup>,14, et 0<sup>m</sup>,16. Les largeurs et les longueurs sont variables.

*Chevrans.* — Ce sont des pièces de bois de section carrée de 0<sup>m</sup>,08 en hauteur et en largeur. On trouve aussi des chevrons de 0<sup>m</sup>,108.

*Lattes.* — Ce sont des pièces de section à peu près carrée, mais d'un très petit équarrissage.

*Planches.* — Ce sont des pièces méplates dont la largeur est ordinairement de 0<sup>m</sup>,22 et dont l'épaisseur varie de 0<sup>m</sup>,027, 0<sup>m</sup>,034, 0<sup>m</sup>,040 à 0<sup>m</sup>,054.

*Planches de quartiers.* — Ce sont celles dont les bords latéraux sont terminés bien carrément, à vives arêtes et sans aubier. Les madriers qui se trouvent dans le même cas sont souvent désignés sous le nom de *quartiers*.

*Voliges.* — Ce sont des planches légères employées pour la couverture et le cloisonnage et ayant 0<sup>m</sup>,24 de largeur sur 0<sup>m</sup>,02 d'épaisseur. On trouve aussi de ces planches ayant 0<sup>m</sup>,30 de largeur et de 0<sup>m</sup>,016 à 0<sup>m</sup>,025 d'épaisseur.

*Entrevous* — Pièces de bois ayant 0<sup>m</sup>,24 de largeur sur 0<sup>m</sup>,20 d'épaisseur. Nous avons donné, dans la première partie n° 174, un tableau des principales dimensions des bois équarris et sciés du commerce, employés en charpentes, en menuiserie et pour la couverture.

### V. Mode de livraison des bois dans le Commerce.

**30.** D'après l'usage, les marchands de bois livrent leurs bois aux charpentiers en mesurant le *pouce plein* sur l'équarrissage, c'est-à-dire, en négligeant les fractions de pouce au bénéfice de l'acheteur. Comme on mesure les dimensions réelles des bois en œuvre, il s'en suit qu'on pourrait compter au charpentier jusqu'à près de 0<sup>m</sup>,03 qu'il n'aurait pas payé au marchand. Il faut donc évaluer cet avantage pour y avoir égard dans la détermination du cube des bois. Or, le plus petit équarrissage des bois livrés est de 0<sup>m</sup>,108, valeur qui peut être portée à 0<sup>m</sup>,676. D'après le mode de livraison, l'équarrissage moyen en œuvre est 0<sup>m</sup>,121.

Le plus grand équarrissage est ordinairement 0<sup>m</sup>,650, valeur qui peut être portée à 0<sup>m</sup>,676. L'équarrissage moyen en carré est 0<sup>m</sup>,663. Les surfaces livrées étant de 0<sup>m</sup>,0116 à 0<sup>m</sup>,4325, dont la moyenne est 0<sup>m</sup>,2170, les surfaces mesurées, en œuvre, sont de 0<sup>m</sup>,0146 à 0<sup>m</sup>,4395 avec une moyenne de 0<sup>m</sup>,2270.

L'avantage de l'entrepreneur est donc de 10 sur 217 ou de  $\frac{1}{22}$  environ. En analysant le prix de chaque mètre cube de charpente en œuvre, il convient, au lieu d'un mètre cube de bois brut, de porter

la quantité de bois qui, augmentée de  $\frac{1}{22}$  donne ce mètre cube. Cette quantité est égale au  $\frac{22}{23}$  d'un mètre cube ou à 957 décimètres cubes.

### VI. Cubature des bois.

**31.** Nous avons donné, dans la première partie, les procédés anciens employés par les charpentiers pour cuber les bois. Tous les moyens indiqués ne sont pas géométriquement exacts, mais ce sont des *procédés pratiques* qui suffisent pour l'usage ordinaire. Le mesurage des bois par le calcul décimal, dont nous allons dire quelques mots, est beaucoup plus simple.

Dans ce nouveau système, on prend le *stère*, ou mètre cube, pour l'unité de mesure comparative. Le stère est donc un cube d'un mètre de côté. Il répond à neuf solives anciennes, plus 725 millièmes et se subdivise en décistères, en centistères et en millistères. Pendant quelque temps, on a pris le décistère comme nouvelle solive ou *solive métrique*. Cette solive se trouvait composée de 100 millistères et équivalait à peu près à l'ancienne mesure du même nom.

On pourrait prendre toutes les dimensions des bois en décistères, centistères et millistères, mais il est bien préférable d'admettre le mètre comme unité, car on évite ainsi des erreurs. Si nous prenons, par exemple, une pièce de bois de 5<sup>m</sup>,00 de longueur, 32 centimètres de hauteur et 2 décimètres de largeur, le cube sera exprimé par  $32 \times 2 \times 5$ . Alors le produit 320 ne pouvant exprimer que des mètres cubes ou stères, ce seront les premières décimales qui exprimeront toujours les millistères et le nombre des solives sera toujours égal au nombre de millistères, après qu'on aura supprimé les deux derniers chiffres.

La pièce de bois dont nous parlons contiendra 320 millistères et elle renfermera 3 solives métriques, plus 20 centièmes de ladite mesure.

Quand la pièce de bois à cuber est ronde, on cherche la surface du cercle de base, exprimée en mètres. On la multiplie par la longueur de la pièce et le produit sera sa cubature exprimée en mètres cubes.

**VII. Classification des ouvrages de charpenterie.**

**32.** Les ouvrages de charpente sont classés, selon leurs dimensions et leurs qualités :

1° *En bois ordinaire*, jusqu'à 30 centimètres d'équarrissage sur 9 mètres de longueur, ou de *qualité*, s'ils dépassent l'une de ces dimensions ;

2° *Bois sans assemblage ou avec assemblage* ;

3° *Bois entiers ou de sciage*, c'est-à-dire carrés, ou provenant de bois carrés refendus à la scie. Dans ce dernier cas, le bois est classé selon sa plus grande dimension et on distingue s'il est à un ou deux traits de scie ;

4° *Bois bruts ou refaits*, c'est-à-dire grossièrement équarris, tels que le commerce les livre, ou à vive arête et blanchis à la *bizaiguë* ou au *rabot*, sans tenir compte alors du sciage.

5° *Vieux bois*. Les vieux bois, remis en œuvre, sont payés à des prix différents selon qu'ils sont avec ou sans assemblage et le sciage se compte à part lorsqu'il y a lieu.

**VIII. Expressions diverses fréquemment employées par les charpentiers.**

**33.** Nous donnons ci-dessous les différentes expressions dont se servent les charpentiers. Elles sont utiles à définir, parce qu'elles reviennent constamment dans les travaux.

*About*. On désigne sous ce nom l'extrémité d'une pièce de bois taillée pour être assemblée au *bout* d'une autre pièce.

*Accoler*. C'est juxtaposer deux ou plusieurs pièces de bois pour les fortifier, mais sans aucun assemblage. Souvent, on les réunit par des boulons ou des armatures en fer.

*Affaiblir*. Travail consistant à diminuer l'équarrissage d'une pièce de bois.

*Affaissé*. Plancher qui n'est plus de niveau.

*Affût*. On nomme ainsi la partie inférieure de toute pièce taillée en sifflet sur quatre faces.

*Affûter*. C'est ajuster un outil tranchant dans son manche en bois, nommé *fût*. (Ce mot est quelquefois employé à tort pour les mots aiguiser ou affiler.)

*Aire*. Se dit, en général, d'une surface plane : l'aire d'un plancher.

*Ame*. On donne ce nom à une espèce de lambourde faite en deux parties qu'on embrève obliquement dans une poutre refendue en deux pour lui donner une plus grande force. Lorsqu'une poutre est formée de trois pièces accolées, celle qui se trouve au milieu se nomme l'*âme*.

*Amoise*. Se dit d'une pièce de bois placée entre deux moises (vieille expression).

*Amorcer*. C'est commencer, avec l'ébauchoir, à percer un trou dans une pièce de bois, trou qu'on continue ensuite avec la *tarière* ou avec la *laceret*.

*Appareiller*. Choisir le bois, le transporter sur l'épure, en tracer les coupes et les assemblages, le marquer, c'est ce qu'on appelle *appareiller*.

*Arête*. Intersection de deux faces d'une pièce de bois. Quand une pièce de bois est bien dressée, qu'il n'y a plus d'aubier, on dit qu'elle est à *vive arête*.

*Arrêter*. Ce mot veut dire fixer à demeure, sceller avec la maçonnerie, le plâtre, etc. On dit qu'une solive est *arrêtée* lorsque ses extrémités sont maçonnées.

*Aviver*. Ce mot signifie dresser les surfaces d'une pièce de bois, couper le bois à angle vif.

*Battre la ligne*. C'est tracer une ligne en se servant du cordeau.

*Biller*. C'est faire tourner à droite ou à gauche une pièce de bois, après l'avoir mise en balance sur un chantier ou sur une pierre.

*Bois apparent*. Se dit du bois qui n'est pas recouvert de plâtre ou de tout autre matière.

*Bois arsin*. Celui qui a été maltraité au feu.

*Bois cantiban*. Bois qui n'a de flèches que d'un côté.

*Bois charmé*. Celui qui menace de périr ou de tomber par une cause non apparente.

*Bois de débit*. Se dit des jeunes arbres auxquels on laisse toute la longueur qu'ils

peuvent porter, comme 10 ou 15 mètres, par exemple. Ce bois sert aux menus ouvrages.

*Bois déchiré.* C'est le bois qu'on a mis en pièces et qui provient de vieux ouvrages.

*Bois d'échantillon.* C'est celui dont les dimensions sont déterminées par l'usage qu'on veut en faire.

*Bois échauffés ou pouilleux* Ce sont des bois sur lesquels on remarque des taches noires ou rousses annonçant un commencement de pourriture.

*Bois en étant.* Lorsqu'il est debout.

*Bois d'entrée.* Se dit d'un bois qui n'est ni vert ni sec.

*Bois feuillard.* C'est un bois refendu en lattes qui sert pour la couverture en tuiles, pour les cloisons, etc.

*Bois gélif.* Celui qui a des gerçures provenant de la gelée.

*Bois gisant.* Celui qui est couché sur le sol.

*Bois gras ou doux.* Pour le chêne, c'est celui qui est le moins poreux, qui n'a pas de fil et qui a moins de nœuds que le bois ferme.

*Bois léger.* C'est, en général, le nom qu'on donne aux bois blancs.

*Bois malandre.* Celui qui est disposé à se pourrir ou qui présente certains endroits pourris ou gâtés.

*Bois nouveaux.* Se dit de celui provenant d'un arbre qui avait un grand nombre de branches sur le tronc.

*Bois en pueil.* Celui qui est abattu depuis moins de trois ans.

*Bois qui se tourmente.* Bois employé trop vert ou trop humide et qui travaille ou qui se déjette.

*Bois rebours.* Trouble dans la disposition des fibres.

*Bois récépé.* C'est celui qu'on a coupé sur pied pour remédier aux effets de la gelée.

*Bois de refend.* Celui qu'on a mis par éclats pour en faire des lattes.

*Bois sur le retour.* Bois trop vieux et qui perd de sa valeur.

*Bois résineux.* Ce bois contient de la résine, ainsi que sa qualification l'indique.

*Bois rouge.* Celui qui, en s'échauffant, est sujet à pourrir.

*Bois roulé.* Se dit du bois dont les cernes

marquant la croissance sont séparées et n'adhèrent pas entre elles.

*Bois sans malandre.* Bois sain n'ayant ni nœuds ni gerçures.

*Bois tranché.* Celui qui a des nœuds et des fils obliques enlevant une partie de la force au bois. On en fait souvent du bois refendu.

*Bois vicié ou carié.* Bois malade en partie pourri

*Boileuse.* On appelle *solive boileuse*, dans un plancher, une solive d'enchevêtrement scellée, par un bout, dans un muret assemblée par l'autre dans la partie nommée *chevêtre*.

*Bondieu.* C'est un large coin que les scieurs de long introduisent dans la fente faite par la scie pour ouvrir le bois et faciliter le passage de cette scie. Lorsque ce coin s'est trop enfoncé et qu'il est impossible de le retirer, on le chasse en frappant dessus avec un morceau de bois plat qu'on nomme *chasse bondieu*.

*Bossages.* Ce sont de petites bosses carrées laissées aux poinçons et aux pièces qu'on allégit aux endroits des mortaises afin d'en augmenter la force.

*Brandir.* C'est arrêter deux pièces de bois l'une contre l'autre, sans être entaillées, ce qui se fait au moyen d'une cheville que les traverse. Les chevrons se brandissent sur les pannes.

*Cantibay.* Bois n'ayant de flèche que d'un côté. Se dit aussi des dosses ou pièces de bois pleines de fentes ou de défauts.

*Champ.* Poser *de champ*, c'est placer une pièce de bois rectangulaire sur son épaisseur.

*Chanfreiner.* C'est remplacer, dans le bois, une arête vive par un pan coupé qu'on nomme *chanfrein*. On dit aussi *abattre chanfrein*.

*Chantourner.* Chantourner une pièce de bois, c'est l'évider suivant un profil donné.

*Charpenter.* C'est façonner les bois de charpente.

*Contre-jauger les assemblages.* C'est reproduire, sur la deuxième face des bois, les lignes tracées sur la première pour tailler exactement les joints, les tenons et les mortaises.

*Contre-marques.* Traits qui se marquent sur les bois au fur et à mesure qu'ils sont

travaillés pour qu'on puisse les reconnaître au montage.

*Contreventer.* C'est placer une pièce de bois obliquement contre une autre pour la rendre stable. On dit *contreventer* ou *faire le contreventement*.

*Corroyer le bois.* C'est le dresser avec le rabot ou la varlope, pour lui enlever l'excédant d'épaisseur qu'il doit avoir.

*Débillardement.* On désigne, sous le nom de débillardement ou dégrossissement d'une pièce de bois, l'opération consistant à la couper en diagonale pour obtenir une portion triangulaire ou arrondie, soit pour former une partie de l'échiffre d'un escalier rampant, soit pour faire un arêtier ou un faitage. La pièce de bois ainsi traitée est dite *débillardée*.

*Décintrer.* Opération ayant pour but de démontrer un cintre de charpente.

*Décollement.* En charpente, on fait un décollement quand on retranche une partie de la longueur de la mortaise pour la dissimuler complètement.

*Dédosser.* Opération qui consiste à dresser, avec la scie, une pièce de bois pour la mettre à vive arête. On enlève ainsi les dosses ou parties flâcheuses couvertes d'écorce.

*Déjeté.* On dit qu'un bois se déjette ou est déjeté lorsqu'il travaille, se courbe ou se gauchit sous l'influence de la sécheresse ou de l'humidité.

*Dégauchissage.* On dit qu'on dégauchit une pièce de charpente quand on la travaille de façon à la rendre droite ou à la raccorder avec une autre pièce.

*Dégrossir.* C'est le premier travail qu'on fait subir à une pièce de bois.

*Délarder.* Ce mot signifie couper en chanfrein les arêtes d'une pièce de bois. Un charpentier fait un délardement, quand il enlève du bois d'une arête sur un côté seulement. On délarde ordinairement les empanons, les arêtiers, les faitages.

*Démaigrir.* Rendre plus aigu l'angle ou les angles d'une pièce de bois. Se dit aussi lorsqu'on diminue un tenon qui ne peut entrer dans sa mortaise.

*Démonter.* Cette opération consiste à défaire avec soin toute charpente assemblée en place.

*Développer ou faire le développement.*

C'est une opération graphique faite sur le papier, sur un mur ou sur un plancher et qui consiste à représenter, au moyen de lignes, les faces, les profils et toutes les parties d'une pièce ou d'un assemblage de charpente — c'est, en un mot, le *tracé des épures*.

*Devers.* On dit qu'une pièce est déversée ou qu'elle a du devers, lorsqu'elle n'est pas droite par rapport à ses angles et à ses côtés.

*Dévêtir.* Déposer ou désassembler les pièces de bois sur le chantier.

*Dévoyer.* On dit qu'une pièce est dévoyée, un arêtier par exemple, lorsque les faces latérales verticales sont inégalement distantes du plan vertical de l'arête du comble. Les deux faces supérieures de l'arêtier dévoyé sont donc inégales, mais toujours inclinées, l'une par rapport à l'autre, suivant l'angle formé par le plan de la croupe avec celui de long pan.

*Donner quartier.* Faire faire quartier à une pièce de bois signifie faire tourner cette pièce de manière à l'appuyer ou à la faire reposer sur une autre face.

*Dresser.* Dresser une pièce de bois, c'est la cingler au cordeau avant de l'équarrir.

*Ébaucher.* Dresser à l'ébauchoir ou au fermail.

*Ebiser.* Synonyme de chanfreiner.

*Écharpe.* Nom donné par les ouvriers charpentiers aux pièces appelées décharges.

*Encastrer.* C'est joindre deux pièces de bois par des entailles à embrèvement.

*Enchevalement.* C'est l'étalement des murs repris en sous-œuvre.

*Enclaver.* C'est arrêter une pièce de bois avec des clefs en fer ou des boulons. C'est aussi faire entrer les bouts des solives, par entailles, dans une poutre.

*Engraissement.* On donne ce nom aux assemblages dont les tenons n'entrent que par force dans les mortaises.

*Enlasure.* Trou rond de 0<sup>m</sup>,02 percé avec un laceret à travers l'assemblage à tenon et à mortaise pour les cheviller ensemble. On dit *enlaser* ou faire une *enlasure*.

*Enligner.* C'est donner à une pièce de bois la même grosseur qu'à une autre, en

se servant de la règle et du cordeau de manière que, étant mises bout à bout, les deux pièces semblent n'en faire qu'une seule.

*Enter.* C'est joindre ou assembler deux pièces de bois, bout à bout, dans la direction de leur longueur.

*Fond* (monter de). Se dit des pièces de bois ou d'une cloison en pan de bois qui, partant du sol, monte jusqu'au haut du bâtiment. — On dit aussi des poteaux de fond : ce sont ceux qui sont montés de fond l'un sur l'autre.

*Gras.* Terme employé par les ouvriers charpentiers pour dire qu'une pièce a besoin d'être amaigrie ou qu'un tenon est trop fort pour sa mortaise.

*Hiement.* Bruit que produisent deux pièces de bois assemblées lorsqu'elles font un mouvement par suite d'un effort ou d'une charge qu'elles ont à supporter.

*Lierner.* Attacher avec des liernes.

*Malfaçon.* Lorsqu'on emploie des bois plus forts qu'il n'est nécessaire ou trop amaigris, ou quand les assemblages sont mal exécutés, quand il y a des défauts de travail par ignorance ou négligence, on dit qu'il y a malfaçon.

*Mettre en chantier.* C'est, lorsqu'on veut la travailler, poser une pièce de bois sur deux autres nommées *chantier*.

*Mettre les bois en leur raison.* C'est disposer les pièces d'un assemblage sur le chantier, suivant la place qu'elles doivent occuper après le travail.

*Mettre une pièce de bois sur son fort ou*

*sur son raide.* — C'est placer le bombement d'une pièce en contre-haut ou par-dessus.

*Oches.* — Les ouvriers charpentiers indiquent ainsi les entailles ou marques qu'ils font sur les règles de bois pour marquer des mesures.

*Piquer.* — C'est marquer une pièce de bois pour la façonner.

*Pointal.* — Les ouvriers désignent ainsi une pièce de bois posée d'aplomb pour étayer.

*Poser à cru.* — Dresser, sans fondation, un ouvrage d'un grand poids tel qu'un bâti de charpente. On pose à cru, un poteau, un étau, etc.

*Poser de champ.* — C'est placer une pièce de bois sur sa face la plus étroite.

*Poser à plat.* — C'est placer une pièce de bois sur sa face la plus large.

*Poser en décharge.* — C'est placer obliquement une pièce de bois pour arc-bouter, contreventer ou soulager une pièce voisine d'une partie de la charge qu'elle supporte.

*Quartier tournant.* — Partie d'un escalier qui est cintrée en plan.

Les marches font alors une révolution autour d'un angle quelconque.

*Ravalement.* — Amaigrissement effectué à l'extérieur d'une pièce de bois pour la rendre ce qu'elle doit être. — Ravaler, c'est faire un ravalement.

*Tailler.* — C'est couper, retrancher, avec la cognée ou avec le ciseau.

*Toisé bout avant.* — Vieille expression qui signifie faire un devis estimatif.

## § II. — OUTILLAGE DU CHARPENTIER

DESCRIPTION DES OUTILS ET INSTRUMENTS EMPLOYÉS PAR LES CHARPENTERS.

### I. Instruments servant au débit des bois et au tracé des épures.

**34. Le mètre.** — On désigne sous le nom de mètre une règle graduée qui sert à mesurer. C'est, comme on le sait, l'unité de mesure reconnue par la loi depuis l'établissement du système décimal.

Le mètre est une longueur qui est la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, ou la quarante-millionième du plus grand cercle de la terre, dirigé du nord au sud. Il se divise en dix parties ou *décimètres*, le décimètre en dix autres parties ou *centimètres* et, enfin, le centimètre en dix autres parties ou *millimètres*.



Les ouvriers charpentiers se servent, pour les travaux exécutés en ville, d'un mètre pliant à cinq branches qu'ils placent facilement dans leur poche. Pour le travail du chantier, le mètre dont ils font usage est formé d'une règle en bois de 0,04 à 0,05 de largeur sur 0<sup>m</sup>,003 à 0,01 environ d'épaisseur, divisée en centimètres. Ils ont aussi, à leur disposition, le double mètre rigide et analogue au précédent comme forme. Pour les mètres, ils se servent souvent d'un double mètre pliant dont les deux branches sont maintenues par une charnière en cuivre, et connu sous le nom de double mètre brisé à charnière. Les charpentiers se servant souvent de la toise, il est utile d'en rappeler la valeur (six pieds, ou la toise ancienne, valent 1<sup>m</sup>949036 millièmes de mètre).

**35. Fil à plomb.** — Nous avons déjà donné la description du fil à plomb en parlant des outils du maçon. Le charpentier peut se servir d'un fil à plomb en fonte représenté *fig. 493*, (1<sup>re</sup> partie), ou d'un autre instrument plus simple représenté (*fig. 1*), qui se compose d'un disque aplati, évidé en son milieu où se trouve une croix à trois branches en cuivre ou en fer dont le centre se confond avec l'axe du disque et d'un cordonnet auquel ce plomb est suspendu de telle façon que la partie à jour soit toujours



Fig. 1.

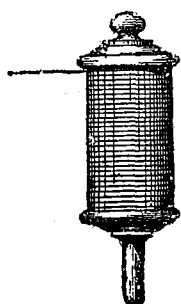


Fig. 2.

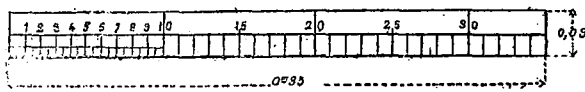


Fig. 3.

**36. Règles de charpentier.** — Les règles de diverses grandeurs, rigides ou pliantes selon qu'il s'agit de tracer des surfaces planes ou courbes, employées par les charpentiers, peuvent servir indifféremment à tracer ou à mesurer des lignes ou des dimensions de pièces de bois. Elles ont ordinairement deux mètres de longueur sur une largeur de cinq centimètres et une épaisseur de 1 centimètre. On les divise, soit en mètres, décimètres et centimètres, soit en pieds, pouces et lignes.

(Le pied vaut 12 pouces, soit 0<sup>m</sup>,32484. Le pouce vaut 12 lignes, soit 0<sup>m</sup>,02707. La ligne vaut 12 points, soit 0<sup>m</sup>,00226. Enfin, le point vaut 0<sup>m</sup>,00019).

**37. Cordeau.** — Le cordeau, ou fouet, est une corde fine, le plus souvent en chanvre, dont on se sert pour tracer les épures et aligner les pièces de bois. Afin de le rendre plus facilement transportable, on le roule sur une bobine en bois traversée par une broche (*fig. 2*.) Pour s'en servir, on l'enduit d'une matière colorante et pulvérulente, comme la craie, ou la sanguine. On la tend entre les points extrêmes de la ligne à tracer, puis on la soulève pour la laisser retomber vivement. La craie, ou la matière colorante, se détache du cordeau et laisse, sur le sol préalablement préparé ou sur une autre pièce de bois, un trait parfaitement droit.

**38. Jauge.** — On donne le nom de jauge à une petite règlette en bois dur, d'un pied (divisé en pouces) ou de 0<sup>m</sup>,33 de longueur sur 0<sup>m</sup>,03 de largeur et 0<sup>m</sup>,003 d'épaisseur. Les ouvriers charpentiers placent cette petite règle dans leur poche et s'en servent souvent pour tirer les mortaises et les tenons d'épaisseur. Pour cela,

dégagée. Les ouvriers charpentiers se servent du fil à plomb pour conduire les ouvrages verticaux ou à plomb, comme l'on dit. Ils emploient aussi ce simple instrument pour projeter les points des parties supérieures d'une pièce de charpente, par exemple, sur d'autres pièces placées inférieurement.

l'ouvrier applique la jauge sur la pièce à assembler, trace d'un côté et de l'autre de la jauge, dans le sens longitudinal, un trait avec la rainette qui va être décrite et obtient ainsi un intervalle d'environ quatre centimètres qui est l'épaisseur ordinaire d'un tenon. La jauge est représentée en croquis (*fig. 3*).

**39. Rainette.** — On désigne, sous le nom de rainette, un petit instrument en fer plat de 0<sup>m</sup>,22 environ de longueur, représenté (fig. 4), qui, d'un bout, sert à tracer des traits sur le bois et, de l'autre, au moyen de refends qui y sont pratiqués, sert à donner de la voie aux scies. C'est pour faciliter le dégagement de la sciure qu'on leur donne de la voie. Donc, donner de la voie aux scies, c'est incliner plus ou moins les dents d'une scie alternativement d'un côté et de l'autre du plan de la lame. Les scies reçoivent plus ou moins de voie selon la nature du travail à faire; mais, en général, le moins qu'on peut en donner est le meilleur. En tout cas, il ne faut pas oublier que la voie ne doit jamais dépasser la moitié de son épaisseur, parce que, si cela était, la scie ferait deux traits et, par conséquent, ne pourrait plus fonctionner. Dans quelques scies à main, au lieu de donner de la voie aux dents, on produit un effet analogue en employant, pour la confection, des bandes d'acier dont l'épaisseur va en diminuant des dents au dos de la lame.

Pour donner de la voie aux scies, on se sert également d'un instrument appelé *rosette*, formé, comme l'une des extrémités de la rainette, par un disque d'acier monté sur un manche. Le pourtour de ce disque est divisé par un certain nombre de fentes de différentes largeurs pour y laisser pénétrer les lames de scies d'épaisseurs variables. Toutes ces fentes sont dirigées vers le centre comme l'instrument qu'on désigne sous le nom de *jauge de tréfilerie*.

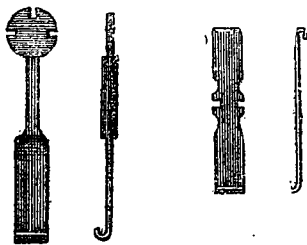


Fig. 4.

Fig. 5.

On fait aussi des rainettes doubles servant pour le trait comme l'indique la

figure 5. Dans ce cas, les refends qui servent à donner de la voie aux scies sont placés au milieu. Les extrémités de la rainette sont recourbées pour que le fer puisse s'incruster assez profondément dans le bois en y laissant un trait net et bien marqué. L'ouvrier charpentier porte toujours cet instrument sur lui.

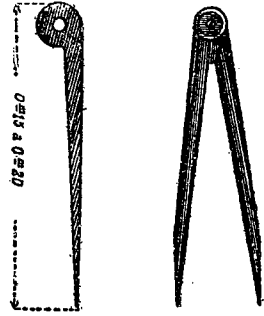


Fig. 6.

Fig. 7.

**40. Traceret.** — Le traceret est un poinçon ordinaire, à pointe acérée, qui sert à tracer (ou dans certains cas à piquer), sur les pièces de charpente et d'une manière ineffaçable, le trait des assemblages et des coupes. Cet instrument a une longueur variant de 0<sup>m</sup>,18 à 0<sup>m</sup>,21. Il est représenté en croquis (fig. 6).

**41. Calibres.** — On désigne, sous ce nom, les modèles dont on se sert pour tracer les courbes sur les pièces de charpente suivant un profil donné.

## II. — Compas. — Différents types employés

**42.** On désigne sous le nom de *compas*, un instrument qui sert à décrire des cercles et à prendre des mesures. Les compas sont ordinairement en fer, quelquefois en bois; mais, dans ce dernier cas, ils sont armés de pointes en fer.

**43. Compas de charpentier, en fer.** — Le compas en fer est représenté en croquis (fig. 7). Il sert à tracer les coupes pour les assemblages, à piquer, à contre-jauger les bois *mis sur ligne*, etc. Il a ordinairement seize centimètres de longueur. En raison de ce peu de longueur, les charpentiers le prennent ordinairement avec eux.

**44. Compas en bois.** — Il en existe deux types représentés par les figures 8 et 9. Celui dit *Compas d'appareilleur*, qui est ordinairement d'une assez grande dimension, sert à tracer les épures, mesurer les ouvertures d'angles, élever les perpendiculaires, etc. Il se compose, comme l'indique le croquis (fig. 8), de deux tiges en bois avec chanfreins sur les arêtes pour le rendre plus léger d'aspect. Ces deux tiges sont réunies par une rondelle et une virole en cuivre. Leurs extrémités se ter-



Fig. 8.



Fig. 9.

minent par des pointes de fer solidement fixées sur les tiges en bois. Les branches peuvent varier de 0<sup>m</sup>,30 à 1<sup>m</sup>,00 de longueur.

Un autre type de compas, également très employé, est représenté (fig. 9). C'est le même modèle que le précédent; mais l'une des pointes en fer est remplacée par un porte-crayon en cuivre. Ces deux compas se font en bois de charme ou de cormier. On y ajoute quelquefois un quart de cercle qui sert de guide.

**45. Compas à verge.** — Ce compas, représenté (fig. 10), se compose d'une longue

règle en bois léger et parfaitement sec (cormier). Sur cette règle, glissent deux poupées en bois dur munies de pointes en fer et pouvant se fixer sur la règle par l'intermédiaire de vis de pression. L'une

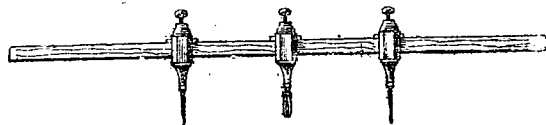


Fig. 10.

des deux pointes sert à centrer l'instrument; l'autre sert à tracer l'arc. On peut avantageusement remplacer l'une de ces pointes par un porte-crayon comme le montre le croquis. Afin de faciliter les opérations, la règle peut être divisée, soit en mètres, soit en pieds. Certains constructeurs ont essayé d'exécuter ce compas tout en fer creux pour le rendre plus léger. Dans ce cas, les poupées sont également en fer.

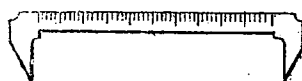


Fig. 11.

Les charpentiers se servent encore d'un autre compas, dit compas fixe, représenté en croquis (fig. 11). Ce compas est en fer à pointes fixes et placées à une distance de 2/3 de mètre. Le dos de ce compas est gradué. Il sert pour mesurer la longueur des bois en grume et les bois équarris.

### III. Niveaux. — Différents types

**46. Niveaux en bois.** — Les deux types les plus employés sont représentés (fig. 12 et 13). Ce sont, en général, de petites planchettes en chêne ou en charme, assemblées et munies d'un fil à plomb, en fonte ou en cuivre, qu'on fait concorder avec une ligne de foi perpendiculaire à l'une des arêtes de l'instrument quand on veut s'assurer qu'une pièce sur laquelle on pose cette arête est horizontale, ou *de niveau*. Cette condition est remplie lorsque la verticale du plomb passe par le milieu du côté inférieur.

Pour se servir avec succès de ces deux

niveaux, il est indispensable de placer, sur la face de la pièce qui, le plus souvent, ne sera pas parfaitement dressée, une règle longue et bien dressée elle-même sur laquelle on pose le niveau. On évite

ainsi les erreurs que pourraient causer les inégalités de la pièce à vérifier.

Il existe aussi des niveaux de pente qui ne diffèrent des précédents qu'en ce que la ligne de foi, au lieu d'être

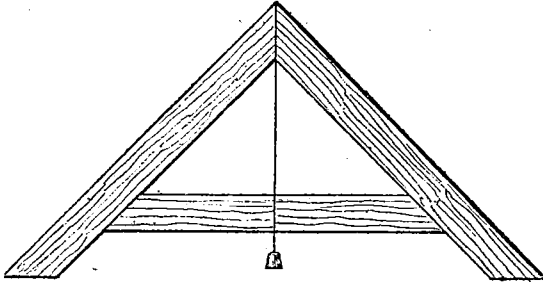


Fig. 12.

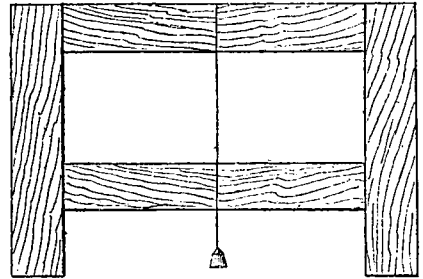


Fig. 13.

perpendiculaire à l'arête inférieure, forme un angle déterminé avec l'arête de pose. On peut tracer plusieurs lignes sur la

être perpendiculaire. On donne à cet instrument le nom d'équerre à *branche épaisse*. On fait aussi des équerres comme



Fig. 14.

même planchette et avoir ainsi la possibilité de vérifier plusieurs angles.

**47. Niveau à bulle d'air.** — Les charpentiers se servent, dans certains cas, du niveau à bulle d'air représenté (fig. 14), et que nous avons déjà décrit dans un autre chapitre. Ces niveaux, construits en cuivre ou en fonte, sont renfermés dans des étuis. Leur longueur varie de 0<sup>m</sup>,14 à 0<sup>m</sup>,30.

#### IV. Equerres. — Différents types

**48.** Les équerres servent à tracer des angles droits ou, le plus souvent, des lignes parallèles ou perpendiculaires l'une sur l'autre. Elles peuvent être semblables à celles employées par les dessinateurs.

**49. Equerre ordinaire.** — L'équerre simple, représentée en croquis (fig. 15), se compose ordinairement, pour les charpentiers, de deux règles en bois de cormier ajustées de manière à former un angle droit. L'une des deux règles est souvent plus épaisse que l'autre. Cette surépaisseur forme un épaulement qui s'applique contre l'arête à laquelle la ligne à tracer doit

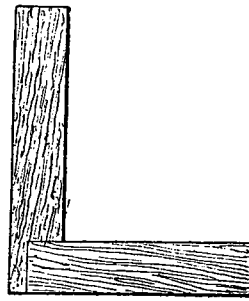


Fig. 15.

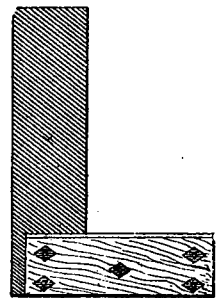


Fig. 16.

le montre la figure 16, partie en bois et partie en acier bleui.

**50. Equerre à écharpe.** — Quand les branches d'une équerre ont une certaine longueur, on consolide l'angle droit au moyen d'une pièce inclinée qu'on nomme *écharpe*. Cette pièce est assemblée dans les deux branches de l'équerre.

**51. Equerre d'onglet.** — L'équerre d'onglet, représentée (fig. 17), se construit en bois de cormier et, quelquefois, en bois avec lames d'acier, comme le montre la figure 18. Le premier côté à gauche sert, comme l'équerre à épaulement, à tracer des perpendiculaires aux arêtes. La partie du milieu, dont les deux côtés forment entre eux un angle droit, sert à vérifier si deux plans ou

deux faces formant une arête saillante sont perpendiculaires l'une à l'autre. Le troisième côté placé à droite de la figure sert à tracer les lignes inclinées

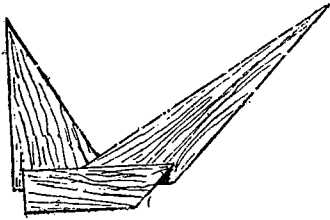


Fig. 17.

à 45 degrés sur les arêtes contre lesquelles on appuie l'épaulement, opération qui est fréquemment nécessaire pour les assemblages à onglets.

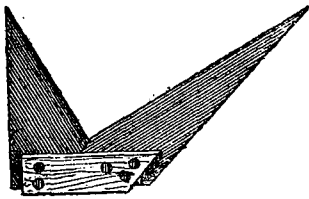


Fig. 18.

**52. Équerre au calibre.** — On donne quelquefois le nom d'équerre à un calibre en bois représenté (fig. 19), qui sert à vérifier les angles droits des pièces de bois cor-

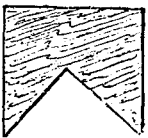


Fig. 19.

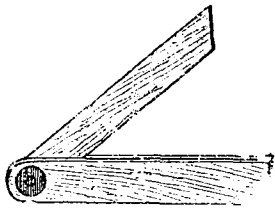


Fig. 20.

royées. Ses dimensions ordinaires sont de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,32 de longueur sur 0<sup>m</sup>,27 de largeur. Cet appareil ancien est peu employé aujourd'hui.

**53. Fausse équerre, sauterelle ou beveau.** — La fausse équerre, représentée (fig. 20 et 21), peut se faire tout en bois de cormier ou en bois avec une lame d'acier. Dans les deux cas, elle ne diffère de l'équerre à épaulement qu'en ce que

l'une des deux règles peut prendre une position quelconque par rapport à l'autre.

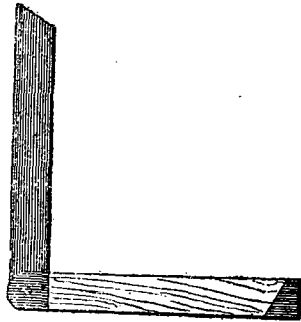


Fig. 21

L'une des deux branches (celle qui sert d'épaulement) est fendue dans toute sa longueur d'une coulisse dans laquelle tourne l'autre branche et où elle peut venir se loger lorsque la fausse équerre est entièrement fermée. C'est la véritable disposition d'un compas dont les deux parties sont fixées à l'aide d'un clou en cuivre

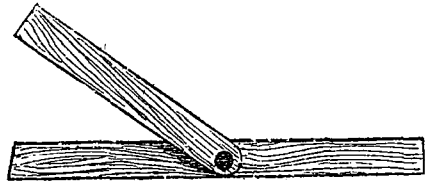


Fig. 22.

rivé des deux côtés. La fausse équerre sert à relever les angles qui ne sont pas droits et peut, par conséquent, tenir lieu de compas ou de calibre.

**54. Équerre télégraphe.** — Cette équerre se fait, comme le montrent les figures 22

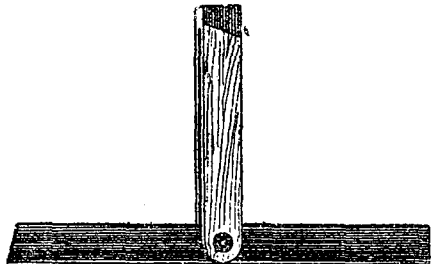


Fig. 23.

et 23, soit tout en bois de cormier, soit

partie bois et partie métal. Elle peut être employée comme la fausse équerre.

Les charpentiers se servent aussi d'équerres en fer ayant 2 à 3 millimètres d'épaisseur.

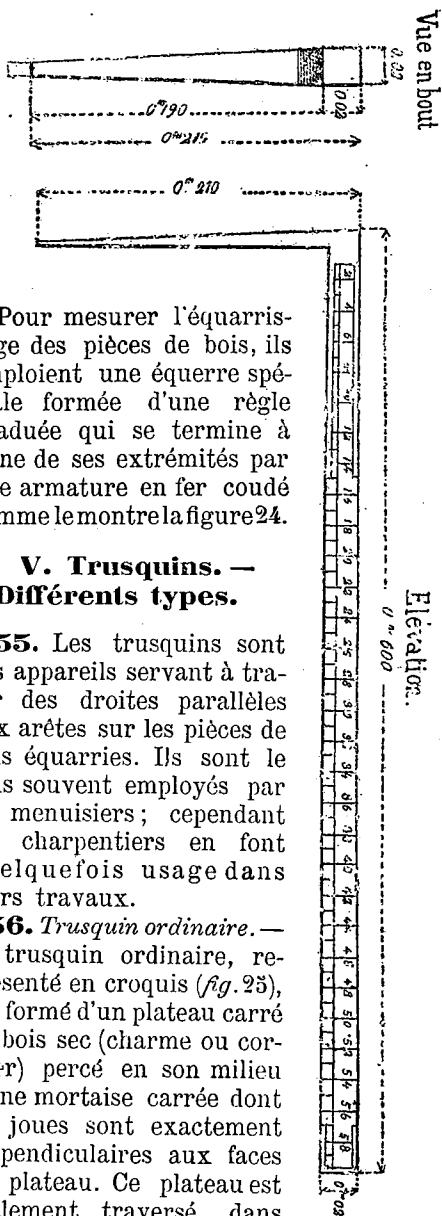


Fig. 21.

Pour mesurer l'équarrissage des pièces de bois, ils emploient une équerre spéciale formée d'une règle graduée qui se termine à l'une de ses extrémités par une armature en fer coulé comme le montre la figure 24.

**V. Trusquins. — Différents types.**

**55.** Les trusquins sont des appareils servant à tracer des droites parallèles aux arêtes sur les pièces de bois équarries. Ils sont le plus souvent employés par les menuisiers; cependant les charpentiers en font quelquefois usage dans leurs travaux.

**56. Trusquin ordinaire.** — Le trusquin ordinaire, représenté en croquis (fig. 25), est formé d'un plateau carré en bois sec (charme ou cormier) percé en son milieu d'une mortaise carrée dont les joues sont exactement perpendiculaires aux faces du plateau. Ce plateau est également traversé, dans son épaisseur, par une autre mortaise. Une tige de bois de forme carrée et bien droite s'engage dans la première mortaise décrite et peut y glisser à frottement doux. Cette tige

porte un petit traceret en acier à son extrémité supérieure. Dans la seconde mortaise, s'engage un coin en bois destiné à fixer le plateau carré en un point quelconque de la tige.

Pour tracer une ligne parallèle à une arête donnée avec cet instrument, on fixe le plateau carré en un point tel que sa distance au traceret représente exactement l'écartement des deux parallèles; puis, après avoir frappé sur le coin pour fixer

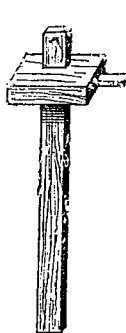


Fig. 25.



Fig. 26.

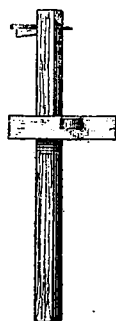


Fig. 27.

le plateau, on fait glisser la face intérieure de ce plateau le long de l'arête. Pendant cette opération, le traceret s'enfonce dans le bois et laisse une trace nette et bien visible.

**57. Trusquin à couper.** — Le trusquin à couper, représenté (fig. 26), ne diffère du précédent qu'en ce que le petit traceret décrit précédemment est remplacé par une véritable lame bien acérée et fixée dans la tige de bois à l'aide d'un coin (serrage à clavette, comme on dit).

Un autre type représenté (fig. 27) est

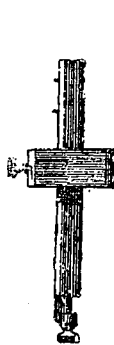


Fig. 28.

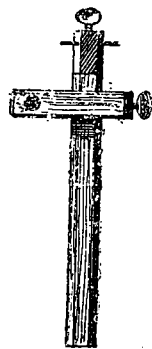


Fig. 29.

quelquefois employé. La tige verticale, an

lieu d'être carrée, est demi-ronde. Ces deux instruments se font en cormier.

**58. Trusquin à double traçoir et vis de rappel.** — Ce trusquin, représenté (fig. 28), n'est autre que le trusquin ordinaire perfectionné; il porte deux tracerets. Le coin en bois est remplacé par une vis de serrage et la tige de bois est traversée par une tige filetée venant se fixer à l'une des extrémités dans un support. Cette vis de

rappel permet de faire varier d'une très faible quantité le plateau en bois. Cet appareil, d'un prix assez élevé, se fait en palissandre.

**59. Trusquin pour filets.** — Ce dernier, représenté (fig. 29), est encore une variante des précédents; il est garni de cuivre, se fait en cormier et porte sur sa longueur six fers qui permettent de tracer des filets parallèles à une arête donnée.

§ III. — ASSUJETTISSEMENT ET TRAVAIL DES PIÈCES DE BOIS

**60. Établi ordinaire.** — L'établi ordinaire, représenté (fig. 30), sert plussouvent aux menuisiers qu'aux charpentiers. Nous le plaçons ici parce que les charpentiers s'en

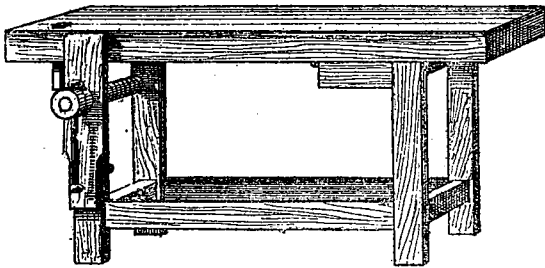


Fig. 30.

servent lorsqu'ils ont de petits travaux délicats à faire; mais nous en donnerons, dans le traité de menuiserie, la description complète et nous exposerons en même temps tous les perfectionnements apportés à cet appareil.

**61. Accessoires d'un établi.** — Pour

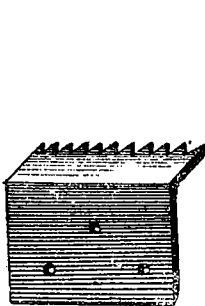


Fig. 31.



Fig. 32.

arrêter les pièces qu'on travaille, on fixe, sur l'établi, un crochet à pattes ou griffes représenté (fig. 31).

Pour maintenir les pièces sur l'établi, on place, dans l'un des trous percés sur la table de l'établi, un valet représenté (fig. 32).

**62. Presse à colter, serre-joints, servantes.** — Ces trois appareils sont ainsi représentés :

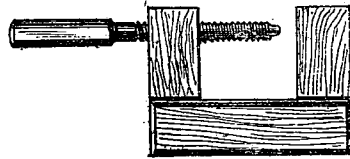


Fig. 33.

Presse à coller (fig. 33).



Fig. 34.

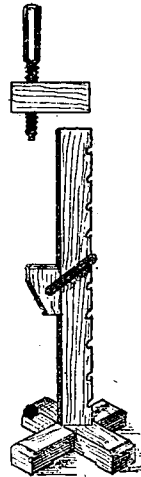


Fig. 35.

Serre-joints en bois avec vis en bois (fig. 34).

Servante en charme (fig. 35).

Ces outils sont plus employés par les menuisiers que par les charpentiers. Nous en donnons les croquis pour mémoire, nous réservant d'en compléter les descriptions dans le *Traité de menuiserie*.

**63. Chevilles d'assemblage.** — On dé-



Fig. 36



Fig. 37.

signé sous ce nom des broches en fer à

tête aplatie et percée d'un trou (fig. 36). On en fait usage pour retenir les assemblages jusqu'à ce qu'on puisse les cheviller définitivement. Le trou sert à placer une tige en fer ou une autre cheville pour pouvoir arracher de l'assemblage celles qui y seraient trop fortement retenues.

**64. Crochet d'assemblage.** — Ce crochet, représenté (fig. 37), dont les extrémités sont recourbées et terminées en pointes, sert à maintenir, juxtaposées, deux pièces qu'on veut assembler et qui ne sont pas encore chevillées. Les charpentiers se servent de ces crochets d'assemblage principalement quand ils mettent, comme ils disent, leur charpente en *herse*.

#### § IV. — OUTILS EMPLOYÉS POUR DÉBITER LE BOIS. — SCIES. — DIVERS TYPES.

**65. Scie.** — La scie est un instrument bien connu composé d'un monture, le plus souvent en bois, qui peut recevoir plusieurs formes et d'une lame d'acier laminé trempé très dur, étroite et mince, dont l'un des côtés présente des angles saillants qu'on nomme *dents*. Ces dents sont faites, soit mécaniquement, soit à la main avec un tiers-points. La scie sert à diviser les bois. Pour cela, après avoir placé la lame sur le corps à fendre, il suffit de lui donner un mouvement de va et vient. La forme des dents a une très grande importance et doit varier suivant la nature et la dureté des substances à diviser. Plus le corps sera dur, plus les dents doivent être petites et serrées. La plupart des scies n'opèrent que dans un sens. Aussi, leur denture est généralement non symétrique. Les scies à bois ont, moyennement, de 2 à 3 dents au centimètre courant.

**66. Scie de long.** — La scie du *scieur de long*, représentée (fig. 38), est composée d'un châssis en bois et d'une lame fixée dans deux anneaux de fer serrés par un coin à la partie inférieure et une vis à la partie supérieure. En haut et en bas de ces scies, se trouvent deux poignées à l'aide des-

quelles on peut la tirer de haut en bas et de bas en haut.

La poignée du haut est dirigée dans le plan du châssis; celle du bas est perpendi-

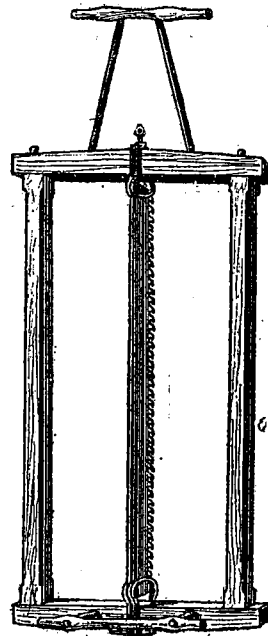


Fig. 38.

culaire au plan de ce châssis. La lame de ces scies est plate; elle a ordinairement 0",003



d'épaisseur, 0<sup>m</sup>,08 de largeur à chaque bout et 0<sup>m</sup>,11 au milieu. Ces scies doivent être plus épaisses du côté de la denture que derrière et ne présenter ni pailles ni inégalités. Les dents adoptées pour ces scies sont crochues et inclinées dans un sens; on les façonne avec une lime ronde. Elles présentent un angle aigu au fil du bois afin de le déchirer et de le rompre plus facilement. Les dents sont ordinairement à 0<sup>m</sup>,027 l'une de l'autre et ont 0<sup>m</sup>,008 à 0<sup>m</sup>,010 de profondeur. Dans ce genre de scie les dents doivent avoir de la voie afin de mieux passer dans le bois. La scie de long est mue par deux ou trois hommes. Quand on emploie trois hommes, on en place toujours un en dessus et les deux autres en dessous de la pièce à débiter. Pour faciliter le travail de la scie, dès que l'instrument est dur à tirer, on chasse dans la fente qu'il produit un coin en bois dur qui fait élargir les parois.

D'après Hassenfratz, « trois scieurs de long font ordinairement, en une heure, sur du chêne encore vert, un trait de scie de 36 décimètres de long sur 3 décimètres de large. Ils donnent 50 coups de scie par minute et la scie est élevée et abaissée, dans chaque coup, de 8 centimètres environ. L'effort moyen de chaque homme est de

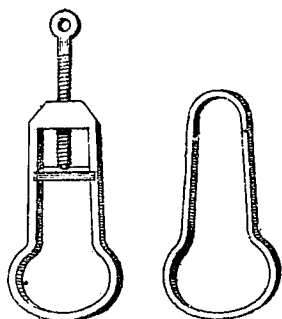


Fig. 39.

13 kilogrammes. Les scieurs de long travaillent 12 heures par jour et peuvent obtenir, dans la journée, 20 planches de 2 mètres de long sur 16 centimètres de large. Lorsque la scie est mise en mouvement par deux hommes, ces deux scieurs font les deux tiers du travail que font les trois scieurs. »

Les anneaux en fer employés dans les scies de long sont représentés (fig. 39).

Les scieurs de long se servent, pour les ouvrages cintrés, de scies nommées *raquettes*, lesquelles ne diffèrent des autres qu'en ce que la feuille ou lame n'a que 27 à 30 millimètres de largeur, afin qu'elle puisse tourner plus facilement.

**67. Scie passe-partout.** — Comme nous l'avons vu dans la première partie, la scie qu'on nomme *passe-partout* sert à débiter le tronc d'un arbre et les gros bois en général. Elle est mue par deux hommes qui lui impriment un mouvement horizontal de va et vient en la saisissant par deux poignées en bois placées dans les alvéoles réservées à cet effet.

**68. Scie de travers.** — La scie de travers, représentée (fig. 40), est à peu près semblable aux scies qu'emploient les menuisiers. Les charpentiers s'en servent: 1° pour scier les bois en travers; 2° pour débiter les bois courbes, tels que limons

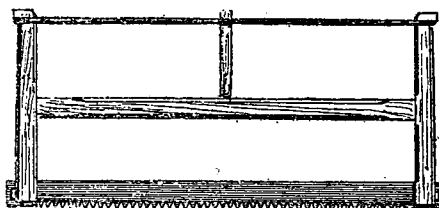


Fig. 40.

d'escaliers, etc... Elle est ordinairement manœuvrée par deux hommes qui lui donnent un mouvement de va et vient comme le *passe-partout*. La lame de cette scie est tendue dans une monture en bois composée de deux montants séparés par une traverse et réunis par une corde tordue au moyen d'un petit morceau de bois qui sert à donner la tension nécessaire à la lame.

**69. Scie à refendre.** — La scie à re-

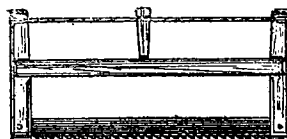


Fig. 41

fendre est une petite scie de scieur de

de long, qui n'a que 0<sup>m</sup>,97 environ de longueur. Un seul homme peut la faire mouvoir en la tenant des deux mains: l'une à droite, l'autre à gauche, à environ moitié du chassis.

**70. Scie à débiter.** — La scie à débiter, représentée (fig. 41), ressemble beaucoup à la scie de travers; elle se fait en bois de charme et a 0<sup>m</sup>,80 à 0<sup>m</sup>,85 de longueur.

**71. Scie à chantourner ou scie allemande.** — La scie à chantourner, représentée (fig. 42), n'est pas montée comme les scies ordinaires. La lame, au lieu d'être adaptée

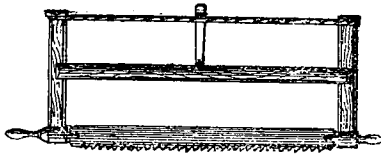


Fig. 42.

immédiatement aux montants de l'armature par des goupilles, est fixée, comme le montre la figure, dans la fente de deux pinces en fer prolongées par des tiges cylindriques qui traversent les montants de la scie. On peut donner ainsi à la lame telle position qu'on veut, par rapport à l'armature. Dans les scies à chantour-

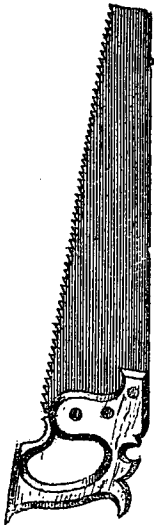


Fig. 43.



Fig. 44.

ner, on adopte une denture symétrique en triangle équilatéral et on les affûte en tenant le tiers-point perpendiculaire à la

lame; elles scient en montant et en descendant. La lame de la scie est en acier. La monture est en charme ou en cormier.

**72. Scies à main à couteau ou égoïne.** — Ces scies, dont nous donnons le modèle (fig. 43), sont composées d'une lame d'acier dentée comme les autres, mais de forme triangulaire ou trapézoïdale. Elles n'ont d'autre monture qu'une poignée en bois. Elles servent à scier certaines parties rentrantes que les autres scies ne pourraient pas atteindre.

**73. Scies à chevilles, simples et doubles.** — La scie à chevilles simple, représentée (fig. 44), sert à couper l'excédant des chevilles lorsqu'elles dépassent les surfaces des pièces chevillées. Cette scie peut n'avoir qu'une lame comme l'indique la figure ou en posséder une seconde placée symétriquement à la première.

**74. Scie circulaire.** — Dans les ateliers de charpenterie, on fait usage de scies circulaires dont nous donnons deux types (fig. 45 et 46). Ces outils sont mus, soit à la main, soit au moyen de machines à vapeur qui leur impriment une très grande vitesse. Elles ont, sur les scies ordinaires,

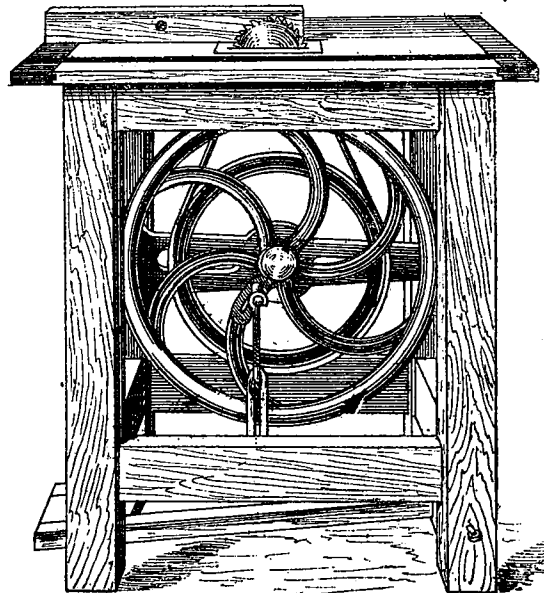


Fig. 45.

l'avantage d'opérer avec continuité et toujours dans le même sens, de sorte qu'il n'y a pas de temps perdu.

Le premier type (*fig. 45*) représente une scie circulaire à bâtis en bois, marchant

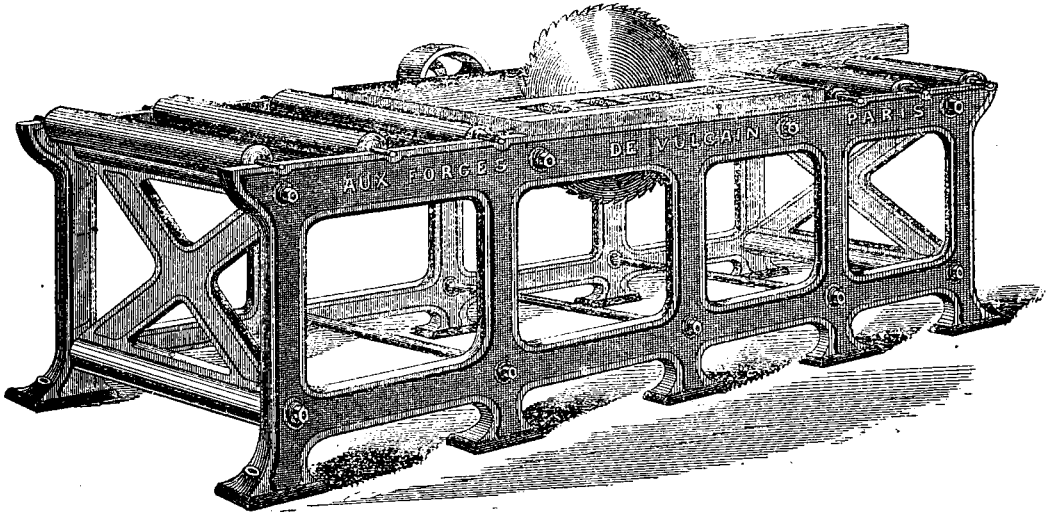


Fig. 787.

à la main par manivelle et engrenage. La lame a 0<sup>m</sup>,35 de diamètre. Cette machine convient pour une petite installation n'ayant pas de force motrice à sa disposition.

rend de véritables services pour le débit des

Le deuxième type (*fig. 46*) représente une forte scie circulaire à bâtis en fonte et arbre fixe. La lame a 0<sup>m</sup>,60 de diamètre. Cette machine sert à débiter les grosses pièces de bois dont le mouvement sur la table est facilité par des rouleaux en bois placés à l'avant et à l'arrière. Elle convient pour les grandes installations disposant de force motrice. Nous donnons (*fig. 47*) un croquis d'une lame de scie circulaire dégagée de la machine.

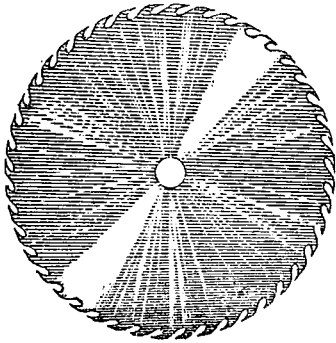


Fig. 47.

**75. Scie à ruban.** — Nous donnons (*fig. 48*) le croquis d'une scie à ruban qui

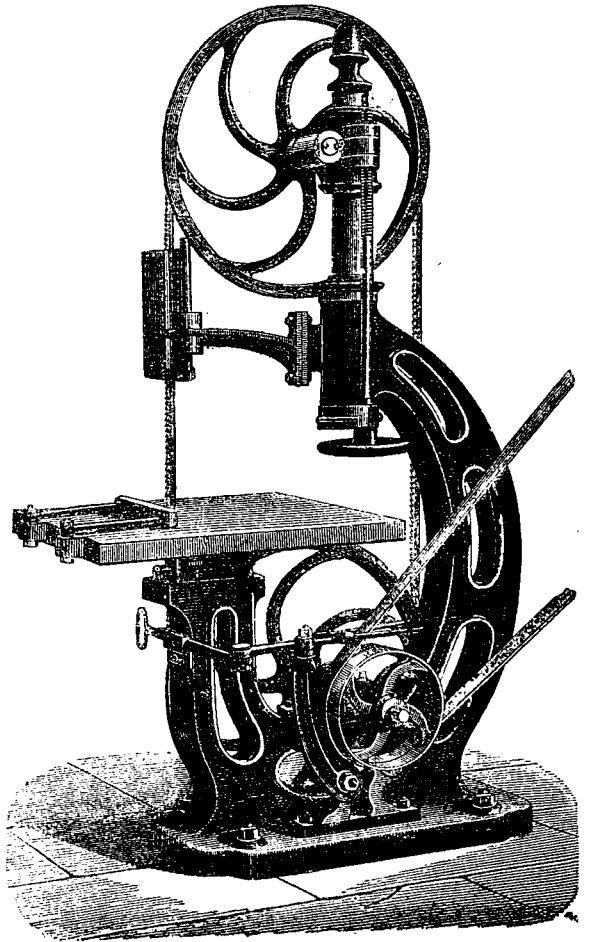


Fig. 48.

bois. Cette scie est formée d'un bâti et d'une table en fonte de deux poulies porte-lame ayant 0<sup>m</sup>,70 de diamètre et également en

fonte, puis d'une série de roues de paliers etc., servant à la transmission de mouvement.

### § V. — OUTILS TRANCHANTS PAR PERCUSSION

**76. Doloire ou épaule de mouton.** — On donne le nom de *doloire*, ou épaule de mouton, à une grande et large *cognée* dont se servent les charpentiers pour équarrir leurs bois. On fait aussi un fréquent usage d'une doloire de petite dimension qu'on manœuvre à une main et qui porte souvent le nom de *hachette*.

**77. Cognée.** La cognée, représentée en croquis (fig. 49), est un outil qui sert aux bûcherons pour abattre les arbres et aux

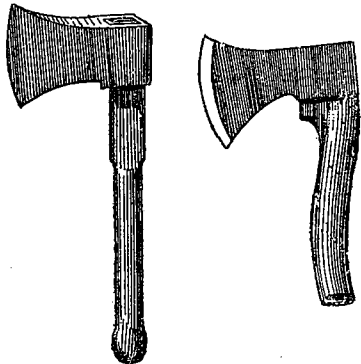


Fig. 49.

Fig. 50.

charpentiers pour équarrir les bois. C'est un outil avec un manche en bois et une lame tranchante en fer aciéré ayant la forme d'une hache. La cognée ne diffère de la hache qu'en ce que son tranchant a plus de tour ou de développement et que son manche a plus de longueur.

**78. Hache de charpentier.** — La hache dont se servent les charpentiers est représentée (fig. 50); elle sert à *hacher* ou à *fendre* le bois. Sa longueur totale, manche compris, est de 0<sup>m</sup>,48 à 0<sup>m</sup>,54.

**79. Herminette ordinaire.** — On désigne, sous ce nom, une hache dont le tranchant est perpendiculaire au manche de l'outil. Le taillant fait donc un angle droit avec le manche et la partie convexe est en dehors. Dans certains cas, le côté opposé au tranchant, au lieu de s'arrêter au manche,

se continue et se termine en forme de marteau. L'herminette, dans ce cas, prend le nom d'*esette*. L'herminette ordinaire, représentée (fig. 51), sert pour délayer les

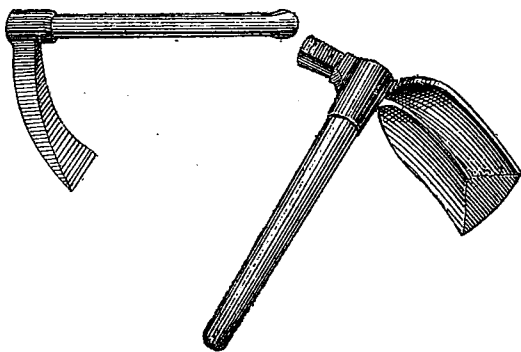


Fig. 51.

Fig. 52.

bois couchés sur leur plat et, le plus souvent, pour débiller les échiffres et les limons des escaliers. L'esette est représentée en croquis (fig. 52).

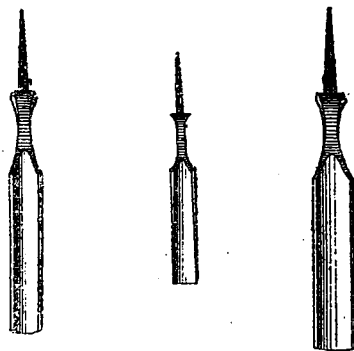


Fig. 53.

Fig. 54.

Fig. 55.

**80. Gouge.** — On donne ce nom à un petit ciseau concave représenté (fig. 53, 54 et 55). Ce petit ciseau porte un biseau servant à faire des cannelures et, notamment, les encastremets qu'arçonneront dans les limons d'escalier pour l'assemblage des marches.

**81. Herminette à gouge.** — L'herminette à gouge est celle dans laquelle une des extrémités est terminée par un tranchant perpendiculaire au manche, comme

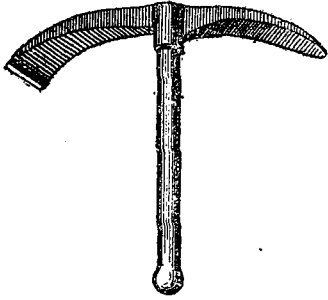


Fig. 56.

dans le cas de l'herminette ordinaire, et dont l'autre partie est formée par une gouge (fig. 56). Cette partie, en forme de gouge, sert à fouiller les parties creuses et courbes.

**82. Ciseau ordinaire.** — Le ciseau ordinaire est représenté (fig. 57). C'est un outil commun aux charpentiers et aux menuisiers. Il est ordinairement composé 1° d'une lame de fer acérée sur la moitié ou les deux tiers de sa longueur. Cette lame est plus ou moins forte suivant la nature de l'ouvrage qu'elle doit exécuter.

Nous donnons (fig. 58) le croquis : d'une lame de ciseau renforcée pour

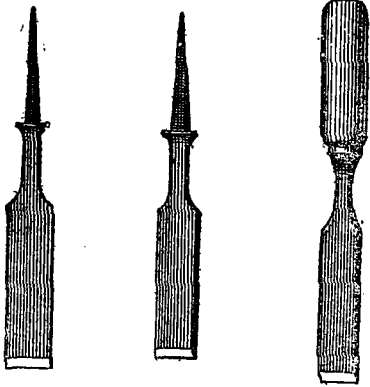


Fig. 57.

Fig. 58.

Fig. 59

charpentiers, 2° d'un manche en bois que l'ouvrier prend dans une main et sur lequel il frappe avec un maillet de bois qu'il tient

de l'autre, ou, simplement, avec la paume de la main, lorsqu'il ne s'agit plus que de parfaire l'ouvrage. Le ciseau monté est représenté (fig. 59). On désigne souvent ce ciseau ordinaire sous le nom de ciseau à planche ou à panne; il sert à dresser les tenons et les mortaises des petits ouvrages et il présente, sur la lame, un tranchant en biseau.

**83. Ciseau à gouge.** — Les ciseaux à gouge présentent un taillant arrondi et leur fer est évidé. Ils sont représentés (fig. 60) et on s'en sert pour effectuer les parties courbes.

**84. Bec-d'âne ou bédane.** — C'est un ciseau étroit et fort épais dont le tranchant est à un seul biseau en forme de coin servant à couper le bois perpendiculairement aux fibres. C'est un véritable burin, mais moins large et plus épais. Cet outil est représenté (fig. 61) et l'outil monté (fig. 62.) Il est plus employé par les menuisiers que

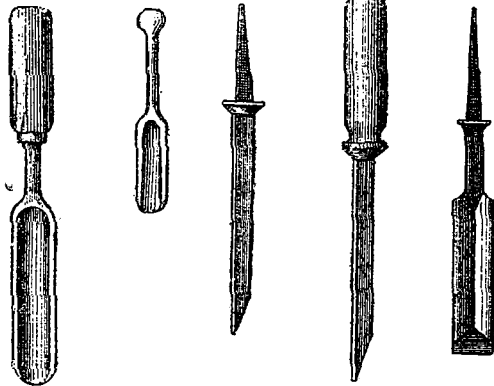


Fig. 60.

Fig. 61.

Fig. 62.

Fig.

par les charpentiers. Il sert à refouiller le fond des mortaises qui ne traversent pas le bois de part en part. Il en existe de toutes les grosseurs. Nous devons signaler celui dont la lame est représentée (fig. 63) et dont on se sert assez souvent.

**85. Ebauchoir.** — C'est encore un ciseau entièrement en fer acéré à son taillant et possédant un ou deux biseaux, mais dont le taillant forme un angle plus ou moins aigu. Lorsqu'il est tout en fer, on l'emploie pour les ouvrages qui nécessitent plus d'efforts que ceux pour lesquels on peut employer les ciseaux à manche

de bois. Il sert à ébaucher les vis et à effectuer quelques embrèvements.

**86. Fermeoir.** — Le fermeoir ressemble au ciseau ordinaire, mais il présente deux biseaux au lieu d'un. Il a 55 millimètres de largeur de panne et sert à ébaucher les tenons ainsi que les mortaises et à enlever de gros éclats de bois. Il sert aussi à faire joindre les planches d'une aire ou d'un plancher et à fendre les cales en bois utilisées dans ce genre de travail.

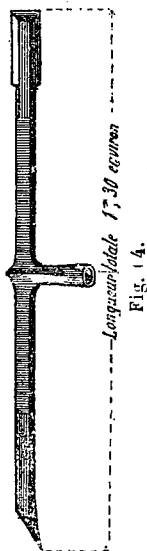


Fig. 14.

**87. Bizaiguë.** — Cet instrument, représenté (fig. 64), est d'un usage continu dans les travaux de charpente. Il sert à dresser et à préparer les bois ébauchés à la cognée. On l'emploie également pour établir les tenons et les

mortaises des grosses pièces de charpente. Cet outil a une longueur totale de 1<sup>m</sup>,30 environ. Il est formé par une barre de fer plate, au milieu de laquelle se trouve une douille également en fer dont les ouvriers se servent pour la manœuvre de l'instrument. A l'une des extrémités de cette barre qu'on nomme *planche* ou *panne*, existe un véritable ciseau ordinaire à un tranchant qui, de plus, est affûté sur les côtés jusqu'à la hauteur de 0<sup>m</sup>,12 à 0<sup>m</sup>,15. L'autre extrémité a la forme d'un bédane ordinaire. Cet instrument tient lieu à la fois de ciseau et de bédane. Son poids et le mouvement qu'on lui donne remplacent la percussion. Il existe aussi des *bizaiguës à gouge* servant à travailler les bois courbes et dont les deux extrémités sont alors cintrées.

**88. Piochon.** — On désigne sous ce nom, une bizaiguë très courte, avec manche en bois, servant, comme la bizaiguë ordinaire, à faire les mortaises.

## § VI. — OUTILS TRANCHANTS SERVANT A CORROYER ET A PLANER LES BOIS

**89.** Les outils étudiés dans ce paragraphe sont tous de véritables rabots disposés de différentes manières. Ils doivent toujours être parfaitement affûtés si l'on veut en tirer tout le parti possible, c'est-à-dire que leur tranchant doit toujours avoir exactement la forme voulue et être parfaitement coupant.

**90. Varlope.** — On donne le nom de *varlope* à un grand *rabot* qui sert à terminer à unir les surfaces. Les varlopes, comme l'indiquent les figures 65 et 66, sont

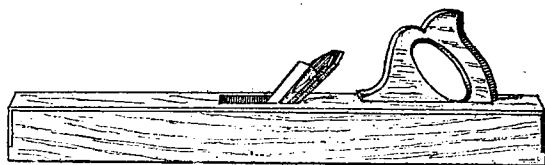


Fig. 65.

munies d'une poignée au moyen de laquelle on les manœuvre. La semelle de cet outil

doit être bien dressée. La figure 65 représente une varlope ordinaire construite en

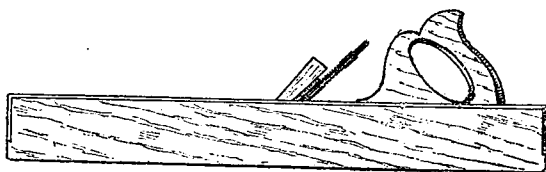


Fig. 66.

charme ou en cormier, avec contre fer mais sans vis. La figure 66 est le modèle d'une varlope avec vis au contre fer.

**91. Galère ou demi-varlope.** — C'est une espèce de rabot servant à dégrossir les bois avant de les passer à la *varlope*, après qu'ils ont été dressés à la hache ou à la bizaiguë. Cet outil, dont nous donnons deux types (fig. 67 et 68), est manœuvré par deux hommes ; il est à double fer comme le rabot. L'un des fers est un peu

arrondi pour qu'il morde davantage dans le bois. On lui donne souvent le nom de *riflard*.

pre, en ce point, la planure à son passage.

Les principaux rabots employés par les charpentiers sont :

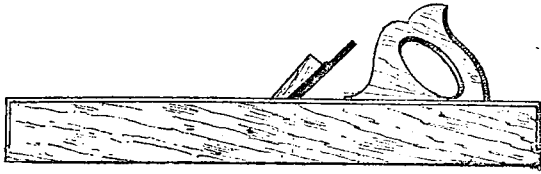


Fig. 67.

**92. Rabot.** — Le rabot, que tout le monde connaît, est composé de deux parties bien distinctes : le *bois* ou *fût* et le *fer*.

Le fût est un parallépipède rectangle en bois, plus ou moins long, parfaitement dressé et à vives arêtes.

Les bois employés pour le fût sont :

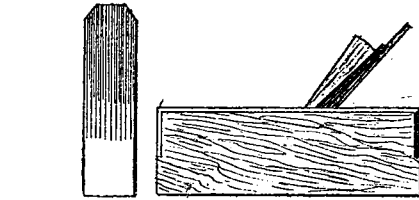


Fig. 69.

- 1° Le rabot simple à double fer (fig. 69);
- 2° Le rabot rond avec contre-fer (fig. 70);

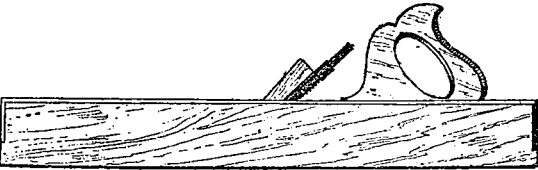


Fig. 68.

le cormier, le sorbier, le poirier, le cerisier et, en général, tous les bois durs, fins et compactes. Vers le milieu de sa longueur, le rabot est percé d'une grande mortaise inclinée dont l'une des joues présente un plan incliné à 45° par rapport à la face inférieure de l'outil. Cette mortaise porte le nom de *lumière* et sert de dégagement aux copeaux enlevés par le fer qui est fixé sur la face inclinée à 45° au moyen d'un coin en bois, souvent évidé.

Le *fer* est un véritable ciseau à un tranchant. Ce tranchant, lorsque le fer est fixé dans le rabot, ne doit dépasser que d'une quantité très faible la surface inférieure et lisse du rabot. Son biseau doit être tourné en dessous. Il existe, dans les rabots, un deuxième fer plat et mince qui se superpose au premier, le biseau par-dessus, mais qui ne doit descendre qu'à un millimètre et demi, près du tranchant de ce premier fer, pour que celui-ci ne morde pas trop de bois et aussi pour rom-

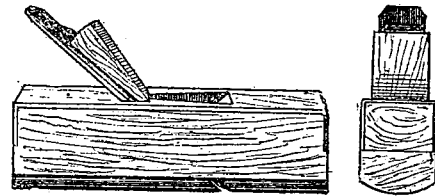


Fig. 70.

- 3° Le rabot cintré avec contre-fer (fig. 71);

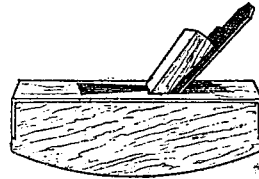


Fig. 71.

- 4° Le rabot à débiller (fig. 72), qui se fait avec ou sans vis;



Fig. 72.

- 5° Le rabot nommé *mouchette* (fig. 73), avec fer simple ou double, qui sert pour moulures.

6° Le rabot (*fig. 74*) qui sert pour faire

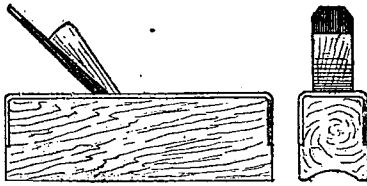


Fig. 73.

les nez de marches d'escalier. Ce dernier est à contre-fer et à poignée.

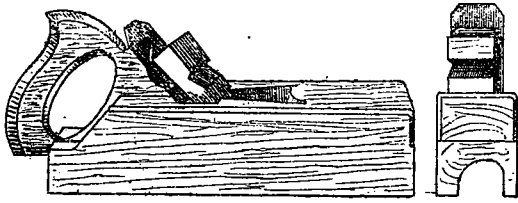


Fig. 74.

**93. Guillaume.** — On donne le nom de *guillaume*, à un rabot très étroit et dont le seul fer bien carré a la même largeur

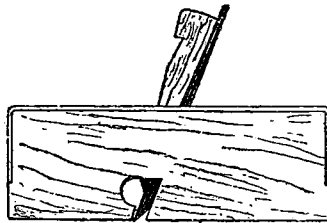


Fig. 75.

que le fût. Les figures 75 et 76 nous donnent deux dispositions de ces outils. Ces derniers servent à atteindre le fond des arêtes creuses formées par des plans qui se rencontrent à angle droit; ils servent

aussi à dresser ou à pousser les filets carrés du dessous des marches profilées.

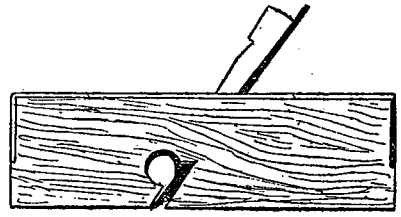


Fig. 76.

**94. Bouvets.** — Les bouvets sont des instruments qui ont une grande analogie avec les guillaumes. Ils servent à faire les rainures, les languettes et les moulures de toute espèce. La différence existe surtout dans le fer qui est, dans le bouvet, taillé de manière à présenter en creux les reliefs qu'on veut former sur le bois et, *vice versa* et, par un épaulement latéral,

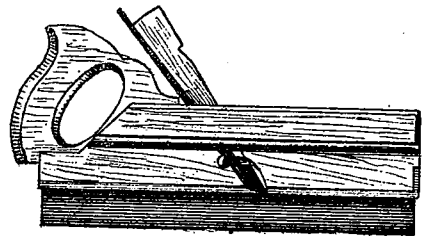


Fig. 77.

qui permet de les diriger avec facilité parallèlement à une arête. Nous donnons (*fig. 77*) le croquis d'un bouvet servant à faire les rainures pour marches et contremarches. Il en existe beaucoup d'autres que nous aurons l'occasion d'étudier dans le chapitre spécial du traité de menuiserie.

## § VII. — OUTILS SERVANT A PERCER ET A CREUSER

**95. Amorçoir.** — On désigne, sous le nom d'amorçoir, une espèce de trépan à vis acérée, qu'on emploie pour amorcer les trous qu'on veut percer dans le bois. Cet outil, représenté (*fig. 78*), sert plus souvent aux charpentiers qu'aux charpentiers.

ces derniers préférant employer l'ébauchoir.

**96. Tarière ordinaire.** — C'est, comme le montre la figure 79, un outil en fer acié, composé d'une sorte de cuiller cylindrique, appelée la *mèche*, dont les bords



arrondi pour qu'il morde davantage dans le bois. On lui donne souvent le nom de *rifflard*.

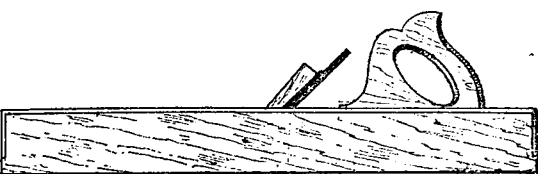


Fig. 67.

**92. Rabot.** — Le rabot, que tout le monde connaît, est composé de deux parties bien distinctes : le *bois* ou *fût* et le *fer*.

Le fût est un parallépipède rectangle en bois, plus ou moins long, parfaitement dressé et à vives arêtes.

Les bois employés pour le fût sont :

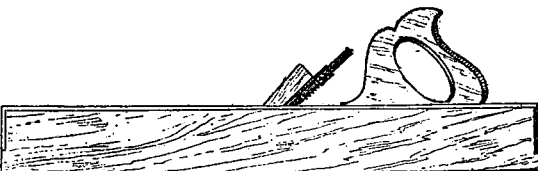


Fig. 68.

le cormier, le sorbier, le poirier, le cerisier et, en général, tous les bois durs, fins et compactes. Vers le milieu de sa longueur, le rabot est percé d'une grande mortaise inclinée dont l'une des joues présente un plan incliné à 45° par rapport à la face inférieure de l'outil. Cette mortaise porte le nom de *lumière* et sert de dégagement aux copeaux enlevés par le fer qui est fixé sur la face inclinée à 45° au moyen d'un coin en bois, souvent évidé.

Le *fer* est un véritable ciseau à un tranchant. Ce tranchant, lorsque le fer est fixé dans le rabot, ne doit dépasser que d'une quantité très faible la surface inférieure et lisse du rabot. Son biseau doit être tourné en dessous. Il existe, dans les rabots, un deuxième fer plat et mince qui se superpose au premier, le biseau par-dessus, mais qui ne doit descendre qu'à un millimètre et demi, près du tranchant de ce premier fer, pour que celui-ci ne morde pas trop de bois et aussi pour rom-

pre, en ce point, la planure à son passage.

Les principaux rabots employés par les charpentiers sont :

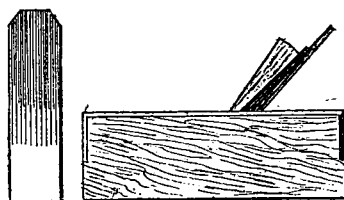


Fig. 69.

- 1° Le rabot simple à double fer (fig. 69);
- 2° Le rabot rond avec contre-fer (fig. 70);

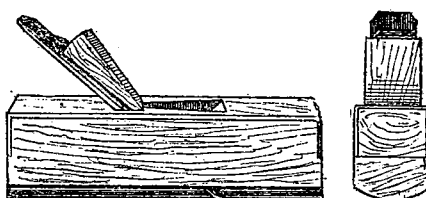


Fig. 70.

- 3° Le rabot cintré avec contre-fer (fig. 71);

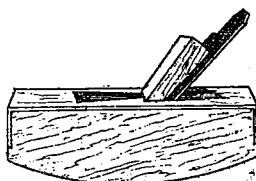


Fig. 71.

- 4° Le rabot à débiller (fig. 72), qui se fait avec ou sans vis;



Fig. 72.

- 5° Le rabot nommé *mouchette* (fig. 73), avec fer simple ou double, qui sert pour moulures.

des ciseaux, parce qu'il a plus de coup qu'un marteau ordinaire.

**105. Marteau ordinaire.** — Ce marteau est un outil bien connu, composé d'une masse rectangulaire d'un côté et aplatie de l'autre. L'extrémité aplatie peut être fendue ou non en son milieu. Le manche est en bois. Il sert aux charpentiers pour enfoncer les clous et les

chevilles de fer. Le côté, refendu en forme de pied de biche, sert souvent pour arracher les clous dans les vieux bois et remplace la *tenaille*.

**106. Masse de fer.** — C'est un marteau de forme cubique ayant ordinairement 0<sup>m</sup>,10 de côté; le manche est en bois. Cette masse sert à frapper sur les assemblages qu'il faut ajuster serrés.

## § VIII. — MACHINES ET APPAREILS

### EMPLOYÉS PAR LES CHARPENTRIERS

**107. Pince en fer.** — On désigne sous le nom de pince, une sorte de levier en fer ayant généralement de 1<sup>m</sup>,60 à 1<sup>m</sup>,95 de longueur sur 54 millimètres de grosseur, servant, comme levier, pour la manœuvre des pièces de charpente. Les pinces employées par les charpentiers sont aplaties à l'une de leurs extrémités,

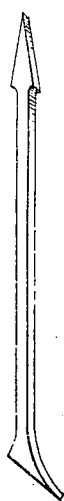


Fig. 89.



Fig. 90



Fig. 91.

ce qui permet à l'outil de se placer facilement sous l'objet qu'on désire soulever. Dans d'autres, comme le montre le croquis (fig. 89), les deux extrémités sont, l'une aplatie et l'autre recourbée. Il existe aussi des pinces dont l'un des bouts (fig. 90) est terminé en pied de biche. La fente sert, dans bien des cas, à arracher les forts clous qu'il serait

impossible d'enlever avec les tenailles ordinaires. Ce pied de biche est quelquefois remplacé par une pièce P (fig. 91) mobile autour d'une cheville en fer qui traverse la pince.

**108. Levier.** — On nomme levier, une barre de bois, de brin ou de fer qu'on emploie pour soulever les fardeaux. C'est la plus simple de toutes les machines qui servent à cet usage. Ordinairement, un des points du levier pose sur un appui, une des extrémités est engagée sous le fardeau et l'autre reçoit l'effort. La distance du point d'appui aux extrémités se nomme *bras de levier*. Plus le bras qui reçoit l'effort est long relativement à l'autre, plus le poids à soulever pourra être fort, l'effort restant le même. Les leviers en fer prennent souvent le nom de *pince*. On appelle aussi leviers, les barres de bois dont les charpentiers se servent pour faire tourner les treuils.

**109. Rouleaux.** — On désigne sous le nom de *rouleaux* ou *roules*, des morceaux de bois cylindriques de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,25 de diamètre et de 0<sup>m</sup>,60 à 1<sup>m</sup>,30 de longueur dont se servent les charpentiers pour transporter des pièces de bois d'une assez grande longueur et d'un fort poids. Avec trois de ces rouleaux, on peut faire par-



Fig. 92

courir à une pièce de bois une distance quelconque. Le croquis (fig. 92) montre

une pièce de bois posée sur deux rouleaux. Lorsqu'on a poussé la pièce avec des leviers de manière que le rouleau B soit à l'extrémité, un ouvrier charpentier en place un autre en B' (fig. 93) et retire

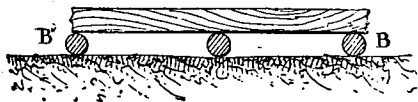


Fig. 93.

celui qui est à l'arrière pour le replacer à l'avant, lorsque la pièce aura parcouru un certain espace. Quand les pièces de bois sont d'un poids excessif, on se sert de rouleaux sans fin qu'on nomme *lours-terriers*. Ce sont de gros rouleaux faits de bois assemblés à entretoises, d'une longueur et d'un diamètre presque double des rouleaux ordinaires. Ils sont garnis de cercles de fer et percés, à 0<sup>m</sup>,32 près de chaque bout, de deux mortaises traversant de part en part les rouleaux. Dans ces mortaises, on place de longs leviers en bois que les ouvriers tirent avec des cordes attachées à leur extrémité. Quand le rouleau a fait un quart de tour, on change le levier pour le mettre dans une autre mortaise.

**110. Chaînes.** — Une chaîne est un assemblage de plusieurs pièces métalliques soudées appelées *chaînon*s ou *anneaux*, engagés les uns dans les autres, de manière que l'assemblage entier soit flexible dans toute sa longueur comme le serait une corde ordinaire. Dans la charpenterie, on se sert de chaînes au lieu de cordes, pour trainer ou pour soulever des fardeaux d'un grand poids.

**111. Cordes et cordages.** — Le mot corde est synonyme de cordage. Cependant, la corde est généralement plus fine que le cordage, ce dernier nom s'appliquant aux cordes d'un fort diamètre.

Les cordages à main (cordes de chanvre de 0<sup>m</sup>,02 de diamètre, sur 4<sup>m</sup>,00 de longueur) servent aux charpentiers dans la manœuvre des chèvres destinées à mettre les matériaux au levage pour abaisser les leviers des tréuils lorsqu'on ne peut atteindre l'extrémité de ces leviers.

**112. Résistance des cordes.** — On

admet généralement que la résistance moyenne et absolue d'une corde est de 3<sup>k</sup>,93 à 4<sup>k</sup>,39, par millimètre carré de section, c'est-à-dire qu'une corde chargée d'autant de fois ces poids qu'il a de millimètres carrés dans sa section doit rompre sous cette charge. Il faut donc, en pratique, ne pas aller jusqu'à cette valeur de rupture. D'une manière permanente, il ne faut faire porter aux cordes que le  $\frac{1}{4}$  ou le  $\frac{1}{6}$  de la charge de rupture si l'on veut ne pas les détériorer et ne pas s'exposer à des accidents.

La rupture est précédée d'un allongement qui est de  $\frac{1}{6}$  de la longueur primitive. Cet allongement est réduit à  $\frac{1}{10}$  si l'effort n'est que moitié de la charge maxima. D'après Coulomb, les cordes portent jusqu'à 50 à 60<sup>k</sup> par fil de caret (fil élémentaire de 8 millimètres de diamètre environ filé directement et tordu avec d'autres fils de caret pour former la corde). En pratique, il ne faut pas dépasser 40<sup>k</sup>. La résistance d'une corde goudronnée n'est que les  $\frac{2}{3}$  ou les  $\frac{3}{4}$  de celle d'une corde blanche d'un même nombre de fils de caret et, d'après Duhamel, la résistance d'une corde blanche mouillée n'est que  $\frac{1}{3}$  de la même corde sèche. Cette dernière résistance s'élève ordinairement à la moitié de celle de la corde sèche.

**113. Calcul du diamètre d'un câble en chanvre.** — Ordinairement, on admet que la résistance à la rupture des câbles en chanvre est de 5<sup>k</sup>,10 par millimètre carré de section et que, dans la plupart des applications, on peut les faire travailler sans danger jusqu'au cinquième de cette charge de rupture.

Si nous désignons par P la charge que doit supporter le câble et par d son diamètre exprimé en millimètres, nous aurons la formule :

$$\frac{\pi d^2}{4} \times 1,02 = P$$

de laquelle nous tirons :

$$d = 1,13 \sqrt{P}$$

La formule 3,45 D<sup>2</sup>, dans laquelle D exprime le diamètre du cordage en millimètres, peut également être employée. Ainsi, une corde dont le diamètre serait de 20 millimètres ne devra pas être char-

gée du poids de 1 380 kilogrammes sous lequel elle romprait. Il faudra, en pratique, prendre le  $\frac{1}{6}$  de ce poids. Donc d'après cette formule, une corde de 20 millimètres de diamètre pourra porter une charge de  $\frac{1380}{6} = 230$  kilogrammes.

**114. Conservation des cordes, cordages, câbles etc.** — Dans les locaux secs, les câbles en chanvre peuvent durer plusieurs années; exposés à l'humidité, ils se détériorent très rapidement. Le bon entretien et la conservation des cordages étant indispensables, si l'on veut éviter les accidents, il a fallu chercher un moyen pratique pour les conserver en bon état.

M. Lavezzari indique, dans la Revue d'architecture, deux préparations employées sur le littoral du nord de la France par les charpentiers de marine pour la conservation des câbles, cordes, etc... La première de ces deux préparations est obtenue : en faisant dissoudre 10 à 12 parties en poids de sulfate de cuivre (vitriol bleu) dans 100 parties d'eau. Cette solution, pour être bonne, doit marquer 4°,5 à l'aréomètre Baumé.

La seconde préparation consiste à faire macérer six bottes de tan dans un mètre cube d'eau pendant au moins quatre jours. On laisse les cordes s'imprégner de l'un quelconque de ces deux liquides, le temps de l'immersion variant avec la grosseur des cordes, puis on les fait sécher par la simple exposition à l'air. M. Lavezzari préfère le sulfate de cuivre parce qu'il empêche la rouille d'attaquer les pièces de fer avec lesquelles un câble ainsi préparé peut se trouver en contact.

**Bascule.** — On désigne sous le nom de bascule, une machine simple qui sert à déplacer les fardeaux et qui se compose d'un poinçon soutenu par des contrefiches appuyées, ainsi que le poinçon, sur un empatement composé de racinaux. Le poinçon est surmonté d'un moufle tournant à pivot sur lui, au travers duquel passe un boulon portant une bascule formée de deux pièces liées ensemble. A l'extrémité de l'une, est suspendu le fardeau; l'autre est tiré au moyen de cordages. La bascule, tournant sur son pivot, porte le fardeau à l'endroit où il doit être placé.

**115. Échelles.** — Les échelles sont des instruments trop connus pour que nous nous y arrêtions longtemps. C'est, en un mot, un appareil servant d'escalier portatif et se composant ordinairement de deux pièces de bois ou montants réunis entre eux par une série de barres transversales appelées échelons distribués à des distances égales. Il y a des échelles simples, doubles, construites en bois, en fer et même en cordes. Ce sont des engins indispensables à tous les travaux de chantiers.

**116. Écoperche.** — C'est une longue perche, appelée aussi échasse, qu'on emploie pour échafauder. On donne aussi ce nom à une pièce de bois portant une poulie à son extrémité et qui s'ajoute au bec d'une grue ou d'un engin servant à soulever les fardeaux pour lui donner de la volée.

**117. Tréteaux.** — On désigne ainsi un chevalet porté sur quatre pieds. Le tréteau dont se servent les scieurs de long se nomme *baudet*.

**118. Engins et équipages.** — On donnait anciennement le nom générique d'*engin* aux machines servant à élever les fardeaux. C'est de ce mot qu'est venu le mot ingénieur, faiseur d'engins. On donne le nom d'*équipage* à l'ensemble de tous les engins, tels que chèvres, chariots, camions, échelles, échasses, planches, cordages, etc. servant à la construction d'un édifice et au transport des matériaux.

**119. Diable.** — Le diable dont se servent les charpentiers est différent de celui du maçon décrit dans la première partie. C'est, comme le montre la figure 94, un

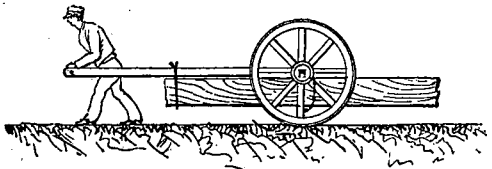


Fig. 94.

essieu monté sur deux roues et muni d'une flèche. A l'extrémité de cette flèche, se trouve une barre en bois perpendiculaire à la flèche. C'est sur cette barre que deux hommes appliquent l'effort nécessaire pour traîner le fardeau. Ce diable, ou petit far-

dier, est employé par les charpentiers pour le transport des bois à une petite distance et lorsque les pièces sont trop lourdes pour être transportées à l'épaule. Pendant le transport des bois à pied d'œuvre, ces derniers sont soutenus par des chaînes qui les attachent en même temps à la flèche et à l'essieu.

**120. Fardier.** — Le fardier est un véhicule servant à transporter les grosses pièces de charpente. Il est formé, comme le montre la figure 43 de la première partie, de deux grandes roues ayant de 2<sup>m</sup>,65 à 3<sup>m</sup>,00 de diamètre, d'un essieu en fer et de deux limons horizontaux réunis par des épars, également horizontaux, assemblés avec les limons au moyen de tenons.

**121. Chargement.** — Pour effectuer le chargement d'un fardier, on range le bois à transporter sur deux chantiers de manière que le tas formé n'excède pas, en largeur, l'intervalle compris entre les deux roues de l'appareil et, en hauteur, celle de l'essieu ; car, comme le montre la figure, les bois se placent au-dessous des essieux et des limons. Le bois ainsi préparé le plus régulièrement possible, on amène le fardier de manière que son essieu corresponde sensiblement au centre de gravité de la charge. On place, sous le tas de bois, une très forte chaîne dont l'extrémité vient passer par deux brancards. On introduit dans la chaîne agrafée un levier dont une extrémité est appuyée contre le dessous du rouleau, tandis que l'autre est tenue par une corde enroulée autour d'un treuil très simple placé entre les deux brancards du fardier. En agissant sur ce treuil, on peut élever le tas de bois et le maintenir ainsi à l'aide de cordes et de chaînes. Le déchargement est très simple, il suffit, en effet, lorsqu'on est arrivé à pied d'œuvre, de faire opérer au treuil quelques tours en sens inverse pour que les pièces de bois retombent sur le sol ou sur un chantier préalablement disposé.

**122. Triqueballe.** — On désigne sous

le nom de *triqueballe*, une sorte de fardier servant au transport des plus grosses pièces de bois de charpente. Ce triqueballe, représenté en croquis (fig. 95), est composé d'un avant-train et d'un arrière-

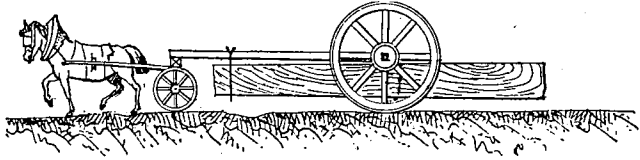


Fig. 95.

train. Celui-ci est formé d'un essieu surmonté d'une sellette en bois. Entre l'essieu et cette sellette et perpendiculairement à leur longueur, se trouve assemblée

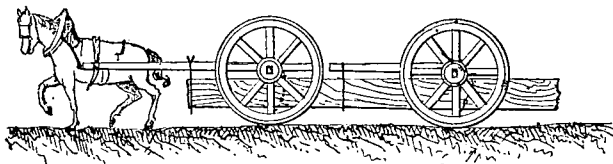


Fig. 96.

une longue flèche en bois consolidée par deux empanons. Comme dans le fardier ordinaire, le diamètre des roues d'arrière est très grand afin d'élever l'essieu le plus possible au-dessus du sol. L'avant-train est aussi composé d'un essieu, de deux roues et de deux limons. L'essieu est également surmonté d'une sellette sur laquelle repose le bout de la flèche. Le bois à transporter est suspendu à peu près par son milieu sous l'essieu de l'arrière-train.

Lorsque les bois à transporter sont très longs, on accouple deux triqueballes comme le montre le croquis (fig. 96). Dans ce cas, on attèle immédiatement les chevaux au triqueballe d'avant.

**123. Cabestan.** — Le cabestan représenté (fig. 97) est un treuil vertical mû au moyen de barres horizontales B, permettant aux hommes qui le manœuvrent d'agir sans déplacer les barres comme cela se fait pour le treuil ordinaire. Il se compose d'un arbre vertical retenu, par ses extrémités ou tourillons, dans deux collets maintenus par un bâti en charpente en bois ou en métal. La tête ou sommet

de l'arbre, qu'on nomme aussi *chapeau*, est épaisse, carrée ou percée de deux trous, ou amelottes, destinés à recevoir les barres qui, mises en place, forment une croix horizontale à quatre branches

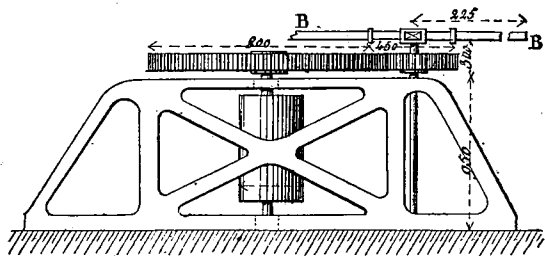


Fig. 97.

égales dont la longueur est proportionnée au fardeau qu'on veut faire mouvoir. Quatre hommes agissent sur ces barres pour faire tourner l'arbre sur son axe et, à l'aide d'une corde qui s'enroule sur le tambour, amènent le fardeau à l'endroit désigné.

**124. Chevalet.** — On nomme *chevalet*, un appareil composé d'une pièce de bois assemblée horizontalement sur quatre et, quelquefois, sur six pieds plus écartés au bas que dans le haut. Des entretoises

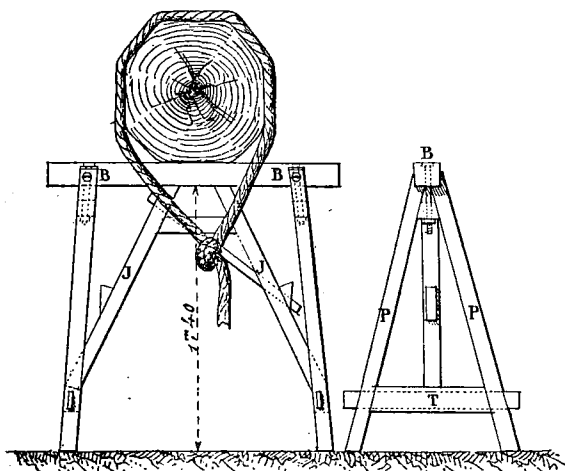


Fig. 98.

bien disposées empêchent l'écartement de ces pieds. On se sert ordinairement des *chevalets* comme moyen d'exhaussement.

**125. Baudet.** — On donne le nom de *bau-*

*dets* aux *chevalets* sur lesquels les scieurs de long posent les pièces de bois pour les débiter en longueur. Le *baudet*, comme le montre le croquis (fig. 98), se compose de deux pieds P supportant une pièce de bois horizontale B, dite *sommier*. L'écartement de ces deux pieds est rendu fixe par une traverse horizontale T et, dans le sens de leur longueur, par deux jambettes J qui s'assemblent chacune par le haut dans la face inférieure du *sommier* et, par le bas, dans la face supérieure de la traverse correspondante. Les pièces de bois à débiter se posent sur deux *haudets*.

**126. Cabre.** — On désigne sous le nom de *cabre*, une sorte de chèvre, repré-

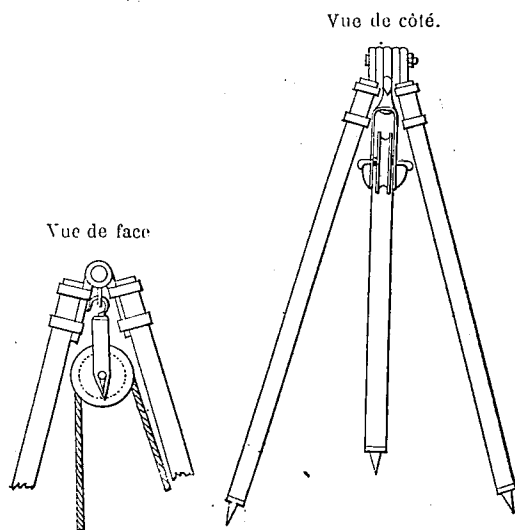


Fig. 99.

sentée (fig. 99), grossièrement construite et composée de trois perches réunies ensemble par une de leurs extrémités et supportant une poulie fixée au point de liaison.

**127. Chèvre.** — On appelle *chèvre* une machine très employée dans les constructions pour élever les matériaux. Elle se compose, comme le montre la (figure 100), d'un treuil dont l'axe tourne entre deux montants qui se réunissent à la partie haute et qui, à leur jonction, portent une poulie. Ces deux montants sont reliés entre eux par des traverses également espacées. La corde, attachée au fardeau

à élever, passe sur cette poulie et vient s'enrouler sur le treuil qu'on manœuvre soit à l'aide de leviers, soit à l'aide de deux manivelles. La chèvre est maintenue dans une position presque verticale

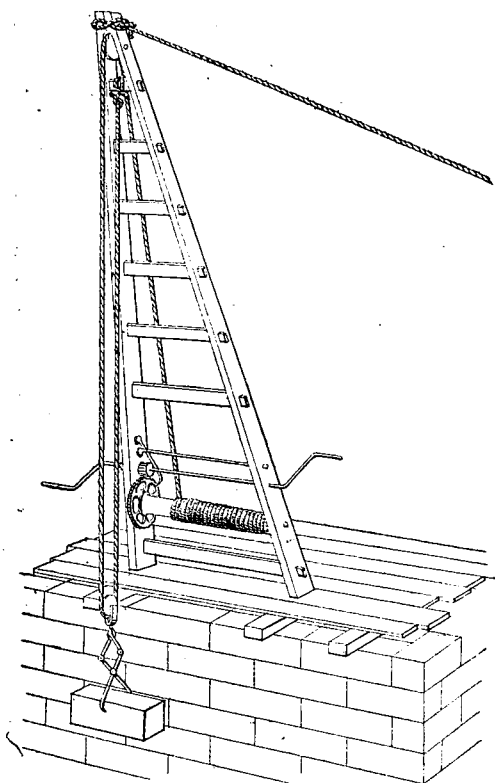


Fig. 100.

à l'aide d'une corde attachée, d'une part, à l'extrémité supérieure et, de l'autre, à un point fixe situé dans le voisinage. La chèvre n'est, en réalité, qu'un mode d'emploi du treuil pour élever des fardeaux suivant une verticale placée en avant de celle qui passe par l'axe du treuil. Il est certain que le hauban qui maintient la chèvre est tendu en raison de l'inclinaison qu'on donne à celle-ci et que la flexion qu'éprouvent les montants suit la même loi, d'où il faut conclure que la chèvre doit toujours être employée à une faible inclinaison sur la verticale.

**128. Grue.** — La grue est un appareil destiné à lever des fardeaux et à les transporter d'un point à un autre en leur

faisant décrire une circonférence. Elle est le plus souvent composée d'une charpente en bois, en fer, ou en fonte, ou encore construite avec ces trois matières. Cette charpente, formée d'un axe vertical et d'une sorte de poutre armée en porte à faux, peut être animée d'un mouvement de rotation, soit sur une crapaudine, soit dans des manchons, soit sur des collets ou tourillons. Telles sont les parties essentielles qui composent la charpente d'une grue, c'est-à-dire d'un appareil pouvant transporter des fardeaux d'un point à un autre d'une circonférence et d'un point bas à un point élevé. La seconde partie constituante d'une grue est le mécanisme qui doit être assimilé au mécanisme des tours ou des treuils ordinaires. C'est, en général, un tambour mobile autour d'un axe horizontal sur lequel s'enroule une corde ou une chaîne portant le fardeau à soulever. Ce tambour est mis en mouvement au moyen d'un système d'engrenages qui, lui-même, le reçoit d'une manivelle ou de deux manivelles à angle droit. On reconnaît, dans cet appareil, toutes les parties constituantes du treuil. Le mécanisme et la charpente sont intimement liés l'un à l'autre et participent

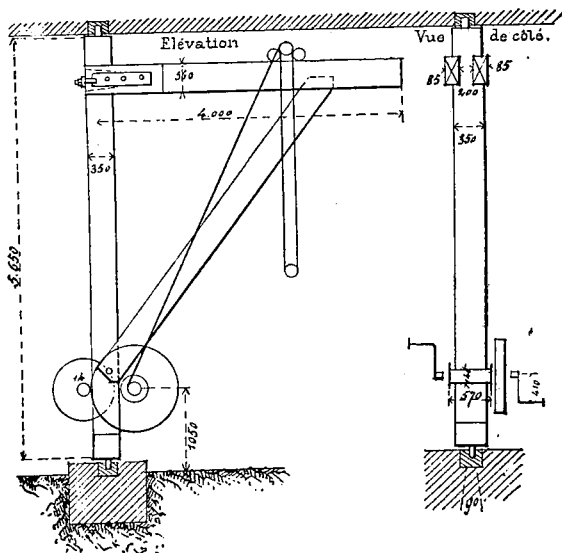


Fig. 101.

du même mouvement de rotation, en sorte qu'il convient de combiner ces deux

parties de la grue de manière que chacune d'elle vienne en aide à l'autre.

Le poids à soulever est soutenu, en porté à faux, à l'extrémité de la partie inclinée de la charpente, qu'on appelle ordinairement *nez de la grue*. Nous donnons (fig. 101) un croquis ne montrant que les axes de ce genre de grue. La plupart des grues sont établies sur des quais pour décharger les navires ou pour enlever les bois qui arrivent par le flottage. On peut les mettre en mouvement par la force des hommes ou par la vapeur.

**129. Gruau.** — Petite grue. C'est un appareil composé comme une grue ordinaire, mais qui a plus d'élévation et moins de saillie.

**130. Haubans.** — On désigne sous le nom de *haubans*, de gros et longs cordages qui s'attachent à une pièce qu'on veut maintenir fixe, à une chèvre, par exemple, ou à toute autre machine destinée à soulever des fardeaux.

**131. Treuils.** — On désigne sous le nom de *treuils* (fig. 102) des machines servant

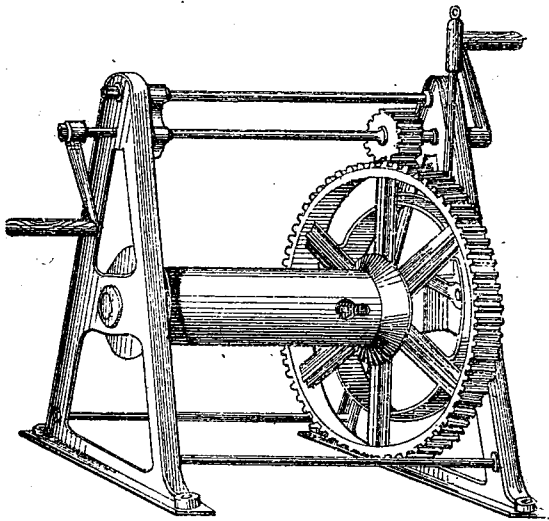


Fig. 102.

à transformer un mouvement continu de rotation autour d'un axe en un mouvement continu de translation perpendiculaire à cet axe. Ce sont les machines simples les plus usitées pour l'élévation des fardeaux, etc... Ils consistent essen-

tiellement en un cylindre autour duquel s'enroule une corde ou une chaîne et dont l'axe reçoit un mouvement de rotation, le plus souvent à l'aide d'une ou de deux manivelles mues à bras. Le treuil, très simple, employé par les charpentiers, est mis en mouvement avec des leviers placés dans des mortaises traversant le tambour de part en part. On lui donne souvent le nom de *moulinet*.

**132. Moulinet.** — On désigne ainsi une espèce de treuil à axe horizontal ou à axe vertical qui s'adapte aux engins destinés à élever ou à tirer les fardeaux, (cabestan, chèvre, etc.) On y adapte quatre bras de levier perpendiculaires les uns aux autres, à chacune des deux extrémités.

**133. Singe.** — C'est un treuil appuyé sur deux supports assemblés en croix de Saint-André et posés sur deux sommiers. Ce treuil, le plus souvent mû par des leviers, sert à enlever les fardeaux, à extraire ou à descendre les bois d'un puits, à descendre les matériaux, etc... Il est représenté (fig. 103).

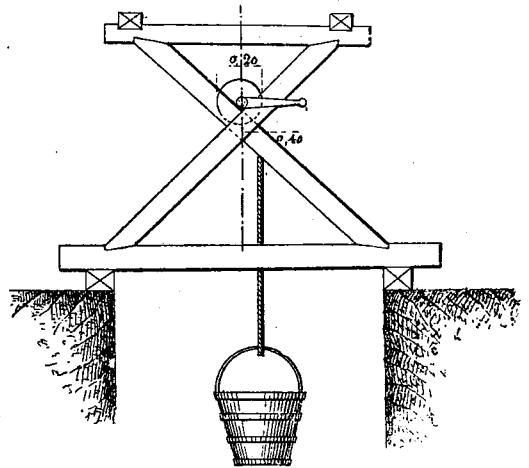


Fig. 103.

**134. Vindas.** — Espèce de treuil vertical qui se manœuvre à l'aide de leviers horizontaux.

**135. Mouton.** — On désigne sous le nom de *mouton*, un bloc de bois, de fer ou de fonte qui sert, dans une sonnette, au battage des pieux. Le mouton en bois est représenté en croquis (fig. 104). La *hie* est



un bloc plus pesant que le mouton proprement dit et qu'on soulève au moyen d'un moulinet.

moyen duquel on enlève le mouton jusqu'à une certaine hauteur. Une détente, ou dé clic, le lâche ensuite pour le laisser

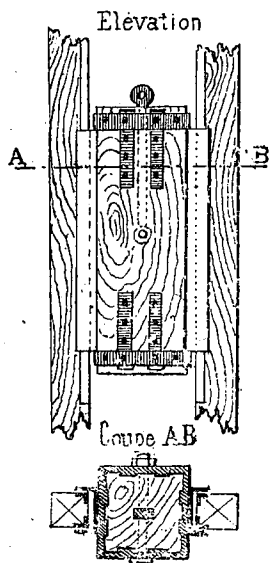
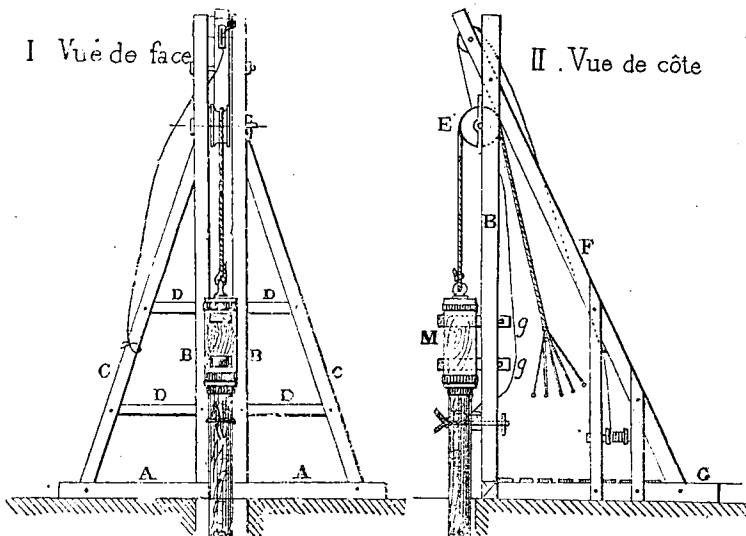


Fig. 104.

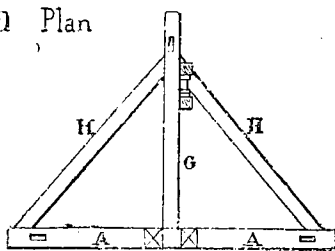
**136. Mouton à bras.** — C'est une machine qui sert à enfoncer les pieux et qu'on désigne le plus souvent sous le nom de sonnette.

**137. Sonnette à tiraude.** — Cette machine, représentée (fig. 105) sert à battre les pieux. Elle est formée au moyen d'une charpente ayant à son sommet une poulie dans laquelle passe un câble servant à mettre en mouvement un mouton fixé à l'une de ses extrémités. A l'autre extrémité du câble sont attachées plusieurs cordes réunies au même point. A chacune de ces cordes, on place un ouvrier nommé sonneur qui est chargé de soulever le mouton à une hauteur moyenne de 30 centimètres et de le laisser retomber ensuite sur la tête des pieux.

**138. Sonnette à dé clic.** — La sonnette à dé clic, représentée (fig. 106), diffère de la précédente par la mise en mouvement du mouton. Cette machine est, en effet, composée d'un treuil à engrenage T au



II Plan



Pieux  
Fig. 105.

tomber librement sur la tête des pieux. Le mouton

de la sonnette à dé clic est plus lourd que celui de la sonnette à tiraude.

**139. Moufle.** — On donne le nom de moufle à l'assemblage de plusieurs poulies dans une même chape (fig. 107). Les poulies sont

égales et tournent sur un même axe, ou bien elles sont inégales et possèdent chacune leur axe particulier. Dans ce dernier cas, qui se présente plus ra-

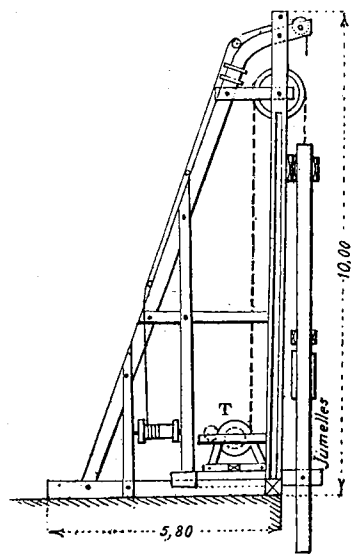


Fig. 106.

rement, l'appareil prend le nom de *mouffette*.

On appelle *palan*, la réunion de deux systèmes de poulies mouflées, égaux et opposés, mis en mouvement par une même corde qui passe alternativement sur une poulie de chaque moufle.

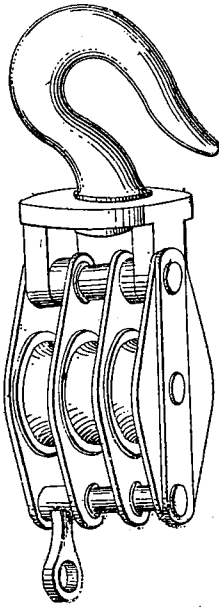


Fig. 107.

à l'aide d'une manivelle et d'un pignon, sort et rentre pour hausser ou pour baisser le fardeau.

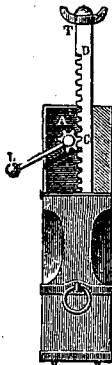


Fig. 108.



Fig. 110.

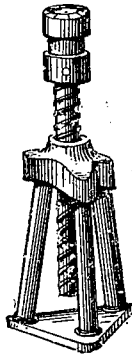


Fig. 110.

**141. Vérin ou verrin.** — On donne ce nom à une machine composée d'une ou de deux vis de grandes dimensions, qui sert à élever de grosses pièces pour les placer dans les voitures; au décintrement des arches de pont; à remettre d'aplomb les jambages des cloisons, des pans de

bois; à remettre les planchers de niveau, etc..... Il en existe trois espèces. Le plus simple, ou vérin à bouteille, représenté (fig. 109), est composé d'un corps C en fonte d'acier servant à loger une vis V manœuvrée comme on le ferait pour un cabestan en introduisant une barre de fer dans les trous O. Le vérin à bouteille, pour être plus léger, prend souvent la forme évidée représentée par la figure 110.

On se sert aussi de vérins à vis et à chariot représentés (fig. 111). La manœuvre

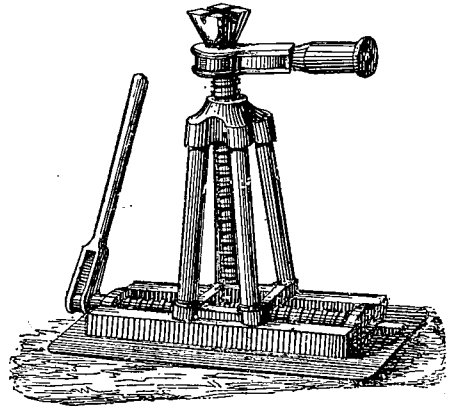


Fig. 111.

des deux vis se fait par des *cliquets*. Ces vérins peuvent avoir deux mouvements comme il est facile de s'en rendre compte

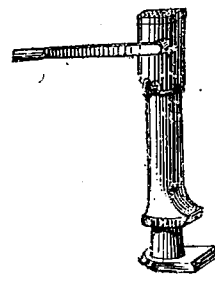


Fig. 112.

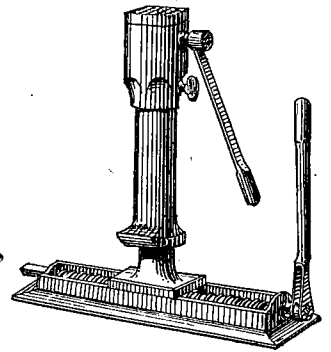


Fig. 113.

en examinant la figure. Enfin, on se sert aussi de vérins hydrauliques, représentés (fig. 112 et 113), et sur lesquels nous reviendrons en étudiant le décintrement des ponts.

## § IX. — MARQUES EMPLOYÉES PAR LES CHARPENTIERIS.

**142.** On donnait autrefois le nom de *marque* à une ancienne mesure employée dans le commerce des bois. La valeur de cette marque était de 3 600 pouces cubes. On donne aussi le nom de *marque* à des signes conventionnels tracés sur le bois, soit pour le tailler, soit pour le poser. Il est indispensable que chaque pièce de bois sortant d'un chantier soit marquée d'un signe conventionnel pour que l'ouvrier charpentier, chargé du montage, puisse s'y reconnaître. Il est certain que si chaque pièce ne portait pas sur elle des signes suffisants pour en bien indiquer la place, l'ouvrier chargé de diriger l'ajustement et la pose éprouverait de grandes difficultés.

Les marques sur le bois dont l'ensemble constitue ce qu'on appelle la *marque des bois*, sont formées d'une série de figures faciles à tracer avec le tranchant d'un ciseau, la rainette ou la bizaiguë pour reconnaître les emplacements qu'elles doivent occuper au moment du levage et celle de leurs parties qui doivent être mises en joint pour former les assemblages.

Le système de marques le plus usité est celui dans lequel on se sert de lettres majuscules et de chiffres romains. On emploie aussi d'autres signes pour marquer, s'il y a lieu, le haut, le bas, la droite, la gauche des pans. Les charpentiers se servent donc : 1° de signes conventionnels ; 2° de chiffres ; 3° de lettres ; 4° d'indications diverses ou marques d'établissement.

## I. — Marque par signes conventionnels.

**143.** Cette marque renferme six signes normaux représentés (fig. 114), auxquels on a donné les noms suivants.

Le n° 1 porte le nom de *franc* ; le n° 2, celui de *contre-marque* ; le n° 3, celui de *crochet* ; le n° 4, celui de *patte d'oie* ; le n° 5, celui de *langue de vipère* ; enfin, le n° 6 se nomme *demi-rond*.

En combinant ces marques, on forme

alors de nouveaux signes qui prennent le nom de ceux dont ils sont composés. Par exemple, en alliant le nombre cinq



Fig. 114.

avec le signe *crochet* et la lettre M, on aura un nouveau signe qu'on désignera par cinq *crochet* à l'M.

Il existe encore d'autres signes conventionnels représentés (fig. 115), qui portent les noms suivants :

Le n° 7 porte le nom de *double contre-marque* ; le n° 8, celui de *double crochet* ;

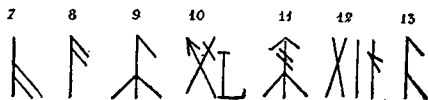


Fig. 115.

le n° 9, celui de *crochet patte d'oie contre-marque*.

*Nota.* — Pour distinguer les bois placés aux différents étages d'un bâtiment, les ouvriers charpentiers ajoutent à leurs marques un trait oblique qu'on nomme *montée*.

Le nombre de ces traits, ajoutés aux marques, indique l'étage où la pièce de bois doit être placée. Exemple : Le n° 10 (fig. 115) indique *dix monté à l'L*. Le n° 11 (fig. 115) indique *langue de vipère patte d'oie-deux monté*. Le n° 12 indique *douze-monté*. Le n° 13 indique *crochet-contre-marque*.

## II. — Marque par chiffres.

**144.** La marque des nombres se compose de sept chiffres normaux, représentés (fig. 116), qui correspondent aux valeurs 1, 5, 9, 10, 15, 19 et 20. Les sept chiffres normaux se combinent entre eux pour former d'autres nombres ou chiffres composés et qui sont représentés (fig. 117). Exemple : De 1 à 5, on répète le chiffre

1 autant de fois que cela est nécessaire. Ainsi, le nombre 2 se compose de deux

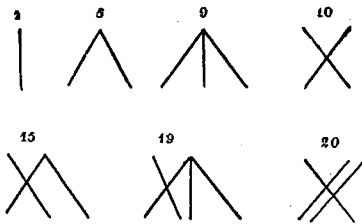


Fig. 116.

chiffres 1. Le chiffre 3 se compose de trois 1 et le chiffre 4 de quatre 1.

De 5 à 9, on met les chiffres 1 dans le chiffre 5, comme le montrent les chiffres 6, 7, 8 (fig. 117).

De 10 à 15, on met les 1 à la droite du 10 comme on le voit (fig. 117) pour le nombre 11.

De 15 à 19, on met les 1 dans le chiffre 15, comme on le voit dans la même figure pour le nombre 16.

Après le nombre 20, on recommence les mêmes combinaisons de signes, comme de 10 à 19, en ajoutant un jambage au nombre 20 pour chaque dizaine d'augmentation. La figure 117 donne un exemple pour les trois nombres 27, 39 et 45.

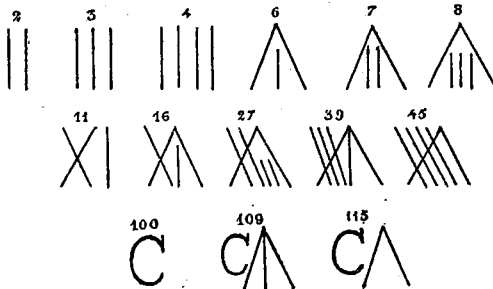


Fig. 117.

Le nombre 100 s'exprime par un C ou demi-rond ayant l'ouverture à droite et pour les nombres qui passent 100, on met le surplus à la droite du C comme on le voit (fig. 117) pour les nombres 109 et 115.

### III. — Marque par lettres.

145. La marque par lettres comprend celles de l'alphabet majeur (I, II, III, etc.)

qui ne sont composées que de jambages. On les emploie conjointement avec les nombres, en évitant de faire usage des lettres I, V et X qui sont semblables aux nombres 1, 5 et 10 déjà employées pour les chiffres et qui pourraient être des causes d'erreurs.

### VI. — Indications diverses ou marques d'établissement.

146. Les charpentiers désignent les coupes et les assemblages à faire par des signes qu'on appelle spécialement *marques d'établissement* et que nous allons indiquer. Parmi ces principales marques, on distingue :

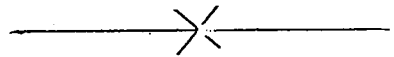


Fig. 118.

1° Le *trait à couper* représenté (fig. 118), qui sert à marquer, sur l'épure, l'extrémité du bois qu'on doit y placer. Quand ce signe est fait sur le bois, il indique à l'ouvrier chargé de la taille que la pièce doit être entièrement coupée à cette marque.

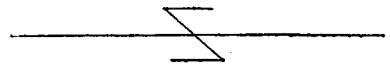


Fig. 119.

2° Le *trait à ramener* ou *trait ramèneré*, représenté (fig. 119), est une ligne de repère tracée en travers d'une pièce qui doit être ramenée plusieurs fois sur lignes ou retournée en établissement. Le trait ramèneré sert aussi à indiquer la place présumée d'un tenon dont les arasements ne doivent être faits qu'au levage.



Fig. 120.

3° La *plumée de devers* (fig. 120). On dit marquer ou piquer une pièce de bois suivant son *devers*, c'est-à-dire suivant son gauchissement, pour mettre en dedans le côté déversé.

4° La bouge (fig. 121) qui indique l'endroit où un trait de scie long doit



Fig. 121.

changer de direction et former une ligne brisée.

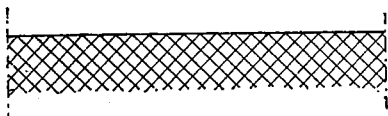


Fig. 122.

5° Le carreau ou niveau d'étage (fig. 122). Trait ramèneré placé à la hauteur d'un sol d'étage.



Fig. 123.

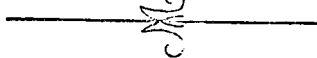


Fig. 124.

6° La naissance ou raccord des cintres (fig. 123).

7° La ligne de milieu (fig. 124).

8° Le remur, représenté (fig. 125), indique

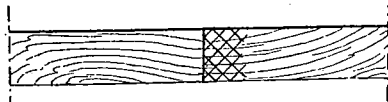


Fig. 125.

une portée en plein mur ou pans de bois.

9° La portée (fig. 126) qui indique une



Fig. 126.

portée dans un pan de bois ou sur une poutre.

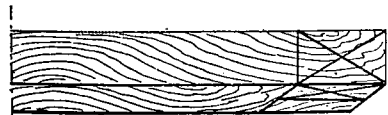


Fig. 127.

10° L'épaulement (fig. 127).

11° Le vide d'entaille (fig. 128).

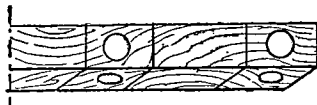


Fig. 128.

12° Le tenon (fig. 129).

13° La mortaise carrée (fig. 130).

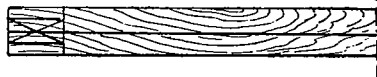


Fig. 129.

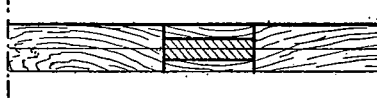


Fig. 130.

14° La mortaise à gorge (fig. 131).

15° La mortaise à tournelle, mortaise tournisse ou à double gorge (fig. 132).

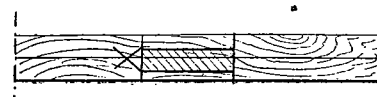


Fig. 131.

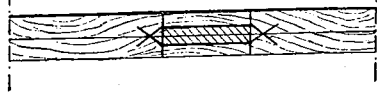


Fig. 132.

16° La mortaise peu profonde (fig. 133).

17° La ligne ou face dessus (fig. 134).

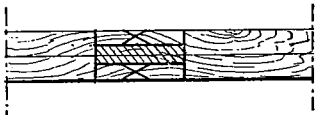


Fig. 133.

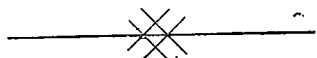


Fig. 134.



Fig. 135.

10° La ligne ou face dessous (fig. 138).

## V. Manière de tracer les pièces de charpente.

**147.** Pour tracer en grand un ouvrage de charpente quelconque, l'ouvrier doit, préalablement, préparer un sol uni (formé d'un terrain bien battu et passé au rouleau, d'un sol bitumé ou d'un plancher en planches ajustées). Sur ce sol, il marque les principales lignes du plan et de l'élévation de l'ouvrage à exécuter (ce tracé des lignes principales d'un ouvrage à exécuter est désigné par les charpentiers, sous le nom d'*étélon*).

Les lignes du plan servent pour les enrayures, les planchers, etc., dont les pièces doivent être posées horizontalement. Le tracé de l'élévation sert pour les pièces qui doivent être d'aplomb, pans de bois, etc.. Pour les parties qui doivent être placées obliquement, comme dans les combles, on suppose leurs faces couchées sur le terrain; c'est ce que les charpentiers appellent *rallongement*. On fait de même pour les parties circulaires lorsqu'elles sont développables ou lorsque leur coupe peut s'appliquer sur un plan.

Le tracé sur le sol étant fait, on place sur les traits les pièces de bois telles qu'elles doivent être, c'est-à dire de ni-

veau ou en devers, obliquement ou d'équerre, afin qu'il soit possible de marquer les lignes dont on a besoin.

Par exemple, pour mettre *au trait* deux pièces de bois qui doivent être assemblées, on place la principale au-dessus de l'étélon de façon qu'elle ne s'oppose pas à la vue des lignes devant déterminer la position qu'on veut lui donner. Cela fait, on relève avec un plomb, de dessus l'étélon, autant de points qu'il en faut pour dessiner sa forme : c'est ce qu'on appelle la *piquer*.

Au-dessus de cette pièce, on établit ensuite celle qui doit s'assembler avec elle, en la faisant avancer de la quantité nécessaire pour son assemblage. Après cela, avec un cordeau fin et un plomb, on détermine, sur l'une et sur l'autre pièce, les points précis où elles doivent se rencontrer, ainsi que l'obliquité des joints qu'elles doivent former pour qu'on puisse tracer les assemblages.

On place ainsi successivement toutes les pièces qui doivent former l'assemblage pour les tracer et pour leur donner la forme convenable. Nous reviendrons plus en détails sur ce tracé qui est, en charpenterie, une opération des plus importantes pour la réussite d'un ouvrage.

# CHAPITRE II

## DÉS ASSEMBLAGES

### § I. — TRACÉ ET EXÉCUTION DES DIFFÉRENTS ASSEMBLAGES EMPLOYÉS EN CHARPENTE

#### I. Définitions et notions générales.

**148.** En construction, on donne ordinairement le nom d'*assemblages* aux divers moyens employés pour relier des pièces de bois entre elles.

**149.** Un *assemblage* est la réunion de deux ou d'un plus grand nombre de pièces de bois jointes ensemble et fixées entre elles de manière à former un tout solide et, autant que possible, indéformable.

La plupart des pièces employées dans les charpentes sont équarries et présentent la forme d'un parallépipède rectangle. Cette forme est celle qui se prête le mieux à la combinaison régulière des pièces et à la précision des assemblages.

Pour que deux pièces de bois qui se rencontrent s'arc-boutent mutuellement, sans qu'aucune des deux soit sollicitée par l'autre à tourner sur son *axe*, il faut que les axes de ces deux pièces passent par un point commun. D'après cela, les axes de deux pièces de bois assemblées l'une à l'autre doivent être dans un même plan.

**150.** L'axe d'une pièce de bois est une ligne droite parallèle à ses arêtes, qui passe par son centre de gravité ou par les centres des rectangles de l'équarrissage.

**151.** On appelle *joint*, la jonction *ab* (fig. 136) des deux parties par lesquelles deux pièces de bois A et B, qui se rencontrent, s'appliquent exactement l'une à l'autre. L'extrémité ou bout *ab* d'une pièce de bois C, convenablement coupée pour s'ajuster par contact à la pièce B et

former le joint, s'appelle *about*. L'emplacement *a'b'* de cet about sur la pièce B, à

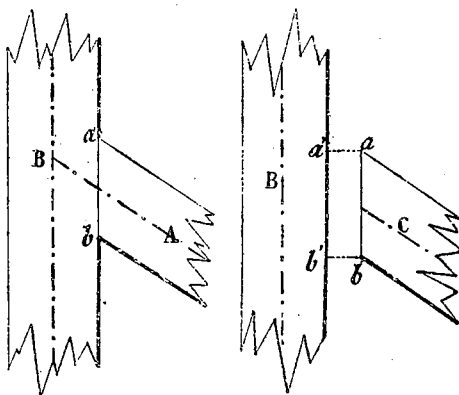


Fig. 136.

laquelle il s'applique, s'appelle *occupation de l'about* ou *portée de l'about*.

Pour qu'un joint ait la forme la plus simple et, en même temps, la plus facile à exécuter, il faut que la *portée* comme l'*about* soient plans, de même étendue et symétriques par rapport au plan des axes.

**152.** Lorsque des pièces de bois carrées forment un assemblage, on nomme souvent *faces de parement* celles qui sont parallèles au plan des axes et *faces normales*, *faces d'épaisseur* ou *faces d'assemblage*, les deux autres faces.

La figure 136 ne représente pas un assemblage, mais simplement la jonction de deux pièces de bois par le simple contact d'un about contre sa portée et on dit que

ces pièces de bois sont à *plat joint*. La même figure montre la pièce A appliquée sur la pièce B à plat joint *ab*. Cette même pièce est montrée en C écartée de la pièce B; *ab* est à son about, *a'b'* est sa portée sur la pièce B. Cette

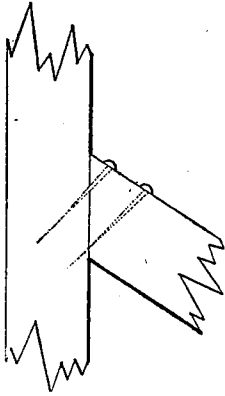


Fig. 137.

réunion ou cette jonction n'oppose aucun obstacle au glissement d'une pièce sur l'autre à moins qu'on n'y applique, comme le montre la figure 137 des clous ou des broches en fer.

L'inspection de cette figure nous montre que la jonction des deux pièces A et B serait infiniment mieux faite à l'aide d'entailles

saillantes et creuses au moyen desquelles on rend un joint invariable et qui constituent, à proprement parler, un *assemblage*. Les diverses coupes d'un assemblage doivent être cachées ou au moins comprises dans l'étendue du joint et ne doivent point sortir au-delà des plans ou faces de parement des deux pièces.

## II. Assemblage de deux pièces de bois perpendiculaires l'une sur l'autre.

**153. I. Assemblage droit à tenon et mortaise carrés.** — L'assemblage droit à tenon et mortaise carrés est un assemblage simple représenté (fig. 138), dont on se sert pour unir les pièces de bois qui se rencontrent à angle droit. Les faces de parement de l'assemblage sont indiquées par la lettre P et les faces d'épaisseur par la lettre E. Dans cet assemblage, la pièce B est soumise à un effort de compression.

**154. II. Assemblage droit à tenon et mortaise rectangulaires.** — La figure 139 représente, au moyen de trois projections, l'assemblage à tenon et mortaise le plus simple, de deux pièces de bois A et B qui se rencontrent à angle droit. Dans la projection principale, B est la pièce qui

porte le tenon, A celle dans laquelle la mortaise est creusée. Comme le montre la figure, cet assemblage est composé d'un tenon de forme rectangulaire, taillé carrément, et d'une mortaise, dont la forme,

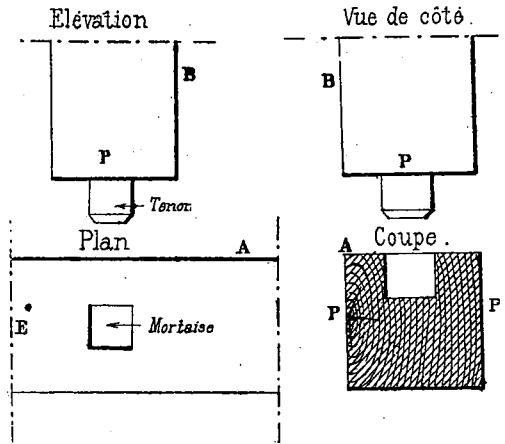


Fig. 138.

en creux, est exactement celle du tenon qui doit la remplir sans laisser aucun jeu.

La petite légende suivante fera très bien comprendre les différentes parties de cet assemblage :

En (1, 2, 3, 4). — Joutes du tenon.

En (1, 2, 3', 4'). — Joutes de la mortaise.

En (5, 6, 7, 8). — Face d'épaisseur du tenon.

En (3, 4, 7, 8). — Bout du tenon.

En (1, 2, 5, 6). — Racine ou base.

En (9, 10, 11, 12). — Occupation ou portée.

En (1, 2, 13, 5, 6, 14). — Abouts de la pièce B.

On appelle *jouées* ou *joues*, les parties qui sont de chaque côté d'une mortaise, et qui doivent avoir, comme la mortaise, le tiers de l'épaisseur de la pièce de bois.

Quand le tenon est enfoncé dans la mortaise, les *épaulements* (13, 5) (6, 14) du tenon doivent toucher les joues de la mortaise; alors on arrête l'assemblage par une ou deux chevilles de bois ou de fer dont nous allons parler.

*Observation.* — Le plus souvent les praticiens placent l'assemblage dans le milieu de la pièce. Ce procédé convient mieux



aux poteaux, décharges et tournisses, qu'aux bois des planchers.

Si, en traçant les assemblages des solives, chevêtres, etc., on divisait la hauteur en sept parties égales, trois seraient réservées à la joue inférieure de la mortaise, et les quatre autres seraient réparties entre le tenon et la joue supérieure; car, comme nous le verrons plus loin, la portion sous le tenon soutient tout le fardeau. C'est probablement cette considération qui a amené les constructeurs à ajouter à leurs assemblages des étriers en fer.

**155. III. Du tenon.** — Le tenon (5,6,7,8) (fig. 139) est formé en saillie à l'extrémité de la pièce B, dans la direction des fibres de cette pièce et parallèlement à son axe, par deux entailles (13, 5, 7) et

L'épaisseur du tenon doit être égale au tiers de celle de la pièce de bois dans laquelle il est pris, afin qu'il ait une force suffisante et que la pièce où l'on doit creuser la mortaise, dans laquelle le tenon doit entrer, ne soit cependant pas trop affaiblie par une perte de bois trop considérable.

La longueur du tenon, qui se compte toujours dans le sens de la profondeur de la mortaise, devrait être exactement égale à cette profondeur afin que le bout portât au fond de la mortaise en même temps et avec la même pression que les abouts de la pièce B sur les jouées de la mortaise de la pièce A; mais en raison de l'impossibilité de parvenir à une aussi grande perfection et attendu que les abouts de la pièce présentent une surface beaucoup plus grande que celle du bout du tenon, on tient presque toujours le tenon un peu plus court que la profondeur de la mortaise. Afin de faciliter son entrée dans la mortaise, on abat les angles aux points 7,8 comme le montre la figure 139.

**156. IV. De la mortaise.** — Dans l'assemblage représenté (fig. 139), la mortaise est creusée dans la face normale de la pièce A qui reçoit l'assemblage de la pièce B. La profondeur de cette mortaise, qui doit représenter en creux la même forme et les mêmes dimensions que le tenon, est ordinairement des deux tiers de l'épaisseur de la pièce dans laquelle elle doit être creusée. Elle doit, dans tous les cas, ne pas dépasser les trois quarts de cette épaisseur, surtout lorsque la pièce qui porte le tenon est supposée placée debout, comme dans le cas qui nous occupe. La pièce B est, dans ce cas, soumise à un effort de compression.

Les parois intérieures de la mortaise contre lesquelles s'appliquent les joues du tenon sont aussi nommées *joues* ou *jouées* de la mortaise.

**157. V. Des chevilles.** — Lorsque l'assemblage dont nous venons de parler est taillé, ajusté et mis en joint, on le traverse par une ou deux chevilles. Les chevilles ne doivent servir que pour maintenir les pièces en joint sur le chantier et au levage. On ne doit jamais compter sur

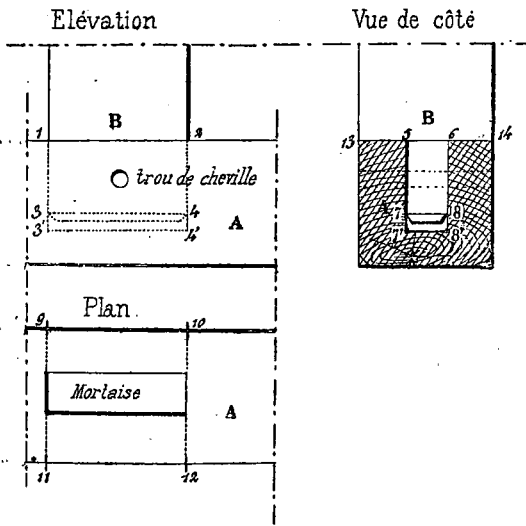


Fig 139.

(14, 6, 8) qui ont enlevé un parallépipède de chaque côté. Les plans entaillants, dirigés suivant le fil du bois sur les lignes 5,7 et 6,8, sont toujours parallèles aux faces du parement de la pièce assemblée; ils forment les joues du tenon. Les deux autres plans entaillants, suivant les lignes 5,13, 6,14, sont ordinairement perpendiculaires aux joues. Ils sont nécessairement dans un même plan et forment les abouts de la pièce B parallèles à la face normale de la pièce A contre laquelle ils doivent s'appliquer.

elles comme moyen d'attache. On leur donne ordinairement un diamètre égal à environ  $\frac{1}{4}$  de la profondeur de la mortaise. Les chevilles doivent être placées de manière à traverser les joues de la mortaise et le tenon en passant, lorsqu'il n'y en a qu'une, au milieu de la longueur de ce dernier. Lorsqu'on veut mettre deux chevilles, il faut diviser la longueur du

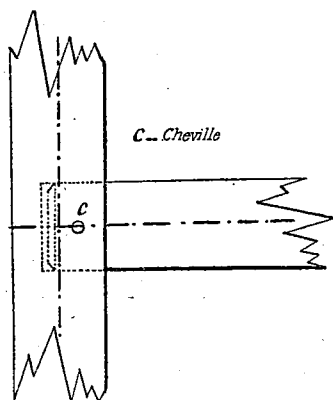


Fig. 140.

tenon en trois parties égales pour qu'il reste des joues suffisantes autour des trous et pour conserver au tenon la plus grande force possible. Les trous dans lesquels on place les chevilles sont percés avec une tarière. Les chevilles se font toujours en bois dur et de fil, fendu à la hache; elles sont ensuite arrondies avec le ciseau ou le rabot. Lorsque les chevilles sont posées et que l'ouvrage est entièrement monté, on coupe ces chevilles à fleur des parements des pièces à l'aide d'une scie spéciale dont nous avons donné le croquis. La figure 140 représente un assemblage, à tenon et mortaise, avec l'indication de la cheville à la place qu'elle doit occuper dans l'assemblage.

**158. VI. Tracé de l'assemblage droit à tenon et mortaise rectangulaires.** — La première opération consiste à tracer, sur les deux pièces qui doivent se joindre, les lignes qui déterminent la figure exacte du tenon et de la mortaise afin de n'enlever que le bois inutile et d'obtenir un tenon et une mortaise d'égales dimensions et parfaitement conformes l'un à l'autre, l'un en creux, l'autre en relief.

**I. Tracé du tenon.** — Soit (fig. 141) une pièce de bois B à l'extrémité de laquelle on ait à tracer un tenon. A une distance du

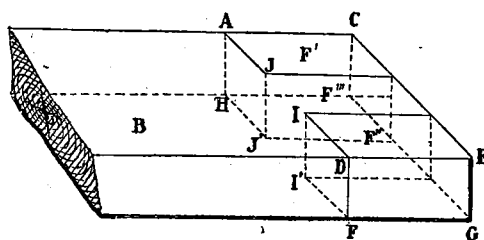


Fig. 141.

bout de la pièce égale à la longueur du tenon, on trace des lignes AD, DF, FH et HA, carrément et de chaque côté de la pièce. On divise ensuite deux des faces opposées en trois parties égales F', F'', F''', prises sur la largeur de la pièce, celle du milieu F'' devant être réservée pour le tenon. Après cela, en se servant d'une scie et suivant le trait DF, on coupe le bois jusqu'en II'. On opère de même sur la face AC en coupant jusqu'en JJ'

En se servant de l'ébauchoir, on enlève les morceaux F' F'', puis on équarrit le tenon avec la bizaiguë pour l'achever.

La figure 142 représente le tenon complètement dégagé des parties enlevées.

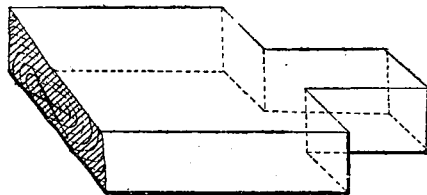


Fig. 142.

**II. Tracé de la mortaise.** — La mortaise est creusée dans la face normale de la pièce A qui reçoit l'assemblage de la pièce B. Comme nous l'avons déjà dit, elle est exactement en creux, de la même forme et de mêmes dimensions que le tenon qui doit s'y loger et la remplir. Si nous supposons le tenon exécuté, pour faire la mortaise, il faut commencer par mettre en chantier la pièce de bois dans laquelle on veut creuser cette mortaise et, si le tenon

doit être au milieu de la pièce, on trace une ligne XY (fig. 143) à égale distance des deux arêtes EF, GH, puis on prend la moitié de l'épaisseur du tenon qu'on porte de chaque côté de la ligne XY pour

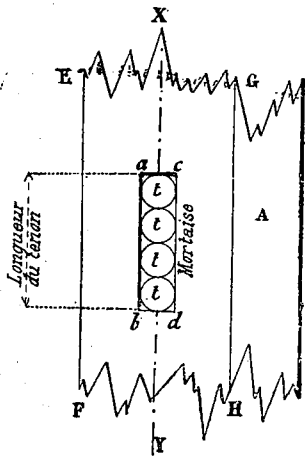


Fig. 143.

obtenir les deux lignes parallèles *ab*, *cd*. On prend ensuite la largeur du tenon et on peut ainsi terminer le rectangle *abcd*, ce qui donne exactement la mesure du tenon. Si la mortaise, au lieu de se trouver au milieu de la pièce de bois, se trouvait sur le côté, on opérerait alors de même en déplaçant la ligne XY de la quantité nécessaire.

La mortaise ainsi tracée sur la pièce de bois A, il faut la creuser. Pour cela, on perce, comme l'indique la figure 143, une série de trous *t* très près les uns des autres, d'abord verticalement puis obliquement, de part et d'autre et dans tous les sens, en leur donnant une profondeur un peu plus grande que la longueur du tenon. Pour percer ces trous, on emploie une tarière ou laceret dont la grosseur ne doit pas excéder l'épaisseur de la mortaise. On termine l'équarissement du trou intérieur de la mortaise en se servant de la bizaiguë. Les deux longs côtés de la mortaise qui répondent à la largeur du tenon doivent toujours être dirigés parallèlement au fil du bois.

**159. VII. Assemblage à tenon et mortaise doubles.** — Cet assemblage, aussi

connu sous le nom d'assemblage à double tenon, est représenté en croquis (fig. 144).

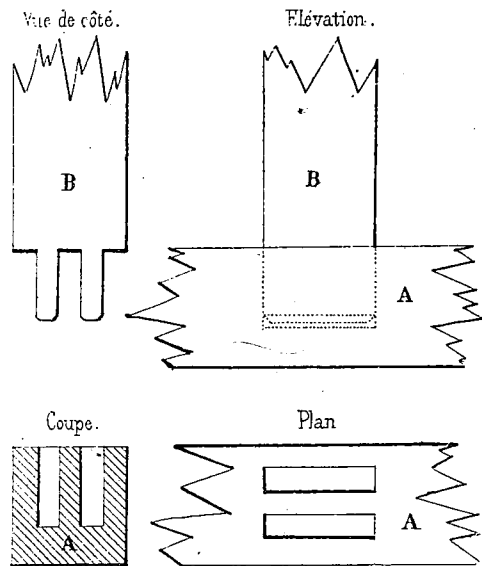


Fig. 144.

Il a pour but, lorsque la dimension de la pièce de bois dans laquelle la mortaise doit être pratiquée le permet, de rendre les assemblages plus forts. Au lieu d'un seul tenon et d'une seule mortaise on en fait deux et on obtient l'assemblage à double tenon assemblé, destiné aux pièces de charpente de fort équarrissage ayant à soutenir un grand fardeau, telles que chevêtres, linçoirs, etc. Il a en outre l'avantage d'empêcher le dévers des pièces de bois.

On peut faire aussi des assemblages à tenons et mortaises triples et même plus nombreux, mais on y renonce en général, parce que la multiplicité des tenons et des mortaises affaiblit l'assemblage. Les épaisseurs des tenons, les largeurs des mortaises et de leurs jouées étant égales il serait facile de les obtenir en divisant l'occupation de la pièce assemblée en autant de parties qu'il y a de mortaises et de jouées, compris celles qui séparent les mortaises. Toutes les projections demeurent les mêmes que dans l'assemblage à tenon et mortaise simple.

Dans cet assemblage les pièces A et B

sont encore supposées perpendiculaires l'une sur l'autre, la pièce B étant soumise à un effort de compression.

1. *Tracé du tenon double.* Pour exécuter un tenon double, il faut diviser la largeur de la pièce de bois en cinq parties égales au lieu de trois et donner une de ces cinq parties à chacun des tenons. On enlève alors, avec la scie et l'ébauchoir, les deux parties semblables à celles du tenon sim-

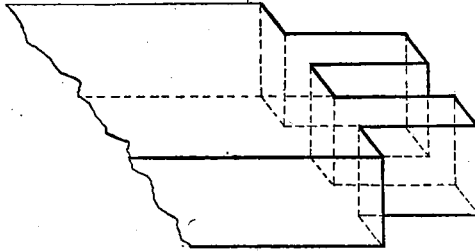


Fig. 145.

ple, puis, pour détacher la partie comprise entre les deux tenons, on perce très près de leur épaulement, avec une tarière, un trou qui traverse toute la pièce. Il suffit de donner ensuite deux traits de scie en suivant les deux lignes qui séparent les tenons, pour enlever facilement le morceau de bois. On termine l'équarrissage du double tenon en se servant de la bizai-guë. Ce double tenon est représenté en croquis (fig. 145)

II. *Tracé de la mortaise double.* Lorsque le tenon est double, il faut aussi, dans l'autre pièce, tracer deux mortaises l'une près de l'autre en portant exactement la largeur et l'épaisseur de chaque tenon. Ces deux mortaises s'exécutent séparément et de la même manière que les mortaises ordinaires.

**160. VIII. Assemblage à tenon et mortaise sur l'arête.** — L'assemblage à tenon et mortaise sur l'arête est représenté (fig. 146). Les deux pièces A et B sont assemblées d'équerre l'une sur l'autre. Ces deux pièces présentent des arêtes en parement au lieu de faces. De plus, les quatre arêtes de l'une rencontrent les trois arêtes de l'autre. Si, par exemple, la pièce B était d'un équarrissage plus faible que la pièce A, deux de ses arêtes seulement rencon-

treraient, dans un même plan, l'une des arêtes de la pièce A.

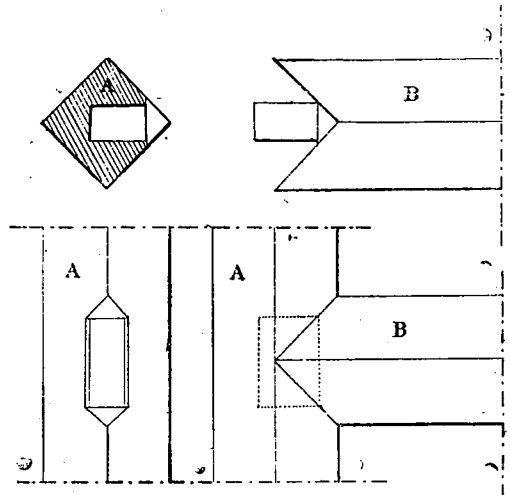


Fig. 146.

**161. IX. Assemblage à tenon avec repos.** — L'assemblage à tenon avec repos est représenté (fig. 147). La pièce A est

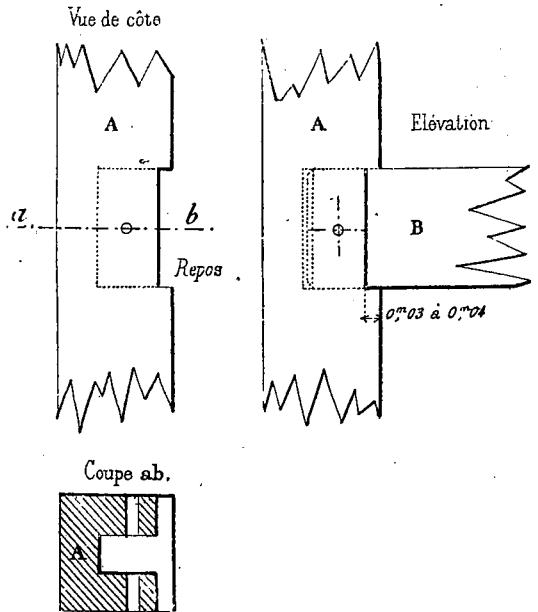


Fig. 147.

supposée placée verticalement. La pièce B est, dans ce cas, soumise à un effort tran-

chant. Les assemblages à tenon simple et à double tenon s'emploient également dans les mêmes conditions. Il est préférable de donner au tenon un repos (de 3 à 4 centimètres par exemple, comme l'indique l'élévation de la figure 147), car l'effort tranchant s'exerce sur la pièce portant le tenon, perpendiculairement aux faces d'épaisseur.

**162. X. Assemblage à tenon avec renfort en chaperon.** — Il est représenté (fig. 148). Dans cet assemblage, nous pla-

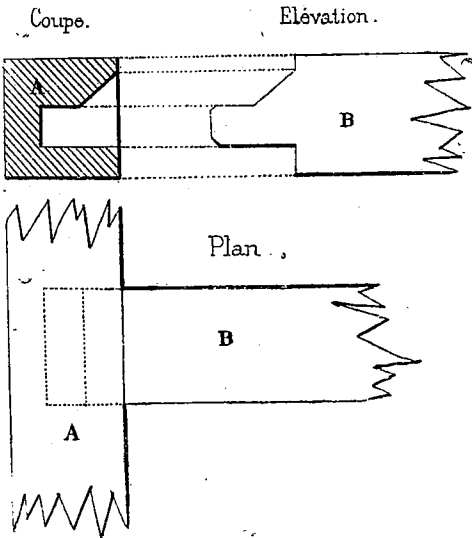


Fig. 143.

çons les deux pièces A et B horizontalement. La pièce B est encore soumise à un effort tranchant. On peut donner aux mortaises de cet assemblage les trois dispositions indiquées (fig. 149) en I, II, III. Dans le premier exemple, le renfort en chaperon a l'inconvénient de donner une mortaise terminée en *a* par une arête très aiguë. Pour éviter ce désagrément, on fait, comme le montre en II la figure 149 un assemblage avec about carré au-dessus du renfort en chaperon. Enfin, on peut opérer comme l'indique le troisième croquis III ; c'est le meilleur et le plus solide.

**But du renfort dans un tenon.** L'utilité de renforcer un tenon est surtout rendue indispensable dans les pièces de bois placées horizontalement, comme dans les planchers

par exemple, où ce renfort ajoute une force considérable au tenon, et à la mortaise (chevêtres, linçoirs et solives s'assemblant dans ces pièces). Dans cette position, les tenons ne pouvant être posés que sur leur plat, tout l'effort est supporté par leur épaisseur. Alors, pour donner au tenon une plus grande solidité, on le renforce, comme nous venons de le voir, par

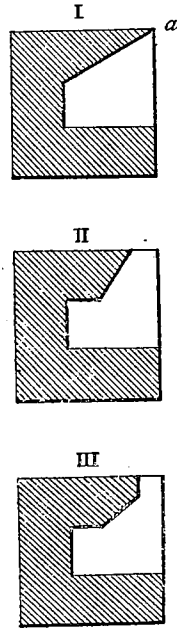


Fig. 149.

un petit pan coupé qui unit l'épaulement au tenon.

**Tracé du tenon renforcé.** Pour tracer un tenon renforcé, on peut faire la division proportionnellement à l'épaisseur du bois comme l'indique la figure 148 ; mais, le plus souvent, pour tracer un tenon renforcé incliné on divise l'épaisseur du bois



Fig. 150.

en quatre parties égales. L'une d'elles forme l'épaulement supérieur, une autre,

l'épaisseur du tenon, une troisième le renfort et, enfin, la quatrième donne l'épaulement inférieur qui a la moitié de la longueur du tenon.

**163. XI. Assemblage à tenon avec chaperon et renfort.** — Une autre disposition d'un assemblage à tenon avec chaperon et renfort est indiquée (fig. 150).

**164. XII. Assemblage à tenon avec renfort carré.** — Les assemblages à tenon avec renfort carré se font de deux manières et sont indiqués (fig. 151 et 152). En général, lorsque les renforts des tenons ont été placés au-dessus, comme dans la

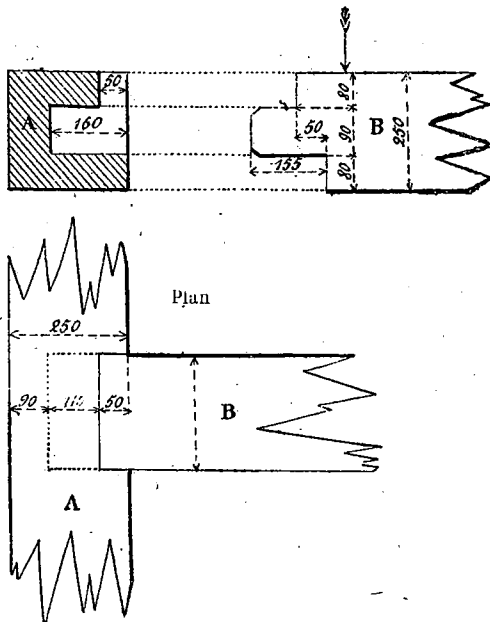


Fig. 151.

figure 151, ils ne consolident que les tenons et un excès de charge sur la pièce de bois B peut la faire fendre à la racine du tenon. Pour remédier à cet inconvénient on se sert plus souvent de l'assemblage à tenon avec renfort carré représenté par la figure 152.

**165. XIII. Assemblage à tenon passant avec clef.** — Cet assemblage est représenté en croquis (fig. 153). La pièce de bois B est ici soumise à un effort de traction. Le tenon est, dans ce cas, plus long que la mortaise ou plus long que l'épaisseur de la pièce de bois dans laquelle cette mor-

taise est pratiquée. Dans la partie prolongée, le tenon est percé d'un trou rectangulaire ou carré, dans lequel on fait entrer

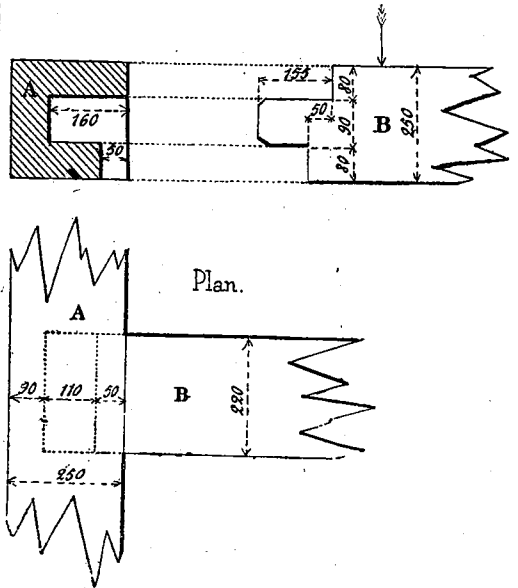


Fig. 152.

un morceau de bois qu'on nomme *clef* et qui est souvent plus épais d'un bout que de l'autre, c'est-à-dire en forme de coin. Cette clef ainsi placée a beaucoup plus de solidité que n'en aurait une cheville. Elle est enfoncée dans l'assemblage à l'aide d'un maillet.

**166. XIV. Assemblage à double tenon passant à faces apparentes.** — Cet assemblage est représenté (fig. 154). La pièce B, qui est soumise à un effort de traction, porte deux tenons et la pièce A porte, en outre, un tenon passant intermédiaire. Ces tenons sont, comme dans le cas précédent, traversés par une clef qui, elle même, peut être traversée par deux petites clavettes dans le cas où elle ne serait pas taillée en biseau ou pour l'empêcher de sortir.

**167. XV. Assemblages à tenons en biseau.** — Ces assemblages ne sont en réalité que des variantes du précédent. Soit deux pièces de bois A et B (fig. 155), la pièce A est assemblée dans la pièce B par un tenon ordinaire, par exemple, et par un tenon qui affleure une face du parement. Ce tenon a une forme spéciale. Il est

taillé en biseau sur ses côtés, afin qu'il ne puisse pas s'échapper de l'entaille ouverte dans la face du parement de la pièce B qui lui sert de mortaise. On peut, si l'on

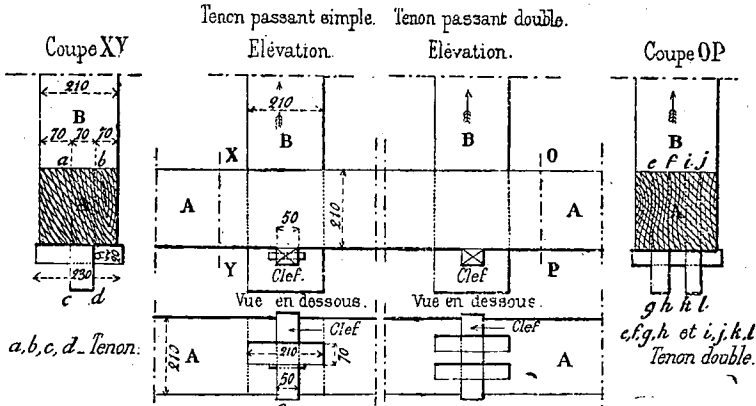


Fig. 153.

désire avoir deux tenons à faces apparen-

précédent. On peut aussi employer la dis-

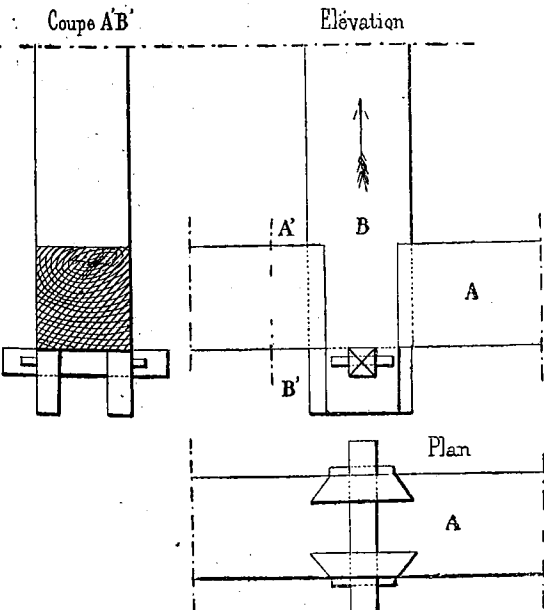


Fig. 154.

tes, employer la disposition de la figure 156

position indiquée par la figure 156 bis.

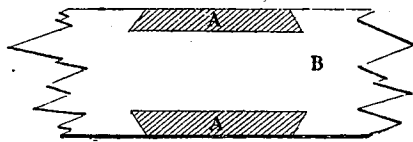


Fig. 156.

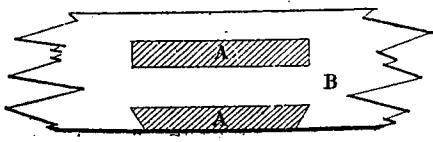


Fig. 155.

qui n'est autre chose que l'assemblage

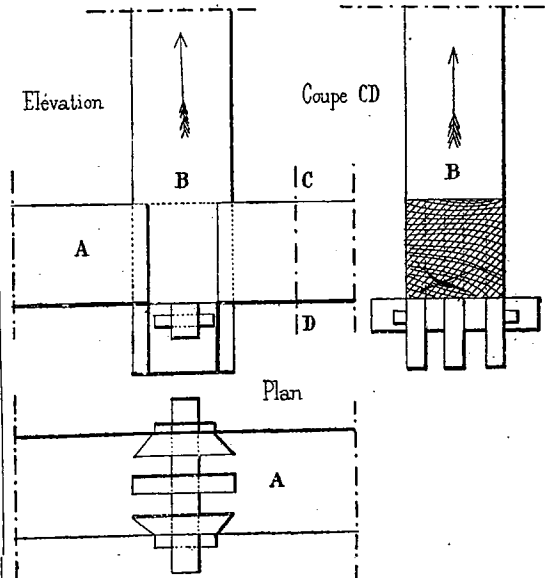


Fig. 156 bis

**168. XVI. Assemblage à entaille carrée.** — Cet assemblage est très simple, il

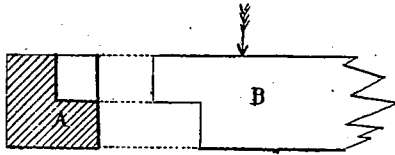


Fig. 157

est représenté (fig. 157). La pièce B est soumise à un effort tranchant.

**169. XVII. Assemblage à double entaille carrée ou à double repos.** — Cet as-

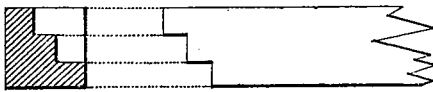


Fig. 158.

semblage, représenté (fig. 158), n'est qu'une variante du précédent.

**170. XVIII. Assemblage à paume.** — L'assemblage simple à paume est représenté (fig. 159). La pièce B est, comme

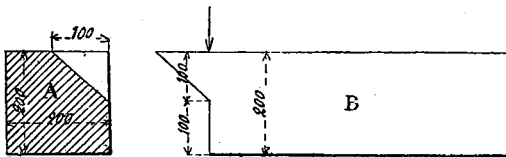


Fig. 159.

dans le cas précédent, soumise à un effort tranchant dont le sens est indiqué par la flèche tracée sur la figure. La pièce B est supportée sur la pièce A par l'intermédiaire de la partie inclinée qu'on nomme *paume*. La coupe inclinée de l'entaille qui reçoit une paume a pour but de n'affaiblir la pièce A que le moins possible, mais il existe un inconvénient à cette disposition, c'est que la pièce B exerce une poussée sur la pièce A, poussée à laquelle on peut remédier en contre-boutant la pièce A.

**171. XIX. Assemblage à paume avec tenon.** — Dans certains cas, on ajoute à l'assemblage que nous venons d'indiquer, un tenon comme l'indique la figure 160.

Cet assemblage est aussi connu sous le nom d'*assemblage à chaperon*.



Fig. 160.

**172. XX. Assemblage à paume avec repos.** — Dans d'autres cas on ajoute à l'as-

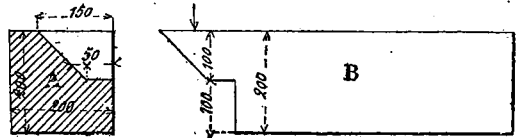


Fig. 161.

semblage simple à paume un repos comme le montre la figure 161. On fait aussi,

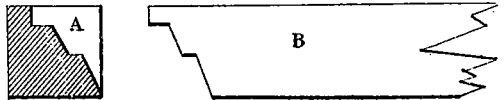


Fig. 161 bis.

comme l'indique la (fig. 161 bis) un assemblage à double paume et à double repos.

**173. XXI. Assemblage à entaille à deux épaisseurs.** — Cet assemblage, représenté

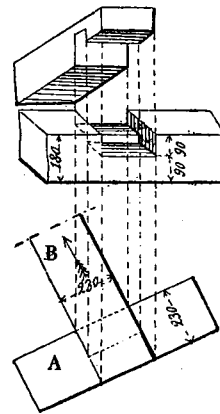


Fig. 162.

(fig. 162) est quelquefois employé. La pièce B est soumise à un effort de traction indiqué par le sens de la flèche.



**174. XXII. Assemblage à mors d'âne.**  
 — L'assemblage à mors d'âne est représenté (fig. 163). Il présente avec l'assem-

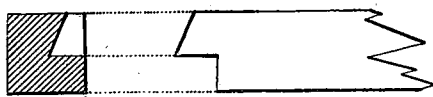


Fig. 163.

blage à entaille carrée le même inconvénient que l'assemblage à tenon avec renfort carré.

**175. XXIII. Assemblages à queues d'aronde ou d'hironde.** — Dans ces assemblages les tenons ont la forme de pyramides tronquées. Ils ressemblent à une queue d'hirondelle, d'où leur nom d'*assemblages à queue d'hironde*. Dans ce genre d'assemblage, le tenon, au lieu d'entrer directement dans sa mortaise par la face normale de la pièce qui reçoit l'assemblage, est introduit latéralement dans une entaille faite dans la face du parement de cette même pièce. C'est un des assemblages le plus solide, car il empêche tout mouvement en travers ou en longueur. Il sert, par exemple, à rallonger une pièce de charpente, comme les plates-formes qui portent les pieds des chevrons d'un comble, les assemblages des planchers, les retours d'équerre, etc. Il s'emploie de préférence lorsque l'assemblage doit résister à un effort de traction dans le sens de la lon-

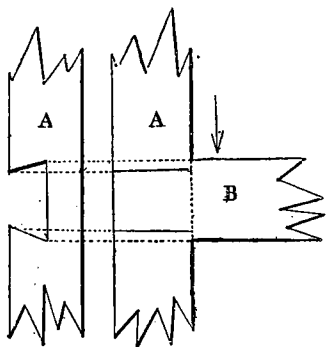


Fig. 164.

gueur de la pièce assemblée. Dans les combles, les blochets s'assemblent ordinaire-

ment à queue d'hironde sur les plates-formes qui reposent sur les murs.

**176. XXIV. Assemblage à queue d'hironde simple ou queue d'hironde à mi-bois.**  
 — Nous donnons (fig. 164 et 165) deux exemples de l'assemblage à queue d'hironde à mi-bois. Dans le premier exemple (fig. 164), la pièce A est supposée placée verticalement. La pièce B est, dans ce cas, soumise à un effort tranchants exerçant dans le sens de la flèche. Dans le deuxième exemple (fig. 165), les deux pièces A et B sont supposées placées horizontalement. La pièce B est alors soumise

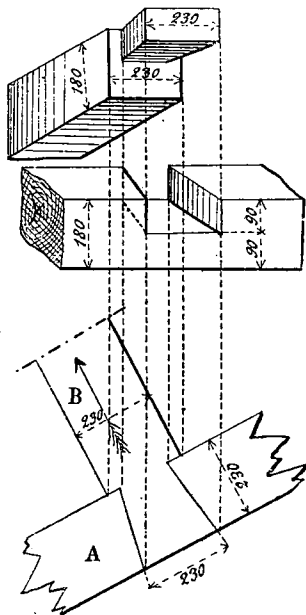


Fig. 165.

à un effort de traction dans le sens indiqué par la flèche. Dans les deux cas, l'épaisseur de la queue d'hironde est la moitié de l'épaisseur de la pièce B et elle se loge en entier dans la pièce A. Dans les assemblages à queue d'hironde, qui sont généralement destinés à résister à des efforts de traction, il convient, pour avoir une résistance suffisante, de donner à la racine de la queue les  $\frac{3}{5}$  de la largeur de la pièce (fig. 166). Le devant de la queue d'hironde occupe toute la largeur de la même pièce. Le *collet* a les  $\frac{3}{10}$  de la surface d'équarrissement de la pièce B.

Le bout de la queue est égal à la moitié de cette même surface d'équarrissement. Dans le cas où la pièce B est étroite ou que le collet de la queue d'hironde a un grand effort à supporter, on ne donne, au

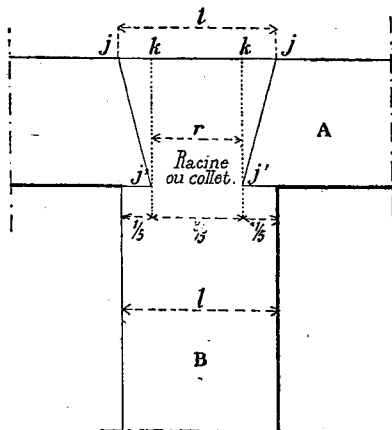


Fig. 166.

rétrécissement de chaque côté, que le 1/10 de la largeur de la queue d'hironde, afin que les joues *jj'* soient peu inclinées, et que l'effort auquel elles doivent résister ait moins de puissance pour les faire éclater suivant la direction des fibres du bois *j'k*.

**177. XXV. Assemblage à queue d'hironde percée.** — Cet assemblage est représenté en croquis (fig. 167). Dans cet

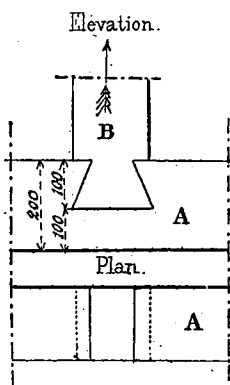


Fig. 167.

traction. Le tenon et la mortaise prennent, dans ce cas, toute l'épaisseur du bois. Nous donnons figure 167 bis une autre disposition pour deux pièces de bois placées bout à bout.

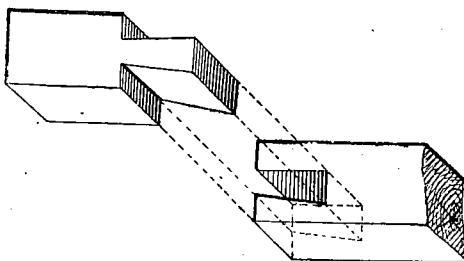


Fig. 167 bis.

**178. XXVI. Assemblage à queue d'hironde à recouvrement.** — L'assemblage à queue d'hironde à recouvrement est indiqué (fig. 168). Les deux pièces A et B sont supposées placées horizontalement, la pièce B recevant toujours un effort de traction. Dans cet exemple, la queue d'hironde n'occupe qu'une partie de la demi-

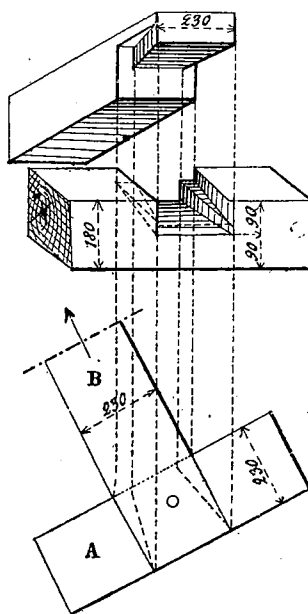


Fig. 168.

exemple, nous supposons la pièce B placée verticalement et soumise à un effort de

traction. Elle est recouverte par un rectangle qui vient affleurer le des-

sus de la pièce A lorsque la queue d'hironde est placée dans sa mortaise.

**179. XXVII. Assemblage à queue d'hironde avec renfort au collet.** — La figure 169 donne un exemple de cet assemblage. Ce

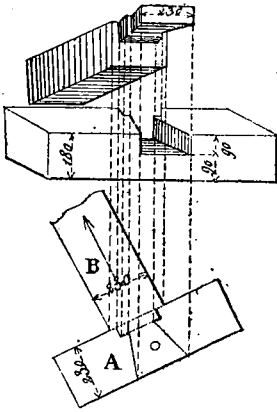


Fig. 169.

renfort consiste en une surépaisseur au collet qui règne sur les côtés ainsi qu'en dessous et qui affleure le dessus de la pièce A.

**180. XXVIII. Assemblage de tenon en queue d'hironde avec clef.** — Dans ce cas, la queue d'hironde a une forme spéciale représentée en élévation (fig. 170). C'est

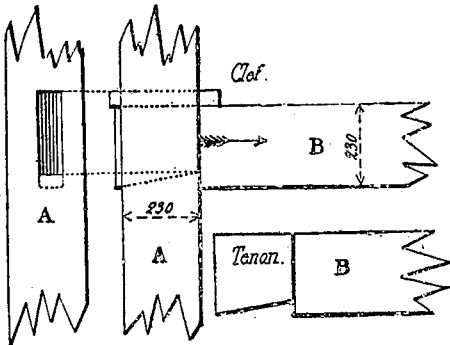


Fig. 170.

un tenon échancré d'un seul côté comme une queue d'hironde ordinaire. Le côté correspondant de la mortaise est évasé suivant la même inclinaison. L'autre côté est droit. L'entrée de la mortaise est assez grande pour laisser passer la partie la plus

large du tenon. Lorsque la queue d'hironde est placée dans la mortaise, on remplit le vide qu'elle laisse au-dessus par une clef introduite par la face d'assemblage de la pièce A. On chasse cette clef en frappant dessus avec un maillet jusqu'à refus. Le tenon à queue est ainsi solidement fixé en joint et ne peut plus sortir de la mortaise.

**III. Les pièces se rencontrent en formant un angle. — L'angle est droit mais les pièces se joignent par leurs extrémités, comme pour former des cadres-Assemblages d'angle.**

**181. I. Assemblage par entaille à mi-bois.** — L'assemblage par simple entaille à mi-bois de deux pièces A et B et formant un angle d'équerre est représenté (fig. 171). Ce genre d'assemblage peut aussi s'employer pour des pièces ne formant point un angle de cadre, mais s'assemblant en un point quelconque de l'une d'elle.

*Nota.* En général, les assemblages d'angle dont nous allons parler ne résistent aux efforts qui peuvent s'exercer sur eux que par le frottement des pièces l'une contre l'autre si elles sont ajustées à frottement dur, et par l'emploi d'un chevil-

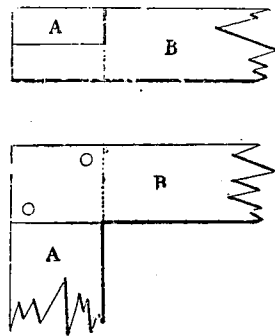


Fig. 171.

lage. Si, au contraire, ils doivent résister à des efforts un peu considérables, il est nécessaire de les consolider au moyen de ferrures appropriées aux différents cas.

**182. II. Assemblage d'angle à queue d'hironde simple.** — Cet assemblage est

représenté (fig. 172). La pièce B porte les queues d'hironde qui entrent dans les entailles faites pour les recevoir sur le bout

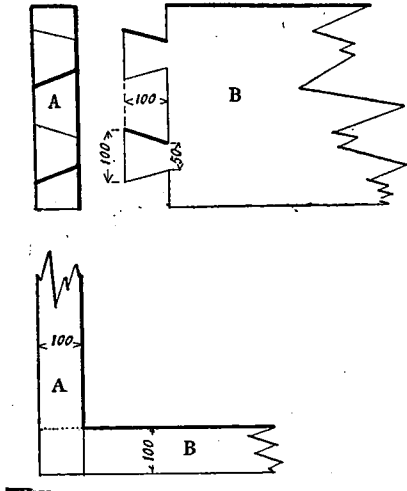


Fig. 172.

de la pièce A. Dans ce cas, les queues d'hironde sont apparentes sur les deux faces extérieures des pièces.

**183. III. Assemblage à enfourchement.**

— Cet assemblage représenté (fig. 173) est très simple. C'est un tenon entrant

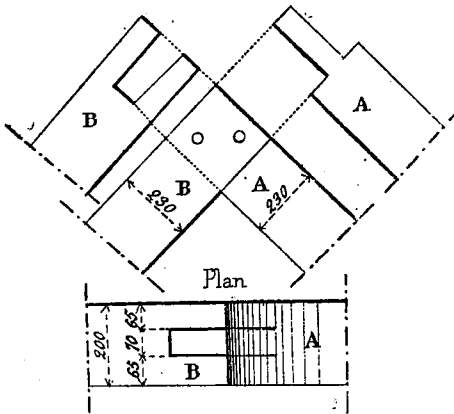


Fig. 173.

dans une mortaise percée de part en part et le tout maintenu par deux chevilles.

**184. IV. Assemblage à onglet avec tenons.** — La figure 174 représente cet assemblage. Les deux pièces A et B se joignent suivant des coupes d'onglet dans lesquelles sont ménagés des tenons et des mortaises combinés de telle sorte, qu'en

face de chaque tenon d'une pièce se trouve la mortaise correspondante. On peut aussi,

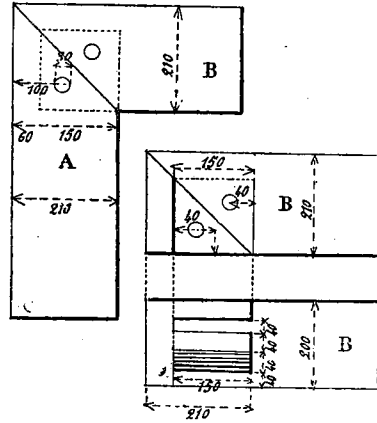


Fig. 174.

comme le montre la figure 175, faire un assemblage d'angle à double tenon.

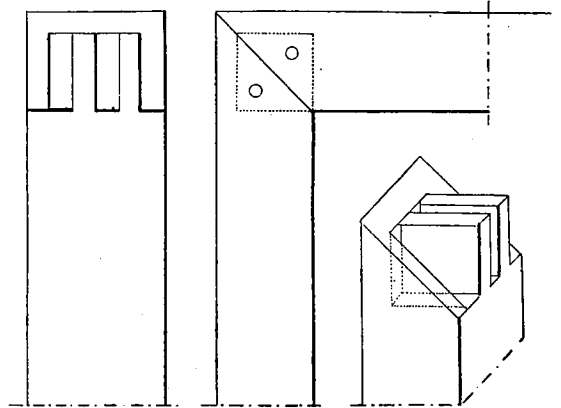


Fig. 175.

**185. V. Assemblage à onglet avec clef.**

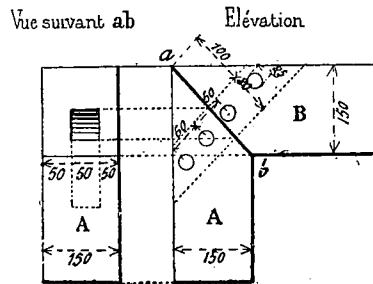


Fig. 176.

— Les deux pièces A et B (fig. 176) sont,

comme dans le cas précédent, jointes suivant des coupes d'onglet et traversées par une simple clef en bois maintenue en place par quatre chevilles.

**186. VI. Assemblage d'onglet à pigeon.** — Cet assemblage est une variante des précédents et se comprend très facilement

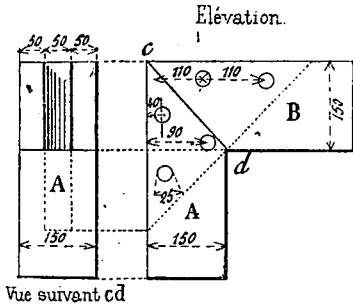


Fig. 177.

à l'inspection de la figure 177 qui en montre suffisamment les différentes parties.

**187. VII. Assemblage à queue d'hironde à recouvrement.** — Cet assemblage ne diffère de l'assemblage à onglet avec tenons qu'en ce que les queues d'hironde sont substituées aux tenons. Ces queues d'hironde sont en saillie sur les coupes d'onglet. Les entailles, pour recevoir ces queues d'hironde, sont pratiquées dans la coupe d'onglet de la pièce correspondante.

**188. VIII. Assemblage de porte co-chère.** — Pour terminer les assemblages

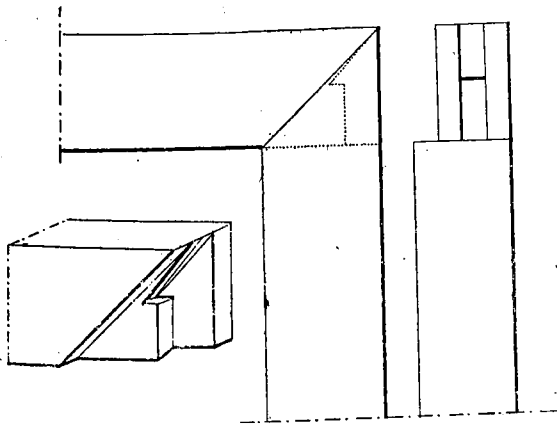


Fig. 178.

d'angle, nous donnons (fig. 178) le croquis

de l'assemblage très solide qu'on emploie pour les angles de grosses portes. Cet assemblage réclame, comme les autres assemblages d'angle, des ferrures pour éviter l'ouverture des joints et la dislocation de l'assemblage.

**IV. Les pièces se rencontrent en formant un angle.** — L'angle est quelconque, et l'about de l'une des pièces porte en un point quelconque de la longueur de l'autre.

*Nota.* Ces assemblages se tracent et s'exécutent comme les assemblages carrés, dont ils ne diffèrent que par la coupe des tenons et des mortaises, qui doivent être taillés en onglet.

**189. I. Assemblage à tenon et mortaise.** — Cet assemblage, qui est le plus simple des assemblages de bois placés obliquement, est représenté (fig. 179). La pièce B est soumise à un effort de compression. Nous voyons donc que, lorsque deux pièces se rencontrent obliquement, on abat l'angle aigu du tenon pour éviter les difficultés que présenteraient le refouillement de la mortaise et la pose de la charpente. Le tenon, ainsi disposé, s'appelle un *tenon en about*. Nous savons qu'on appelle *about* l'extrémité taillée convenablement d'une pièce de bois assemblée avec une autre, et *portée de l'about*, ou *occupation de l'about*, la portion de la face normale par laquelle cette seconde pièce se trouve en contact avec la première.

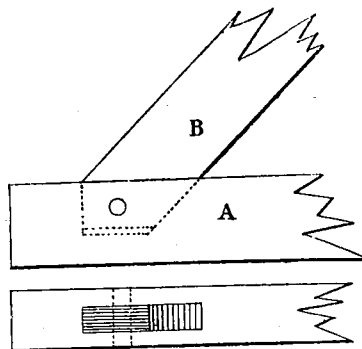


Fig. 179.

La disposition très simple de l'assem-

blage, représentée dans la figure 179, ne suffit pas quand les pièces ont de grands efforts à supporter, car le tenon s'écraserait. L'assemblage est alors consolidé par un *embrèvement* que nous allons décrire et qui permet de répartir la charge sur une surface plus étendue d'un tiers environ que celle de l'about du tenon.

**190. II. Assemblage oblique à tenon et mortaise avec embrèvement.** — En général, pour obvier aux inconvénients de l'assemblage oblique à tenon et mortaise, on *embrève* tous les assemblages obliques.

*De l'embrèvement.* L'assemblage qu'on nomme à *embrèvement* est un assemblage à tenon ordinaire. Il ne diffère du précé-

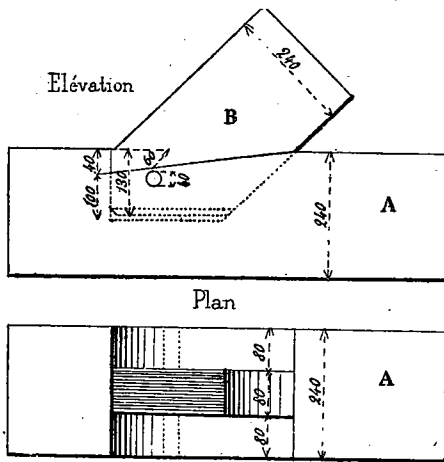


Fig. 180.

dent que par une entaille faite à la mortaise, ou mieux une entaille faite dans la face de la pièce A (fig. 180) qui reçoit l'assemblage. C'est cette entaille qu'on appelle *embrèvement* et dans laquelle les épaulements du tenon doivent entrer.

Il résulte de cette disposition que la résistance de l'about du tenon est accrue de celle que l'about d'embrèvement tire des épaulements.

Les embrèvements ont l'avantage de donner une très grande force aux assemblages, et cela par un moyen fort simple, d'une très grande exactitude, par suite d'une exécution facile puisque les parties essentielles des embrèvements, celles par lesquelles les contacts des joints doivent

s'effectuer, sont toujours des plans que les outils peuvent facilement dresser.

On donne quelquefois à l'about d'embrèvement la direction *ab* (fig. 181) qui

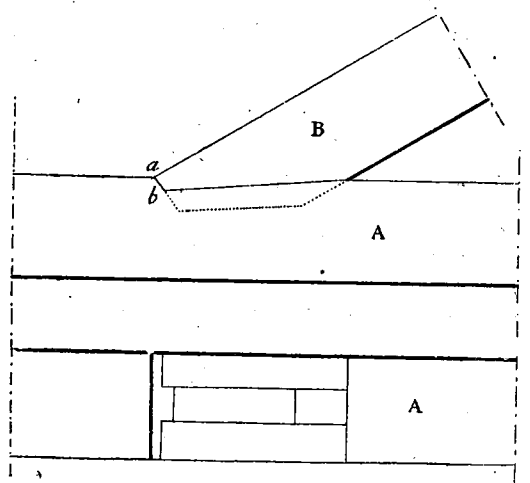


Fig. 181.

divise en deux parties égales l'angle que forment les pièces A et B. Cette disposition, qui aurait l'avantage de faire présenter les fibres des deux pièces de la même manière en about, a l'inconvénient de donner lieu à une coupe plus difficile.

**191. III. Assemblage à embrèvement, à encastrement.** — Il arrive quelquefois que

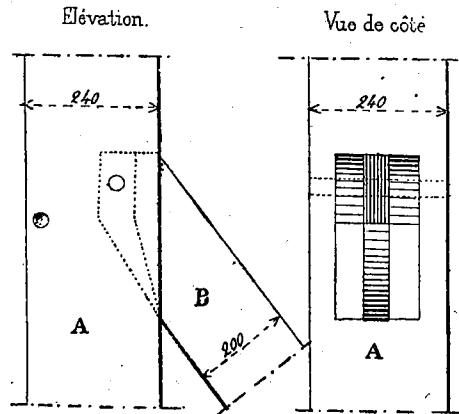


Fig. 182.

les deux pièces à assembler n'ont pas même épaisseur; leurs faces de parement ne sont

pas dans un même plan, mais dans des plans parallèles. Dans ce cas, l'embrèvement a lieu par encastrement, c'est-à-dire, comme le montre la figure 182, qu'il forme dans la face de la pièce A qui reçoit l'assemblage une sorte de cuvette carrée et en pente dans laquelle les épaulements du tenon de la pièce B se trouvent encastrés.

**192. IV. Assemblage à simple embrèvement sans tenon.** — Dans certains cas, on assemble les pièces de bois carrées à simple embrèvement sans tenon ni mortaise. La pièce B (fig. 183) est assemblée à la pièce A par un embrèvement simple dont l'about  $ab$  est perpendiculaire à la pièce A ou incliné suivant la ligne  $cd$  divisant l'angle des deux pièces en deux parties égales ; ou, enfin, dirigé suivant la ligne  $ca$ , perpendiculairement aux arêtes de la pièce B.

**193. V. Assemblage à embrèvement à**

*double épaulement.* — L'assemblage à

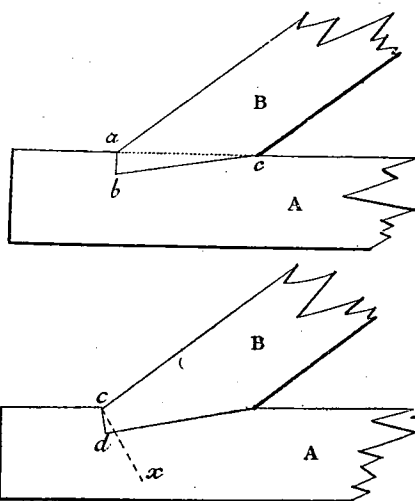


Fig. 183.

embrèvement, à double épaulement re-

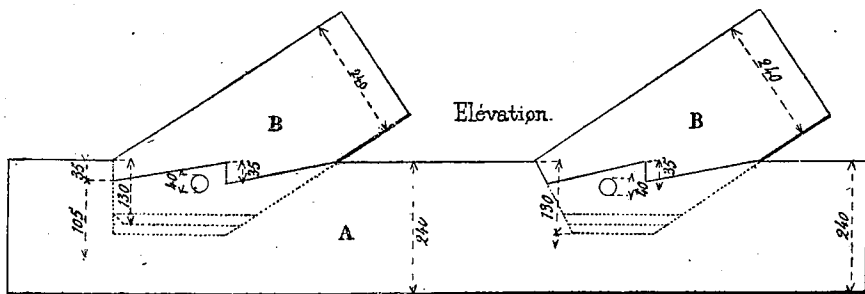


Fig. 184.

présenté (fig. 184) est employé lorsque la pièce assemblée fait avec celle qui la reçoit un angle très aigu ; son occupation

devient alors fort longue. Ce genre d'assemblage se nomme aussi *assemblage à crans*. Le nombre de ces crans ou abouts dépend évidemment de l'étendue du joint. La figure 184 représente un embrèvement à deux crans qu'on peut employer avec ou sans tenon.

Dans certains cas de l'assemblage à crans, on trace le pas du premier cran  $ab$  (fig. 185) parallèlement à la face d'assemblage de la pièce A. De cette façon, l'about  $bc$  de la pièce B porte à bois debout sur des fibres qui ne sont point coupées.

**194. VI. Embrèvements anglais, ou embrèvements séparés par un plat joint.** — Ces embrèvements représentés (fig. 186), sont formés de deux embrèvements ordinaires analogues à ceux qui ont déjà été décrits, mais sans tenon ni mortaises, et simplement séparés par un *plat joint*.

L'about  $bc$  peut être plan (fig. 186) ou

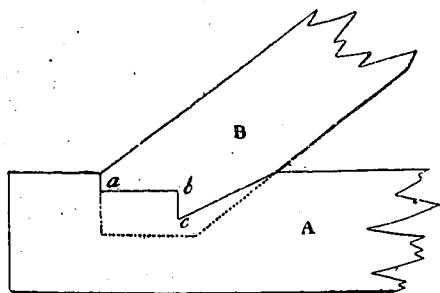


Fig. 185

devient alors fort longue. Ce genre d'assemblage se nomme aussi *assemblage à*

cintré (fig. 187) suivant un arc de cercle | donne pour profondeur les  $\frac{2}{3}$  de l'épais-  
 décrit du point  $o$  comme centre. On lui | seur de la pièce A.

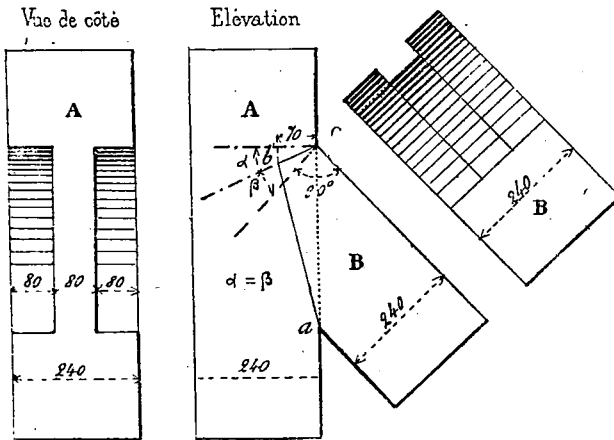


Fig. 186.

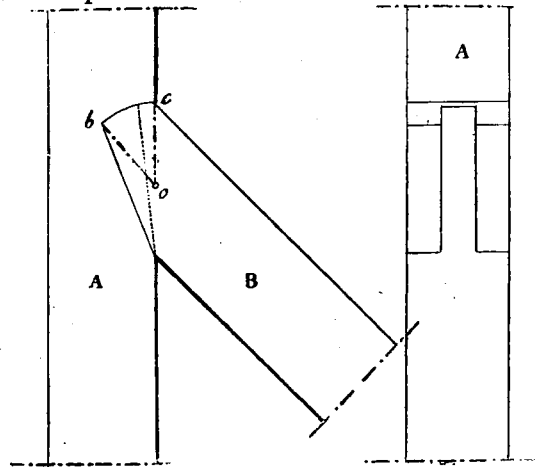


Fig. 187.

Les deux embrèvements occupent chacun  $\frac{1}{3}$  de l'épaisseur des pièces de bois. En résumé, cet assemblage, appelé *joint anglais*, présente quelques difficultés d'exécution pour arriver à tenir dans une même surface les bouts d'embrèvement de la pièce A, des deux côtés du bois plein qui les sépare.

**195. VII. Assemblages à houlice.** — L'assemblage à tenon et mortaise d'une pièce verticale avec une pièce inclinée prend le nom particulier d'*assemblage à*

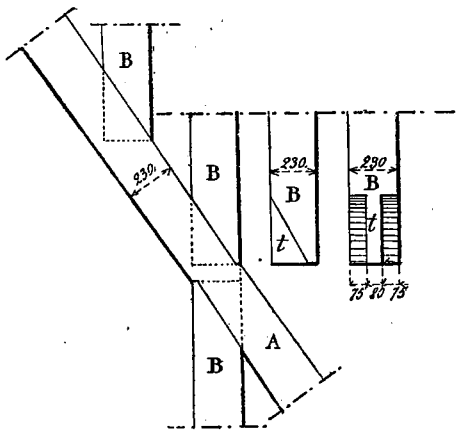


Fig. 188.

*houlice*. Cet assemblage s'opère avec ou sans embrèvement.

Les avantages qu'il présente sont de moins affaiblir la pièce mortaisée et de réduire, dans une très faible proportion d'ailleurs, la longueur des bois à employer.

La figure 188 représente deux espèces d'assemblages à houlice, celui de gauche indique l'assemblage simple à tenon, dit à houlice, d'une pièce de bois verticale B dans une pièce inclinée A. Le tenon à houlice est triangulaire et coupé carrément au bout; il a pour épaisseur le tiers de celle de la pièce. L'assemblage de droite représente l'assemblage à houlice avec about ou *embrèvement*. L'about de l'embrèvement est dans le même plan que celui du tenon. Ce genre d'assemblage n'est guère employé que dans les pans de bois.

Dans les assemblages obliques que nous venons de décrire, la pièce B est soumise à un effort de compression.

## V. Les pièces se croisent.

### I. L'ANGLE DE CROISEMENT EST DROIT.

**196. I. Assemblage à mi bois.** — L'assemblage à mi-bois représenté (fig. 189) s'emploie lorsque les deux pièces ayant même épaisseur, on veut faire affleurer les parements. Chaque pièce est entaillée de la moitié de son épaisseur, de sorte que lorsqu'elles sont assemblées, leurs faces



de parement s'affleurent des deux côtés. On maintient l'assemblage rigide à l'aide d'un boulon qui traverse les deux pièces.

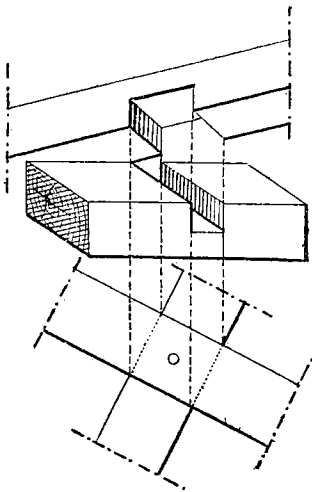


Fig. 189.

Cet assemblage peut également se faire à tiers-bois, à quart-bois, etc.; lorsqu'il est nécessaire de ne pas affaiblir les pièces par des entailles trop profondes; mais les parements n'affleurent plus si les pièces ont la même épaisseur. On se contente même, dans bien des cas, de placer simplement les pièces l'une contre l'autre, sans entailles, et de les réunir au moyen de boulons. L'ensemble de deux pièces ainsi assemblées en croix porte le nom de *croix de Saint-André*.

**197. II. Assemblage croisé à tiers-bois.** — La figure 190 donne un exemple d'un assemblage de deux pièces à tiers-bois. Elles sont entaillées chacune au tiers de leur épaisseur et sur une longueur égale à la largeur de celle de l'autre pièce. Quand ces deux pièces sont assemblées, le joint occupe, sur chacune d'elle, le 1/3 de son épaisseur. Dans l'assemblage de deux pièces à tiers-bois, on peut donner au joint plusieurs formes en employant, par exemple, dans chaque pièce, l'entaille à onglet représentée (fig. 191). Deux pièces de bois, ainsi taillées et placées l'une sur l'autre de manière que les onglets de l'une entrent dans les entailles ou embrèvements de l'autre, forment un assemblage à tiers-bois dont les pièces ne se pénètrent que de la

profondeur des entailles. On peut aussi remplacer ces onglets par une rainure et

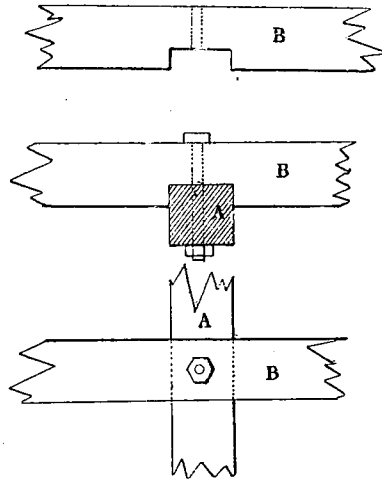


Fig. 190.

une languette comme le montre la figure 192. Cet assemblage ne vaut pas celui que nous allons décrire parce qu'il affaiblit

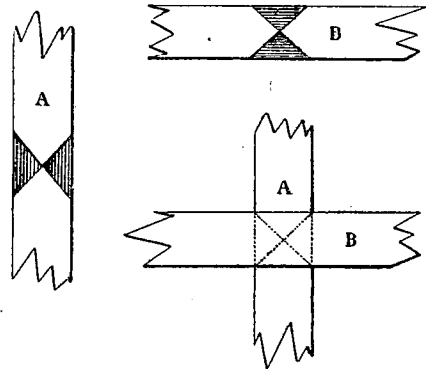


Fig. 191.

trop les pièces de bois. On peut remédier à cet inconvénient en donnant peu d'épaisseur à la languette.



Fig. 192.

**198. III. Assemblage en croix à double**

entaille. — Cet assemblage représenté (fig. 193) se fait de la manière suivante. On

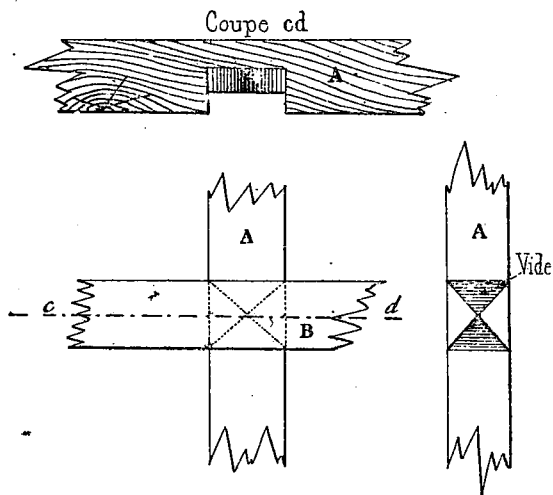


Fig. 193.

pratique, dans chacune des pièces, une première entaille sur le premier tiers de l'épaisseur et carrément, comme le montre la figure 190. On fait ensuite une seconde entaille sur le second tiers de l'épaisseur, mais seulement pour chaque pièce,

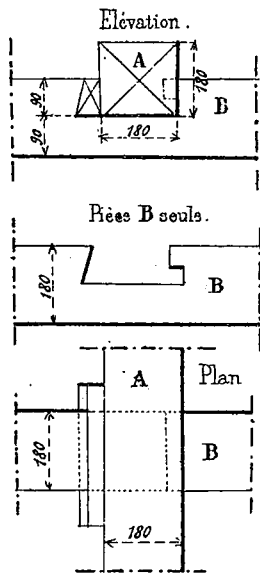


Fig. 194.

suivant deux des quatre triangles résultant des diagonales tracées sur le fond de

la première entaille. On forme ainsi deux espèces d'embrèvements en onglets qui laissent, sur chaque pièce, deux triangles en saillie placés suivant le fil du bois. Pour assembler ces deux pièces, on les place l'une sur l'autre de manière que les triangles saillants de la pièce inférieure entrent dans les embrèvements creusés dans le fond de l'entaille de l'autre pièce. Le tout est maintenu en joint par un boulon de charpente.

**199. IV. Assemblage à mi-bois avec tenon et clef.** Cet assemblage est représenté (fig. 194). Il existe, dans l'assemblage des deux pièces A et B, deux entailles qui forment un tenon indiqué en pointillé et un encastrement correspondant. Le joint est serré par une clef en forme de coin. Les pièces peuvent avoir des équarrissages différents et leur croisement peut avoir lieu sous un angle quelconque.

II. L'ANGLE DE CROISEMENT EST QUELCONQUE. — CROIX DE SAINT-ANDRÉ.

**200. I. Assemblage simple à mi-bois. — Croix de Saint-André simple.** — La figure

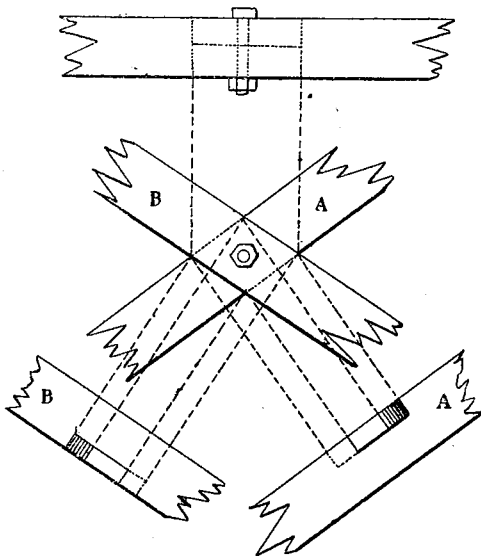


Fig. 195.

195 donne un exemple simple d'un assemblage à mi-bois, les pièces faisant entre

elles un angle quelconque. Les deux pièces de bois A et B sont réunies par un boulon. La figure 196 donne un exemple d'assemblage à mi-bois employé pour les chevrons. Nous le plaçons ici comme mémoire, car nous y reviendrons dans l'étude des combles.

**201. II. Assemblage à mi-bois et embrèvement.** — *Croix de Saint-André avec embrèvement.* —

La figure 196 bis montre très clairement la disposition de cet assemblage. Les embrèvements sont utiles lorsque les angles de croisement diffèrent beaucoup de l'angle droit. On évite ainsi le soulèvement d'éclats de bois aux bords trop aigus des entailles. L'assemblage est maintenu en joint par un boulon qui traverse les deux pièces.

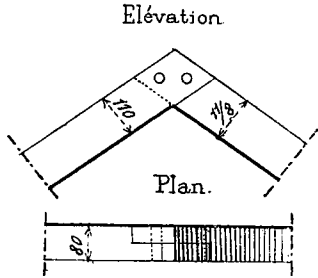


Fig. 196.

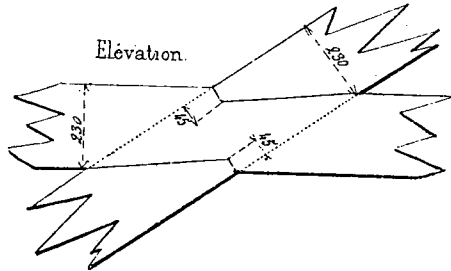


Fig. 196 bis.

III. — MOISES

**202. Définitions.** — On donne le nom de *moises* aux pièces jumelles qui embrassent une autre pièce de bois, le plus sou-

vent en la croisant. Ainsi, *moiser* une pièce de bois, c'est la saisir entre deux moises. Une pièce de bois seule ne peut moiser si elle n'est pas jumellée avec un autre pièce. Anciennement, on appelait *moise*

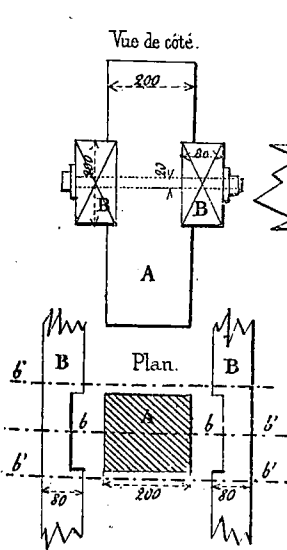


Fig. 197.

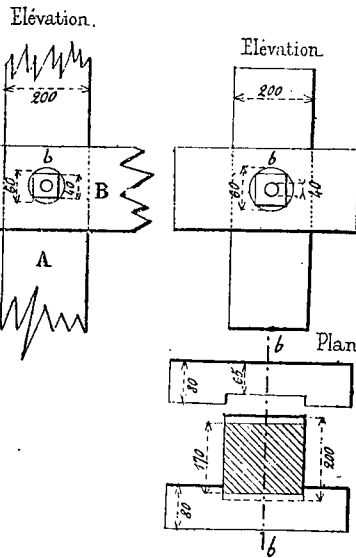


Fig. 198

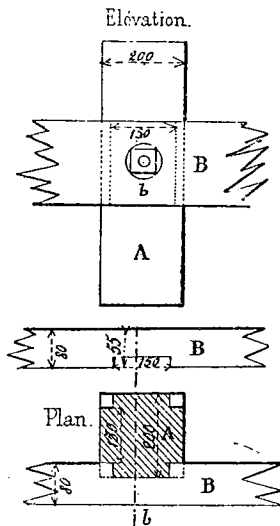


Fig. 199.

la moitié d'une poutre fendue suivant sa longueur. Le but des moises est d'empêcher une autre pièce de bois de ployer en embrassant tout ou partie de son contour.

Comme nous allons le voir, pour faire cet assemblage, on pratique des entailles plus ou moins profondes dans chacune de ces diverses pièces et on les assemble ensuite

en les reliant par des boulons ou par des *étriers* en fer. Les moises verticales ou inclinées prennent quelquefois le nom de *moises pendantes*.

**203.** *Différents types de moises.* — Nous donnons (*fig. 197, 198 et 199*) les trois moyens les plus employés pour moiser une pièce de bois A placée verticalement en se servant de deux moises B.

Dans l'assemblage représenté (*fig. 197*), les pièces B sont seules entaillées. On consolide cette réunion de pièces de bois, soit en les traversant par un boulon *b*, soit en mettant deux lignes de boulons *b'* passant à droite et à gauche de la pièce de bois A en la laissant intacte.

Dans les assemblages représentés (*fig. 198 et 199*), les trois pièces sont entaillées. La figure 199 représente des moises avec repos. Dans ces deux derniers cas, on place un seul boulon d'assemblage traversant les trois pièces A et B.

## VI. — Entures.

LES PIÈCES SONT VERTICALES ; ELLES REPOSENT SIMPLEMENT L'UNE SUR L'AUTRE ET SONT SOUMISES A UN EFFORT DE COMPRESSION DANS LE SENS DE LEUR LONGUEUR.

**204.** *Définitions.* — Dans le cas que nous allons étudier, on dit que les pièces de bois sont *enlignées* et les assemblages sont connus sous le nom d'*entures verticales*.

*Enter* deux pièces de bois, c'est les joindre dans la direction de leur longueur au moyen d'entailles nommées *entures*. Pour enter deux pièces de bois, il faut qu'elles soient bien exactement enlignées, c'est-à-dire qu'elles aient la même forme, de telle sorte que, une fois l'assemblage exécuté, les deux pièces paraissent n'en faire qu'une. Nous aurons donc à nous occuper des *entures verticales* et des *entures horizontales*.

Les entures verticales s'emploient pour assembler les poteaux. Elles résistent généralement à des efforts de compression. Les entures horizontales ou inclinées ont souvent à résister à des efforts de traction. Pour résister à des efforts de flexion, ces entures doivent être consolidées au

moyen de ferrures. Quelle que soit la destination des pièces, il faut que la manière employée pour les enter ne diminue pas leur force. Nous allons examiner les différents moyens employés.

**205.** I. *Assemblage à fausse tenaille.* — Dans cet assemblage représenté (*fig. 200*), la partie supérieure porte un tenon, la partie inférieure porte une mortaise, ou *fausse tenaille*, ouverte de côté. Cet assemblage, qui n'est pas très solide, est em-

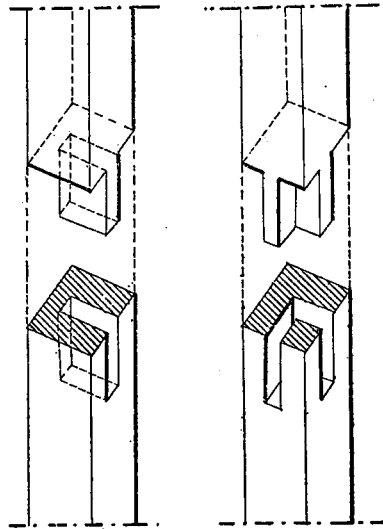


Fig. 200.

Fig. 201.

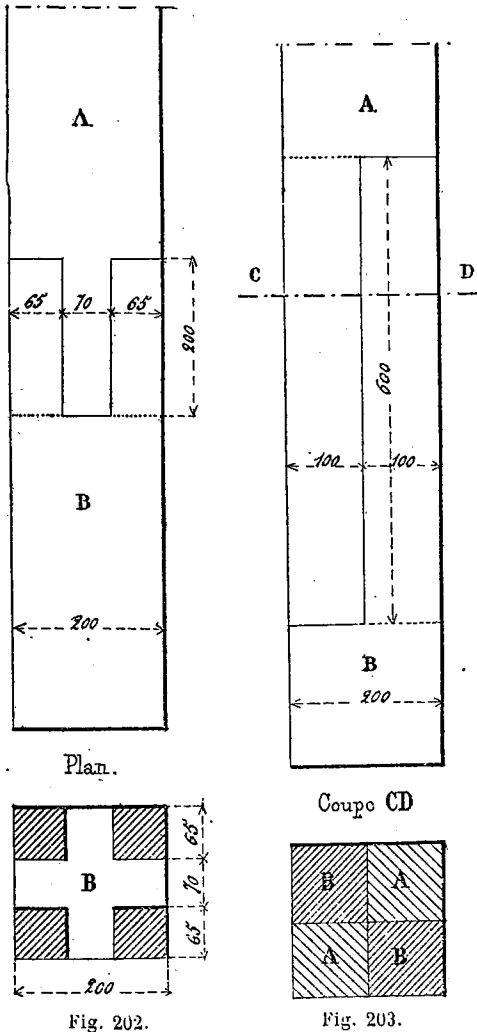
ployé lorsqu'un obstacle empêche que la *mise dedans* du tenon et de la mortaise ait lieu par un mouvement dans le sens de la direction verticale, comme l'exigent tous les autres moyens d'entures.

**206.** II. *Enture à tenons chevonnés.* — Cet assemblage, représenté (*fig. 201*), est très usité pour les poteaux corniers.

**207.** III. *Entures à tenons croisés.* — L'assemblage à tenons croisés est indiqué (*fig. 202*). La pièce supérieure porte quatre tenons en croix, la pièce inférieure porte quatre mortaises ou entailles ouvertes sur les quatre faces.

**208.** IV. *Assemblage à mi-bois sur les quatre faces.* — Les deux pièces de bois, supérieure et inférieure (*fig. 203*), sont taillées toutes deux de la même manière. Les deux quartiers, conservés diagonalement sur une pièce, entrent dans les em-

placements de ceux qu'on a supprimés sur l'autre. Ordinairement, ces assemblages sont frettés.



donner quelques exemples d'entures verticales connues sous le nom de *fausses coupes*. Autant que possible, on doit éviter l'emploi de ces fausses coupes pour des pièces ayant à résister à des efforts de compression assez considérables dans le sens des fibres.

**211.** VII. *Enture en fausse coupe avec clé.* — Ce genre d'enture, représenté (fig. 203), est souvent employé pour les pièces de bois mince. Les abouts de chaque pièce peuvent être retenus en joint, soit par de grosses vis à bois, soit par des tire fonds ou des boulons. La clé occupe environ le tiers de l'épaisseur des pièces qu'elle traverse. On chasse cette clé dans sa mortaise en se servant d'un maillet. Elle serre fortement les deux pièces dans le sens des fibres du bois.

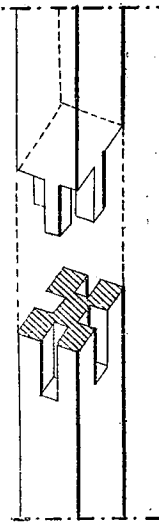


Fig. 204.

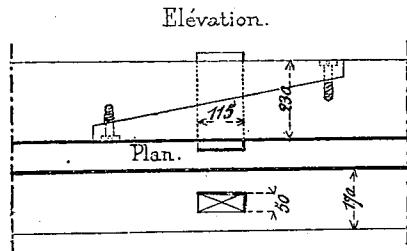


Fig. 205.

**212.** VIII. *Fausse coupe avec faux tenon chevillé.* — Cet assemblage est représenté (fig. 206). Il peut aussi servir pour

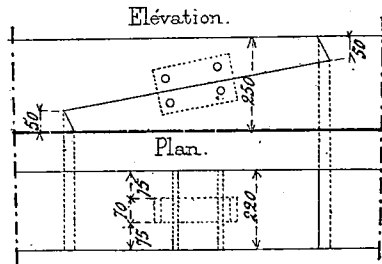


Fig. 206.

**209.** V. *Enture à double enfourchement carré.* — Cet assemblage, représenté (fig. 204), est formé de quatre mortaises dont une sur chaque face du poteau et de quatre tenons épaulés.

Les quatre assemblages (fig. 201, 202, 203 et 204) peuvent aussi résister à de petits efforts de torsion. Lorsque les efforts sont plus considérables, il est nécessaire de compléter ces assemblages par des ferrures.

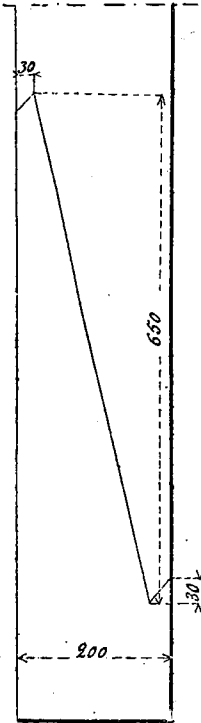
**210.** VI. *Fausses coupes.* — Nous allons

senté (fig. 206). Il peut aussi servir pour

l'assemblage des bois minces. Les abouts sont en coupe parallèlement aux côtés du faux tenon. On place, dans le faux tenon et traversant la pièce, quatre chevilles destinées à maintenir l'assemblage.

*double sifflet.* — Ces deux assemblages, représentés (fig. 207 et 208), se comprennent facilement à l'inspection des deux figures; ils doivent être maintenus par des ferrures.

**213. IX.** Entures à sifflet simple et à



Vue en dessus.

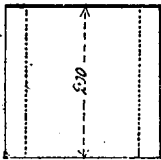
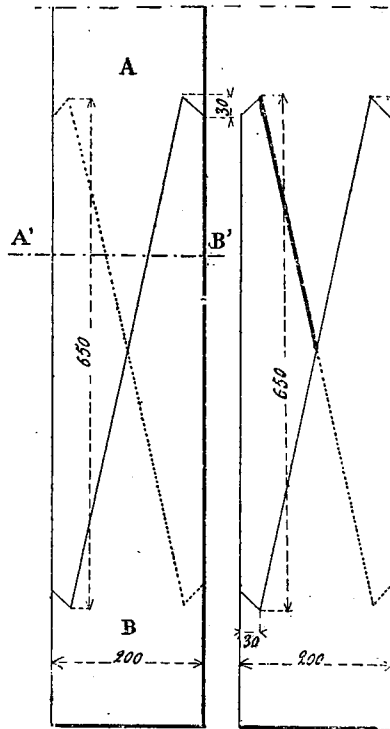


Fig. 207.



Coupe AB'.

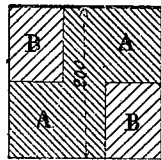
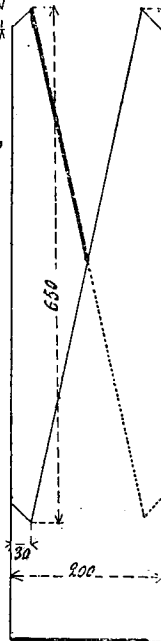


Fig. 208.



Vue en dessus.

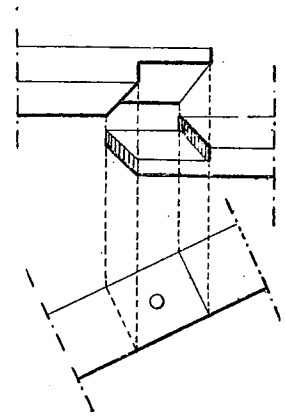
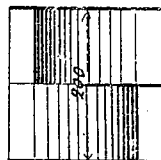


Fig. 209.

LES PIÈCES SONT HORIZONTALES OU INCLINÉES.

I. — Elles reposent simplement l'une sur l'autre.

**214. I.** Enture à mi-bois avec abouts carrés. — Cet assemblage, très simple, est représenté (fig. 209).

**215. II.** Enture à mi-bois avec abouts en coupe. — On dit qu'un about est en coupe, lorsque le plan qui le termine est

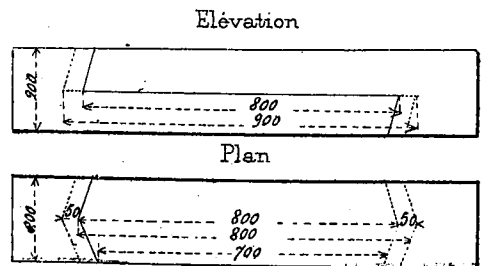


Fig. 210

incliné de façon que l'about assemblé se loge au-dessus de celui qui reçoit l'assemblage et s'y trouve maintenu. La figure 210 donne un exemple d'enture avec abouts en coupe brisée.

**216. III. Enture à mi-bois avec tenon d'about.** — Dans cet assemblage simple, représenté (fig. 211), on met en joint en poussant longitudinalement les pièces

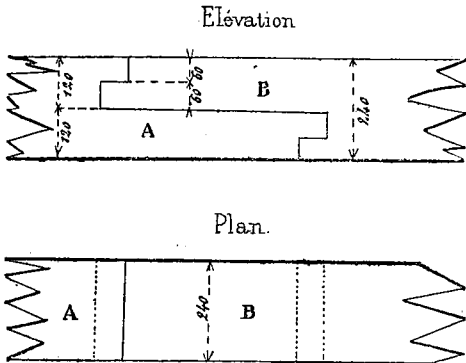


Fig. 211.

l'une vers l'autre. Lorsque le joint entre les deux pièces est incliné par rapport aux faces, on met en joint latéralement.

II. — Les pièces sont posées l'une sur l'autre et soumises à un effort de traction dans le sens de leur longueur.

NOTA. Dans les assemblages de rallongement qui doivent résister à des efforts exercés dans le sens de leur longueur, on donne, en pratique, les dimensions suivantes à la longueur de l'assemblage ou *empatture*.

Quand on n'emploie pas de ferrures : six fois l'épaisseur de la poutre pour le chêne, le frêne et l'orme et douze fois cette épaisseur pour le sapin.

Quand, au contraire, l'assemblage comporte des ferrures pouvant seules résister aux efforts, les empattures sont alors respectivement trois fois et six fois l'épaisseur de la poutre. Elles sont de deux et quatre fois cette même épaisseur, lorsque, en outre des ferrures, on emploie des clefs en bois dur serrant énergiquement les abouts des pièces.

Dans les croquis qui suivent, les longueurs des entures ne sont pas cotées : On leur donnera à peu près les dimensions qui viennent d'être indiquées. Ces dimensions résultent du rapport entre la résistance de cohésion et la résistance à l'écrasement des bois.

## ENTURES DIVERSES.

**217. I. Enture à mi-bois avec tenons**

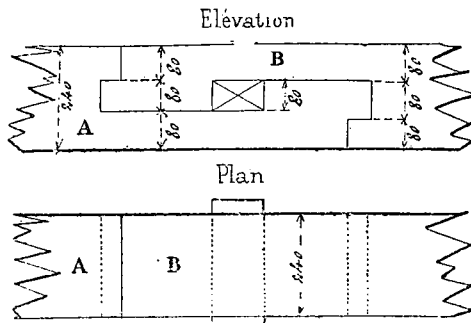


Fig. 212.

*d'about et clef.* — Cet assemblage est représenté (fig. 212). Il se comprend facilement à l'inspection de la figure.

**218. II. Assemblage à trait de Jupiter simple.** — L'assemblage, désigné sous le nom de trait de Jupiter, est composé d'entailles à redants formant des angles aigus. Le nom de cet assemblage et de tous ceux qui en sont dérivés vient de la ressemblance du tracé du joint sur les faces de parement avec les traits de foudre qu'on place comme attribut dans la main de Jupiter. On l'emploie pour composer un tirant ou un entrait de plusieurs pièces, à défaut de bois assez longs, pour les faire en une seule. Outre les redants qui contribuent à tenir les deux pièces jointes ensemble, on fait encore usage de boulons à écrous et de liens en fer. Lorsque deux pièces de bois sont entées par ce moyen, elles sont aussi solides qu'une pièce des mêmes dimensions qui serait d'un seul morceau. Cet assemblage est préférable, pour les pièces de bois dont l'effet se fait sentir dans la direction de la longueur de la pièce, à celles qui doivent supporter un poids, car tout l'assemblage est disposé

de manière à résister plutôt à une force de traction qu'à un effort de pression.

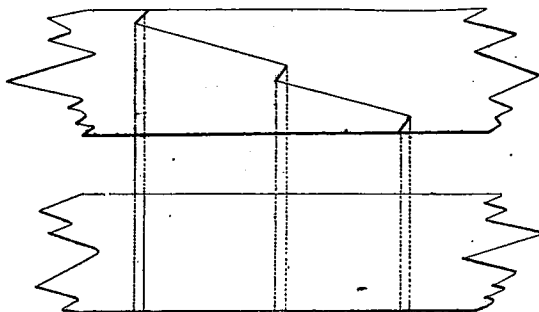


Fig. 213.

Le trait de Jupiter le plus simple est représenté en croquis (fig. 213).

**219. III. Assemblage à trait de Jupiter avec clef.** — Cet assemblage (fig. 214) ne

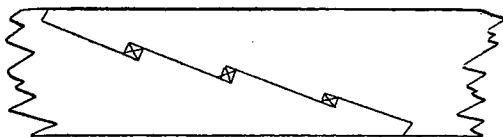
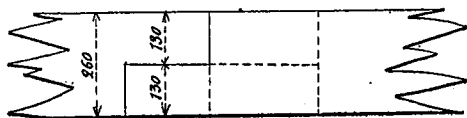


Fig. 215.

Elevation.



Plan.

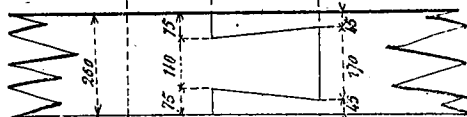


Fig. 216.

aurons l'occasion de voir en étudiant les poutres diverses.

**221. V. Assemblage à mi-bois avec queue d'hironde et à mi-bois avec double queue d'hironde.** — Nous donnons, (fig. 216 et 217), deux assemblages qui sont souvent employés pour joindre deux pièces dans le sens de leur longueur.

ASSEMBLAGES PAR CRÉNELURES ET PIÈCES JUMELLÉES.

**222. I. Assemblage par crénelures (faces**

diffère du précédent que par l'addition

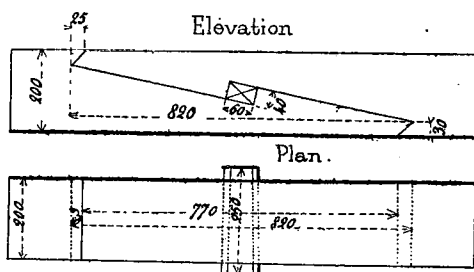


Fig. 214.

d'une clef en bois destinée à serrer les abouts en joint.

**220. IV. Assemblage à trait de Jupiter à triple entaille et à trois clefs.** — Cet assemblage, représenté en croquis (fig. 215), est encore une variante du précédent. Il en existe encore d'autres types que nous

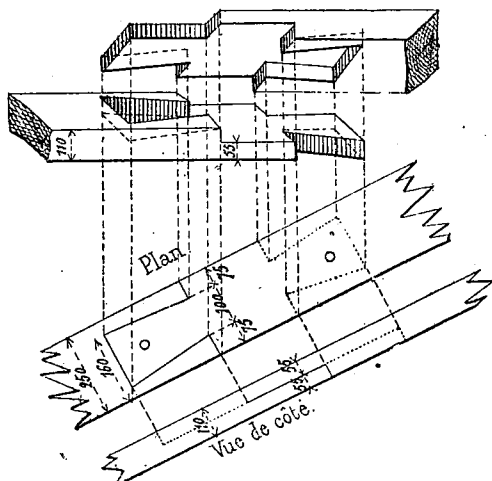


Fig. 217.

parallèles). — L'assemblage par crénelures est représenté (fig. 218). Le sommet des crénelures ne doit pas s'élever au-dessus des  $\frac{2}{3}$  de l'épaisseur de la poutre et la base ne doit pas descendre au-dessous du  $\frac{1}{3}$  de la même dimension.

**223. II. Assemblage par crénelures (faces non parallèles).** — La figure 219 montre cet assemblage qui n'est qu'une variante du précédent. La poutre supérieure est supposée en deux pièces.

**224. III. Pièces jumellées avec arbalé-**



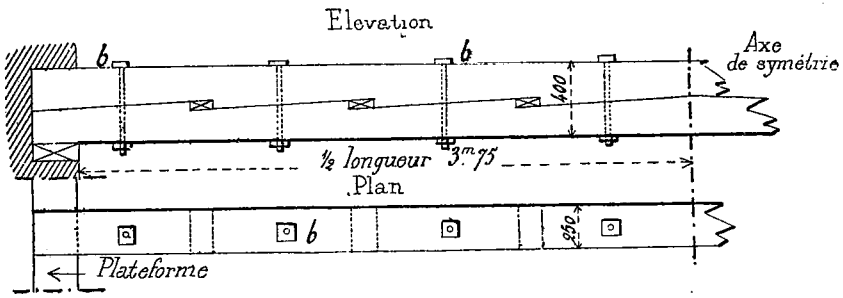


Fig. 218.

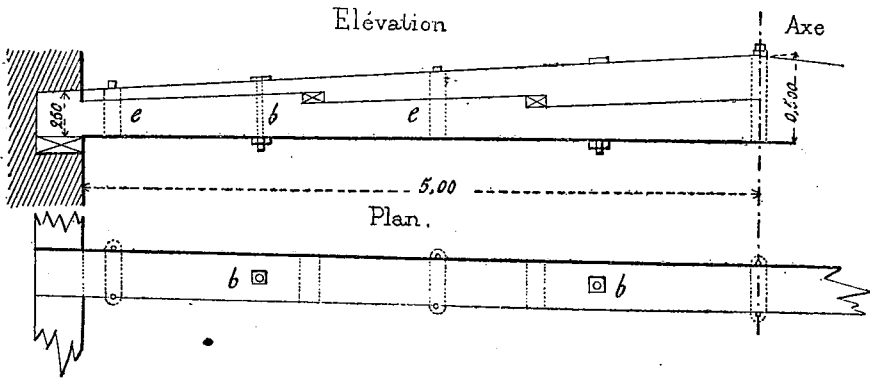


Fig. 219.

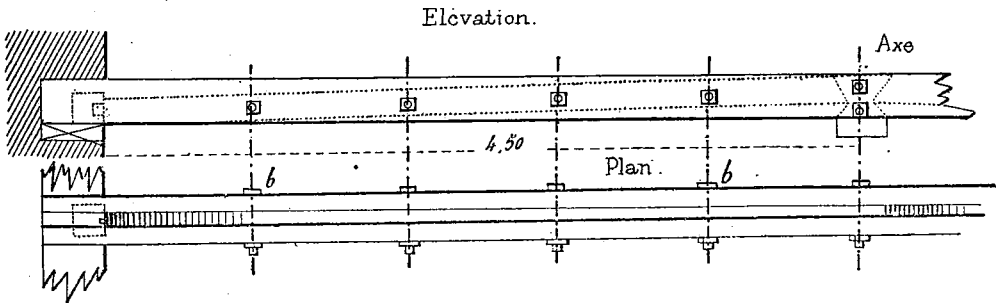


Fig. 220.

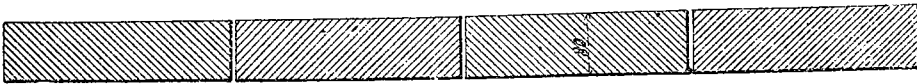


Fig. 221



Fig. 222.

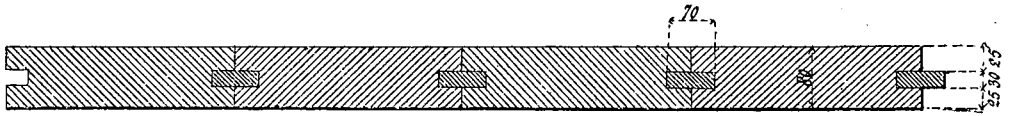


Fig. 223.

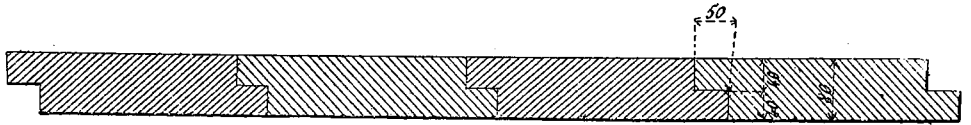


Fig. 224.

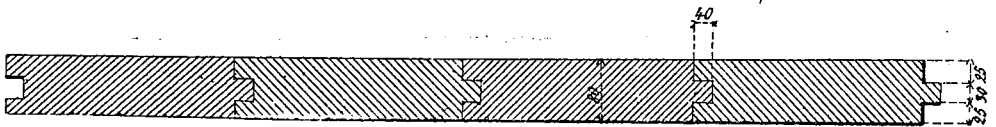


Fig. 225.

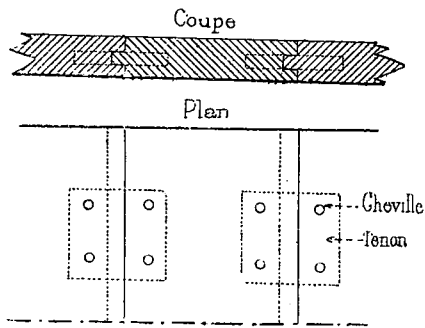


Fig. 226.



Fig. 227.

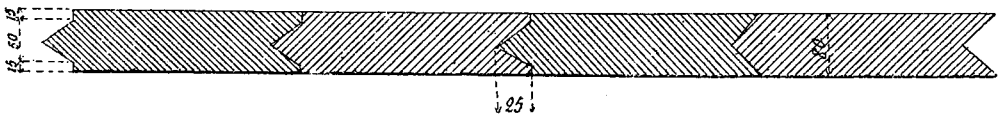


Fig. 228.

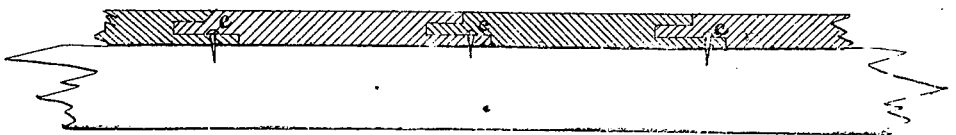


Fig. 229.

triers intérieurs. — L'ensemble de cet assemblage est représenté (fig. 220).

*Nota.* Dans les trois exemples ci-dessus, les boulons servant à consolider les assemblages sont indiqués par la lettre *b*. Les lettres *e* indiquent l'emplacement des étriers.

## VII. — Assemblages des planches et des madriers.

Les principaux assemblages des planches et des madriers sont les suivants :

**225.** I. Assemblage à plat joint (fig. 221).

**226.** II. Assemblage en fausse coupe. — Cet assemblage est indiqué en croquis (fig. 222).

**227.** III. Assemblage à languettes rapportées. — Dans cet assemblage, représenté (fig. 223), on place une fausse languette rapportée dans la rainure creusée dans l'épaisseur de chaque planche. Cette fausse languette doit être en bois debout.

**228.** IV. Assemblage en planches à joints recouverts. — Cet assemblage est représenté (fig. 224).

**229.** V. Assemblage à rainures et languettes simples. — Cet assemblage, bien connu, est représenté (fig. 225).

**230.** VI. Assemblage à rainures et languettes simples avec faux tenons chevillés. — Cet assemblage est représenté (fig. 226). Les tenons sont toujours à bois debout, dont le fil est perpendiculaire à la longueur des planches.

**231.** VII. Assemblage à doubles rainures et languettes. — Représenté en croquis (fig. 227).

**232.** VIII. Assemblage dit à grains d'orge. — Cet assemblage, représenté (fig. 228), est très employé pour les palplanches battues à la sonnette et formant les enceintes des fondations dans les sols affouillables.

**233.** IX. Assemblage de planches à joints recouverts avec rainures et languettes. — Dans cet assemblage, représenté (fig. 229), les planches sont clouées sur une solive, par exemple, et les têtes de clous *c* sont recouvertes par les planches suivantes à mesure qu'on les pose.

**234.** X. Assemblage à rainures et languettes avec traverse. — Dans cet assemblage (fig. 230), les planches assemblées entre elles à rainures et languettes sont

également assemblées à rainures et languettes avec tenon et mortaises dans une pièce de bois *B* placée perpendiculairement à ces planches.

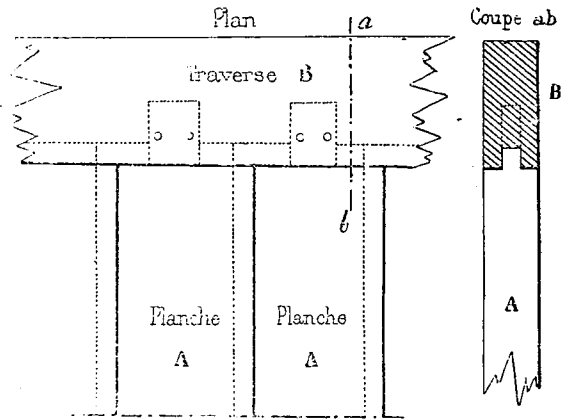


Fig. 230.

## VIII. — Assemblages des bois cylindriques.

**235.** Avant de terminer cette étude des principaux assemblages, il est bon de dire quelques mots des assemblages des pièces de bois cylindriques. Les bois ronds peuvent être assemblés à tenon et mortaise comme les bois carrés ou rectangulaires, mais avec quelques détails qu'il est important de montrer par un croquis.

**236.** I. Assemblage à angle droit de deux pièces cylindriques. — La figure 231 donne un exemple de cet assemblage vu sur deux faces et, de plus, les deux pièces étant dé-

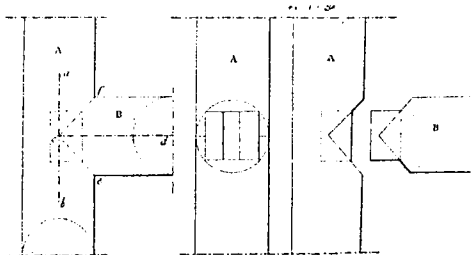


Fig. 231.

assemblées. Dans ces assemblages, comme dans les assemblages correspondants de pièces rectangulaires, on peut remarquer que les deux axes *ab* et *cd* des deux pièces assemblées sont dans un même plan, que les deux pièces sont comprises entre deux

plans parallèles à celui de leurs axes et qui leur sont tangents. Le joint est nécessairement circonscrit par les courbes d'intersection des deux surfaces cylindriques. Lorsque les deux pièces ont le même diamètre, les courbes sont planes et projetées horizontalement sur les lignes droites, *ce* et *cf*, suivant lesquelles on ferait l'entaille dans la pièce A et l'about de la pièce B, si la jonction devait être faite par simple entaille, sans tenon ni mortaise.

**237. II. Assemblage oblique de deux pièces cylindriques.** — La figure 232 donne un exemple de l'assemblage oblique de deux pièces cylindriques ayant même diamètre.

Nous croyons inutile d'insister davantage sur les assemblages des pièces cylin-

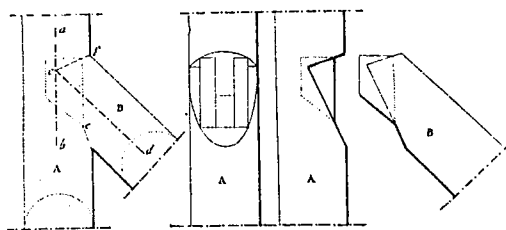


Fig. 232.

driques qui, en général, sont peu employées quand il s'agit de les assembler.

## § II. — DIFFÉRENTES PIÈCES MÉTALLIQUES EMPLOYÉES DANS LA CHARPENTE EN BOIS

### I. — Définitions et notions générales.

**238.** Anciennement, les charpentiers ne se servaient pas du fer pour relier leurs constructions en bois; de simples chevilles en bois dur leur suffisaient pour maintenir les assemblages. Aujourd'hui, le fer étant employé dans tous les arts, est devenu, pour la charpenterie, un auxiliaire précieux. Il sert en effet, à réunir certaines pièces de bois que des assemblages eussent trop considérablement affaibli. Il est employé pour fortifier certains assemblages qui ne sont, par eux-mêmes, pas assez solides; il sert aussi pour remplacer certaines pièces de bois où son emploi offre des avantages marqués. Enfin, il permet de donner aux charpentes une grande légèreté, tout en leur conservant une grande force.

Toutes les ferrures que nous allons décrire, quelles que soient leur nature et leur destination, doivent être peintes ou goudronnées avant leur mise en place afin de les préserver de la rouille.

Comme moyen d'assemblage et de consolidation, le fer est employé sous les diverses formes que nous allons étudier en détail.

### II. — Clous et broches.

**239.** On donne généralement le nom de *clou* à une tige de métal effilée à l'une de ses extrémités et pourvue, à l'autre, d'une tête sur laquelle on frappe.

Les clous doivent avoir une longueur au moins égale au double de l'épaisseur de la pièce fixée, à l'endroit où elle est traversée par le clou. Lorsque le clou employé dépasse l'épaisseur des deux morceaux de bois, il y a avantage, dans ce cas, à le river pour fortifier l'assemblage. Ce rivage se fait en maintenant la tête du clou et en couchant la partie qui dépasse contre la face traversée du bois. On se sert d'un marteau et on frappe obliquement sur la pointe du clou qu'on désire river. Les clous terminés par un biseau tranchant s'enfoncent mieux dans le bois que ceux qui sont terminés par des pointes coniques ou pyramidales, car le biseau tranche les fibres ligneuses au lieu de les écarter. Lorsque les clous employés sont gros et terminés par une pointe conique on est, en général, obligé d'amorcer leur logement dans le bois au moyen d'une mèche de vilebrequin d'un diamètre un peu plus petit que le côté de l'équarissage du clou. Si l'on ne prenait pas cette pré-

caution, on courrait le risque de faire fendre le bois.

Il existe plusieurs espèces de clous employés dans la charpenterie. La figure 233 donne les croquis des principaux. On en fait à tête plate, à tête de diamant, à tête aplatie latéralement, etc... La tige est cy-

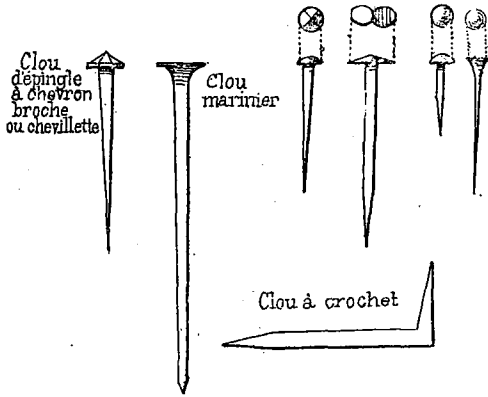


Fig. 233.

lindrique ou prismatique. La pointe est pyramidale, conique ou armée d'un taillant à deux biseaux. Les clous, nommés *clous à bâtiments*, sont employés pour fixer les gros bois en place. Les clous à bateaux servent aux maçons pour fixer les huisseries dans les maçonneries. Les clous mariniers servent à fixer les plate-bandes. Les clous à lacter et à plafonner sont employés pour clouer les lattis sur lesquels se font les hourdis et les plafonnages. On distingue encore les clous d'épingles tiges cylindriques à tête plate et à pointe quadrangulaire. On les divise en clous chevrons, clous fins et semence (les premiers sont les plus gros et servent aux charpentiers), clous à penture à tige méplate et à tête quadrangulaire, clous ou broches à parquet, sans tête, les broquettes et les clous ou chevilles barbelés, c'est-à-dire garnis sur les arêtes d'aspérités aiguës qui empêchent les clous de sortir de leurs trous. Enfin, les clous à crochets dont la tête est coudée. On donne le nom de *broche* à une cheville en fer servant à ferrer les bois ou à assujettir des assemblages de charpente. M. Emmerly a fait remarquer que les chevilles de fer ou broches dont les pointes sont coniques ou pyramidales

déterminent presque toujours des fentes dans le bois. Il recommande, avec raison, de donner la préférence à celles dont les extrémités sont taillées en lame plates et tranchantes, à deux biseaux comme celles d'un fermoir, et, lorsqu'on les chasse dans le bois, il faut que le tranchant soit perpendiculaire aux fibres, et non dans leurs sens, pour qu'il les coupe et ne les écarte pas.

### III. — Vis.

**240.** On donne le nom de vis à une tige cylindrique de bois ou de métal dont la surface est entaillée d'une rainure triangulaire ou rectangulaire. La saillie hélicoïdale se nomme le filet et la vis est dite à filet triangulaire ou à filet carré. La distance entre deux rainures s'appelle le *pas de la vis*.

*Qualités d'une bonne vis.* Pour qu'une vis à bois soit bonne, il faut que le filet soit mince et tranchant par son arête, que le fond du pas soit plutôt en forme de gorge que carré, que le pas soit bien égal en hauteur et que le corps de la vis soit cylindrique dans la partie non taraudée. Dans la partie qui reçoit le filet, le diamètre peut aller en augmentant progressivement vers la tête de la vis.

Afin de bien conserver les vis, il faut, avant de les introduire dans le bois, avoir soin de les graisser. Lorsqu'une vis doit affleurer une pièce de bois, on doit lui préparer d'avance son logement dans le bois. On le fait souvent pour toutes les vis, non parce qu'on a à craindre de faire éclater le bois, mais parce qu'il est souvent difficile, surtout dans les bois durs, de pouvoir les enfoncer tout à fait. On se sert, pour faire le logement des vis, d'une vrille ou d'un vilebrequin. Le trou fait avec ces instruments doit avoir tout au plus un diamètre égal au noyau de la vis et sa profondeur doit être un peu plus grande que la longueur de cette vis. Pour les bois tendres, on se contente d'amorcer le trou de la vis, soit avec la pointe d'un compas, soit avec tout autre instrument pointu. On doit exiger que les vis soient toutes posées en les tournant jusqu'à fond

avec le tourne-vis et ne pas permettre que les ouvriers les enfoncent à coups de marteau comme des clous : *c'est un usage pernicieux qui malheureusement est trop souvent pratiqué par les ouvriers.*

Pour les endroits humides, l'emploi des vis en cuivre est préférable. Le cuivre résistant moins que le fer, il faut que ces vis soient un peu plus fortes.

Les vis qu'on emploie pour fixer les ferures sur le bois sont dites vis à bois ; elles reçoivent différentes dénominations, par suite de la forme de leur tête. Il y en a de fraisées, à tête plate, à tête ronde, à tête carrée, à tête goutte de suif, etc. Ces vis, sauf celles à tête carrée (qu'on nomme tire-fonds), et qui se tournent à l'aide d'une clef, ont leur tête pourvue d'une rai-

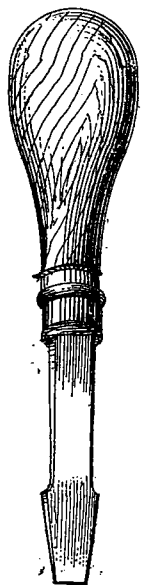


Fig. 234.

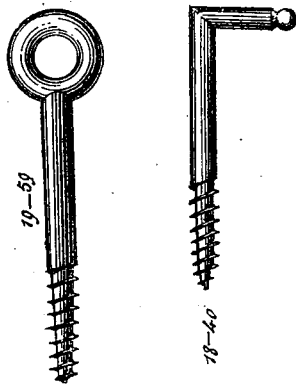
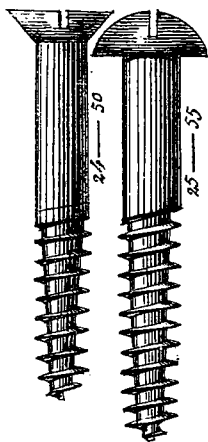


Fig. 235.

nure et dans laquelle on introduit le biseau d'un outil appelé *tourne-vis*, représenté (fig. 234), et à l'aide duquel on les enfonce dans le bois.

La figure 235 donne en croquis les principales vis employées pour les bois.

#### IV. — Clameaux.

**241.** On désigne sous le nom de *clameaux*, des espèces de clous ou crampons de fer plat ou carré, ayant une ou deux pointes, quelquefois dans le même sens, et d'autres fois en sens contraire, ou dans des directions perpendiculaires l'une à l'autre. On les fait exécuter de la grandeur dont on a besoin. Ils sont rarement employés pour consolider les assemblages ; on les utilise le plus souvent pour fixer des pièces de bois l'une sur l'autre ou l'une contre l'autre. Dans ce cas, on se

sert de clameaux à deux pointes, une pointe entrant dans chaque pièce. Si, sur la longueur de deux pièces de bois bien mises l'une contre l'autre, on place plusieurs clameaux, ces derniers s'opposent à leur séparation ou à leur déversement.

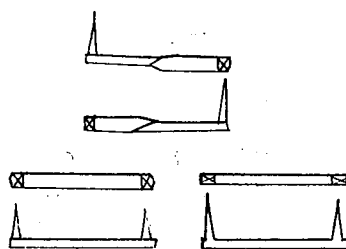


Fig. 236.

La figure 236 donne un croquis des principaux clameaux employés en charpente.

## V. — Boulons

**242.** On donne le nom de *boulon* à une tige ronde ou prismatique qui porte ordinairement un arrêt fixe à une de ses extrémités et un arrêt mobile à l'autre. On fait aussi usage de boulons dont les deux arrêts sont mobiles. Ces arrêts prennent alors le nom d'*écrous*. Ces derniers, qu'on nomme *boulons à deux écrous*, sont généralement employés lorsque l'épaisseur totale des bois réunis est considérable.

Il y a de nombreuses espèces de boulons qui diffèrent par la forme de leur tête et par celle de leur écrou. La figure 237 donne

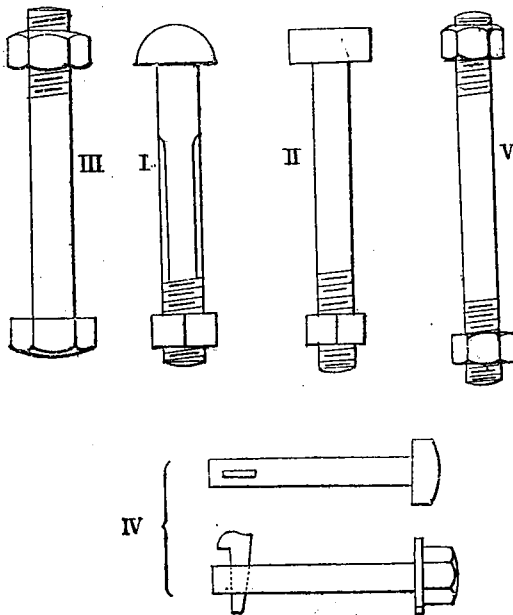


Fig. 237.

des exemples des diverses sortes de boulons les plus employés.

Les trois formes les plus connues sont représentées en I, II, III (fig. 237). L'arrêt fixe ou *tête du boulon* peut prendre la forme ronde, carrée ou hexagonale. L'arrêt mobile peut être une clavette ou une goupille s'engageant dans une mortaise pratiquée sur la tige cylindrique; mais, plus généralement, c'est un écrou qui se visse dans un bout fileté et qui se fait, soit carré, soit à pans.

Les boulons terminés d'un côté par une tête carrée ou hexagonale et, de l'autre, par une clavette qui s'engage dans une mortaise étaient très employés au xvii<sup>e</sup> siècle. On ne s'en sert presque plus aujourd'hui que pour la fermeture des volets de boutique. Ils sont représentés en IV (fig. 237). Il existe aussi des boulons sans tête et garnis de part et d'autre de clavettes ou d'écrous; ils sont représentés en V (fig. 237). On donne le nom de boulons d'écartement à ceux qui sont employés dans la construction des escaliers. Ce sont comme le montre le croquis (fig. 238), des tringles de fer rond qui traversent les limons au-dessous des marches et qui sont arrêtées de chaque côté par des écrous taillés sur le bois, ou par un écrou d'un côté et une clavette de l'autre. Les bou-

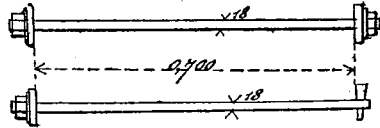


Fig. 238.

lons à vis ou *tire-fonds*, représentés (fig. 239), sont très employés et servent à serrer des pièces assemblées. Le corps des boulons peut être cylindrique, carré ou polygonal.

Pour les empêcher de tourner pendant qu'on visse l'écrou, ils sont quelquefois carrés sur une partie de leur longueur et ronds dans l'autre partie, comme le montre le croquis (fig. 240).

*Qualités à exiger pour les boulons.* — *Soins à prendre pour leur pose.* Les boulons étant d'un usage extrêmement fréquent dans la composition des charpentes, non seulement pour assembler certaines pièces, mais encore pour consolider les assemblages de toute espèce, il est utile de connaître ce qu'on doit exiger d'eux pour faire un bon travail.

1° La longueur des boulons est déterminée par l'épaisseur des pièces à réunir et leur diamètre proportionné aux efforts qu'ils doivent supporter;

2° Les boulons doivent être fabriqués avec du bon fer et, autant que possible, du fer fabriqué au bois;

3° Il est indispensable, avant de mettre les boulons en place, soit de les graisser, soit de les peindre au minium, afin d'éviter la rouille. Il faut aussi graisser les parties filetées et les écrous afin de les placer et de les déplacer avec facilité;

4° Les trous à travers lesquels les boulons doivent passer seront percés avec grand soin, tout juste aux diamètres des boulons, très droits et exactement dans la direction que les boulons doivent prendre;

5° On doit toujours interposer entre le bois et la clavette ou l'écrou au moins une rondelle de forte tôle, afin de préserver le bois des déchirures qui s'y feraient en serrant ces clefs ou ces écrous. Quand la

cette tête soit soudée ou refoulée et non pas simplement rivée ou retenue par des goupilles;

7° Les filets doivent être taillés à froid avec de bonnes filières;

8° L'écrou doit être foré à froid et non à chaud. Son taraudage doit être fait avec autant de soin que celui du boulon lui-même. Il faut avoir la précaution de graisser les écrous;

9° Pour les grands efforts, si l'on craint qu'un écrou ne se desserre par un mouvement de rotation rétrograde occasionné par une cause quelconque, on ajoute un deuxième écrou sur le premier comme le montre la figure 241. Ce deuxième écrou, qu'on nomme *contre-écrou*, serré fortement sur le premier, produit une très forte pression entre les filets de la vis et ceux de l'écrou; il est alors presque impossible de faire mouvoir le premier écrou.

*Serrage des écrous.*

Les écrous se serrent au moyen d'instruments appelés *clefs*. Ces clefs peuvent, comme le montre la figure 242, prendre plusieurs formes appropriées aux diverses dispositions des têtes ou écrous. La figure 243 représente la *clef anglaise* qui est d'un usage plus général que les autres parce que ses mâchoires peuvent être rapprochées ou éloignées à volonté, ce qui permet de serrer des écrous de différentes dimensions.

*Proportions à donner aux boulons de charpente, leur résistance.*

Les diverses proportions à donner aux boulons dépendent évidemment de la nature des efforts auxquels ils doivent résister. Un boulon peut, en effet, subir une traction dans le sens de sa longueur ou bien il peut être soumis à une tension ou à une pression

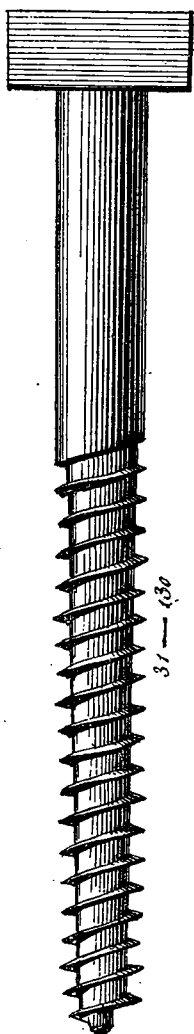


Fig. 239.

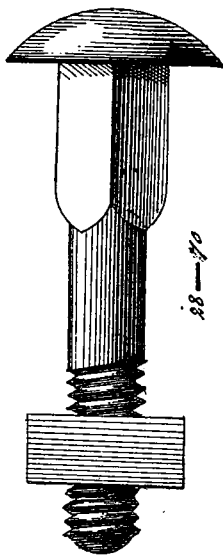
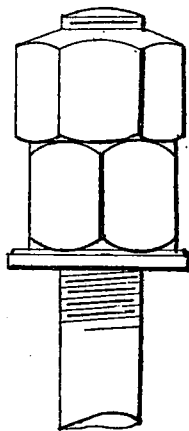


Fig. 240.



Vue en dessus

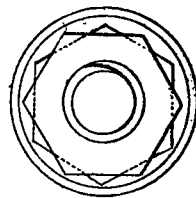


Fig. 241. — Écrou et contre-écrou.

pression est très grande, il est bon de mettre au moins deux rondelles sous les écrous. On rend ainsi le mouvement de rotation de l'écrou beaucoup plus doux ;

6° Lorsque la tête d'un boulon est fixée sur la tige, il faut exiger du fabricant que



s'exerçant normalement à son axe. Dans le premier cas, le boulon subissant un effort de traction dans le sens de son axe, on fait en sorte que ce boulon n'ait pas à

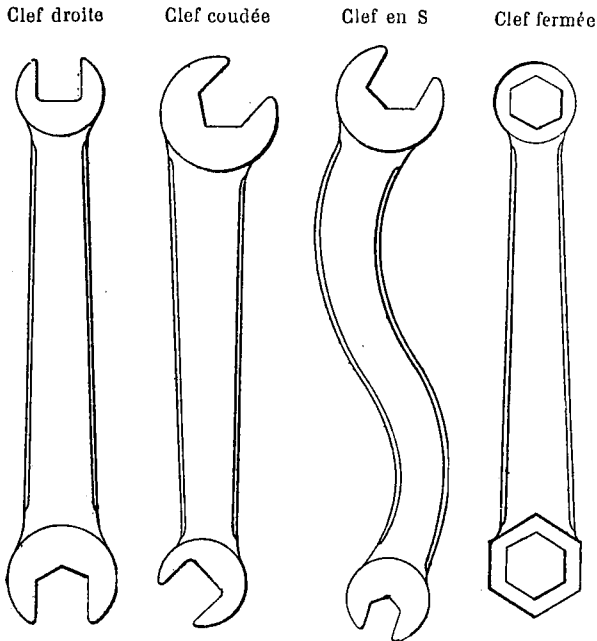


Fig. 242.

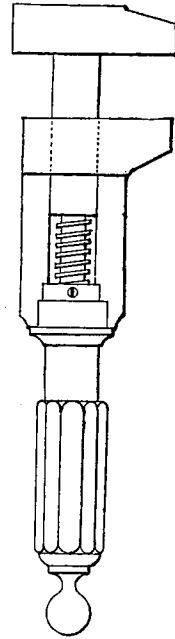


Fig. 243.

subir une force de traction supérieure à 3 kilos par millimètre carré de section. On pourrait aussi, pour simplifier les calculs, lui faire supporter une tension égale à 1000 fois son poids par mètre courant. Par exemple, un boulon pesant 1<sup>k</sup>,200 le mètre courant, pourrait supporter un effort de 1<sup>k</sup>,200 × 1000 = 1200<sup>k</sup>. Mais, n'étant pas certain d'avoir une bonne qualité de fer, le constructeur ne peut atteindre ce chiffre sans avoir quelques craintes et, n'ayant pas toujours sous la main du bon fer au bois, il préfère se servir du tableau ci-contre qui lui donne toute sécurité et ou, en tenant compte de la médiocre qualité du fer, ce dernier travaille dans des conditions peu inquiétantes.

Dans les boulons les filets de la vis sont ordinairement en saillie sur le noyau du 1/10 du diamètre et leur pas est double de leur saillie. L'épaisseur de l'écrou et celle de la tête des boulons sont égales au diamètre des filets, c'est-à-dire à celui du noyau plus 1/3.

Lorsque l'effort est transversal, c'est-à-dire s'exerce perpendiculairement à l'axe du boulon, la rupture tend alors à se

RÉSISTANCE A LA TRACTION DES BOULONS DE BATIMENT			
DIAMÈTRE des boulons en millimètres	RÉSISTANCE à la traction K = 0.70	POIDS des tiges par mètre courant	SECTION des tiges en millimètres carrés
5	51 <sup>kos</sup>	0 <sup>k</sup> 153	20
10	204	0. 613	79
12	293	0. 882	113
14	400	1. 201	154
16	525	1. 568	201
18	668	1. 985	254
20	829	2. 450	314
22	1008	2. 965	380
25	1296	3. 829	491
30	1837	5. 514	707
35	2500	7. 505	962
40	3265	9. 802	1257
45	4132	12. 405	1590
50	5101	15. 315	1963
55	6172	18. 562	2376
60	7345	22. 054	2827
65	8620	25. 883	3318
70	10000	30. 018	3848
75	11500	34. 459	4418
80	13000	39. 207	5027
85	14700	44. 261	5675
90	16500	49. 622	6362
95	18500	55. 288	7088
100	20000	61. 261	7854

produire par glissement ou par cisaillement. On limite l'action transmise aux  $\frac{4}{3}$  de la résistance à la traction qui, en général, est fixée à 7 kilogrammes par millimètre carré de section, ce qui fait  $5^k,60$  ou, pour plus de sécurité,  $5^k$  par millimètre carré de section.

Nous rappelons ici une formule très simple et souvent employée pour trouver le diamètre d'un boulon soumis à un effort de traction :

$$d = K \sqrt{F}$$

dans laquelle F est la tension totale du boulon,  $d$ , le diamètre cherché, exprimé en millimètres, K un coefficient qui, dans le cas de boulons de bâtiment, peut être pris égal à  $K = 0,70$ . Avec cette formule, il sera facile de trouver le diamètre d'un boulon soumis à une tension donnée.

### Problème.

**243.** Trouver le diamètre d'un boulon ayant à supporter un effort de tension de  $400^k$  par exemple.

En nous servant de la formule précédente, nous trouvons, en remplaçant les lettres par leurs valeurs,

$$d = 0,70 \sqrt{400}$$

ou  $d = 0,70 \times 20 = 14$  millimètres. Si nous nous reportons au tableau ci-dessus, qui donne la résistance à la traction des principaux boulons employés en charpente, nous trouvons, en effet, en face du nombre 400, un diamètre de 14 millimètres. Dans ce tableau, nous avons ajouté le poids des tiges par mètre courant et la section en millimètres carrés. Ces renseignements sont souvent très utiles et même indispensables pour l'établissement des devis ou les calculs de résistance.

Nous donnons, dans le tableau ci-après, comme simple renseignement, la valeur approximative, par 100 kilogrammes, des boulons de charpente les plus usités et dont les diamètres varient de 10 à 35 millimètres et les longueurs de  $0^m,15$  à 2 mètres.

BOULONS DE CHARPENTE				
DIAMÈTRES en MILLIMÈTRES	LONGUEURS des BOULONS EN MILLIMÈTRES			
	de 150 à 200	de 200 à 400	de 400 à 600	de 600 à 2 <sup>m</sup> ,00
	10 et 11	80 f.	70 f.	65 f.
12 13	76	65	60	55
14 15	72	60	55	50
16 17	68	55	50	45
18 19	64	50	45	40
20 21	60	45	40	38
22 23	55	45	40	35
24 25	50	45	40	35
26 27	"	42	38	35
28 30	"	40	38	35
32 35	"	40	38	35

### VI. — Frettes.

**244.** On désigne sous le nom de *frettes* des bandes de fer plat assez larges et épaisses auxquelles on donne diverses formes, circulaires, carrées ou polygonales, suivant les besoins. Les frettes servent, en général, à réunir plusieurs pièces juxtaposées

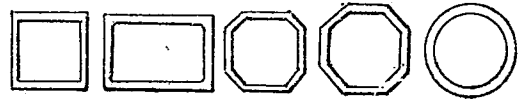


Fig. 244.

ou assemblées dans le sens de leur longueur. Elles sont aussi employées pour armer la tête des pilotis afin qu'ils résistent mieux aux coups de mouton et que le bois ne se fende pas dans le sens des fibres.

Les frettes les plus simples, formées par une bande de fer soudée par les deux bouts avec le plus grand soin, sont représentées (fig. 244). Il en existe d'autres (fig. 245) ayant des formes particulières et dont les extrémités ne sont pas réunies par une soudure mais qui sont susceptibles d'être rapprochées et maintenues au moyen de clavettes ou de boulons. Dans certains cas, elles sont formées, pour les pièces de bois carrées par exemple, de quatre brides terminées chacune par un bout cylindrique fileté, entrant dans l'œil

d'une autre bride et serré par un écrou. Cette dernière disposition est excellente pour les pièces carrées ; elle permet d'opérer de très grands efforts de pression. Pour qu'une frette serre bien la pièce ou

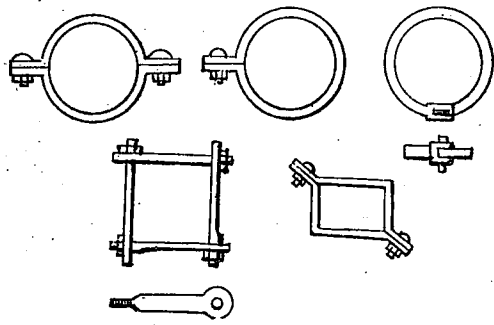


Fig. 245.

les pièces de bois qu'elle enveloppe, il faut avoir soin, en premier lieu, de ne l'appliquer qu'à des bois très secs, puis de donner un peu de dépouille à l'emplacement qui doit la recevoir, afin qu'on puisse la forcer de serrer en la chassant à coups de marteau, pour la pousser vers la partie la plus grosse du bois où on la retient au moyen de quelques clous. On peut aussi, quand elle vient d'être forgée et qu'elle est encore chaude, la mettre en place. En se contractant par le refroidissement, elle produit, sur les pièces de bois, un serrage très énergique. Comme nous l'avons vu dans ce qui précède, certains assemblages, pour être solides, réclament l'emploi de frettes ; par exemple, les assemblages à enfourchement, etc.

## VII. — Liens et étriers.

**245.** On donne le nom de *lien*, à une tige de fer méplat coudée en forme d'U très allongé et qui sert à assembler et à consolider deux ou plusieurs pièces de bois accolées. L'extrémité des deux branches est terminée par un bout fileté dans lequel s'engage un écrou. Dans certains cas, les deux branches sont réunies par une bride, ou plaque de fer méplat trouée, contre laquelle s'exerce la pression des écrous. Dans d'autres cas, cette pression s'exerce sur des rondelles en fer comme dans les bou-

lons. Nous donnons un exemple de lien (fig. 246). Quelquefois, les liens s'emploient concurremment avec les frettes pour maintenir les arbalétriers dans leurs embrèvements sur leurs tirants, par exemple (fig. 247).

Les *étriers* sont aussi des bandes de fer plat en forme d'U qui embrassent une pièce de bois pour la suspendre à une autre pièce. Ils ne diffèrent des liens qu'en ce

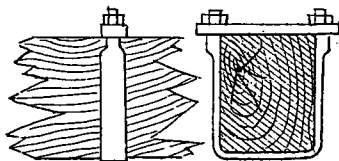


Fig. 246.

que leurs longues branches, au lieu d'être terminées par une vis et un écrou, sont percées d'un ou de plusieurs trous placés l'un vis-à-vis de l'autre et dans lesquels se placent des boulons ou de simples clous

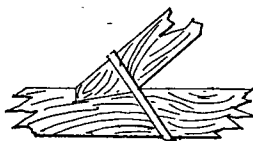


Fig. 247.

de bâtiment servant à les fixer. On se sert des étriers pour relier un tirant ou entrain de comble à un poinçon ; ils servent aussi à supporter les faux entrains. On se sert également d'étriers à pattes chantournées qui sont destinés à supporter l'about d'une poutre joignant une autre pièce. Par suite de la forme chantournée et des coudes que présentent ces derniers étriers, on est obligé de les exécuter avec du fer au bois. Dans les planchers en bois, les chevêtres en fer, placés dans les âtres et les passages de cheminée, reçoivent, à leurs extrémités reposant sur les solives, la forme d'un étrier spécial fixé sur ces solives par deux clous marinières.

On donne aussi le nom d'étrier à de simples bandes de fer coudées et tordues qui servent à soutenir les assemblages des

solives avec les poutres et qui, suivant les cas, peuvent prendre plusieurs formes. Nous donnons (fig. 248) les divers types d'étriers employés dans la charpenterie.

Lorsqu'on doit exercer de fortes pressions, il est bon d'arrondir les angles des liens et des étriers comme le montre la figure 249. On risque moins de les voir se briser que

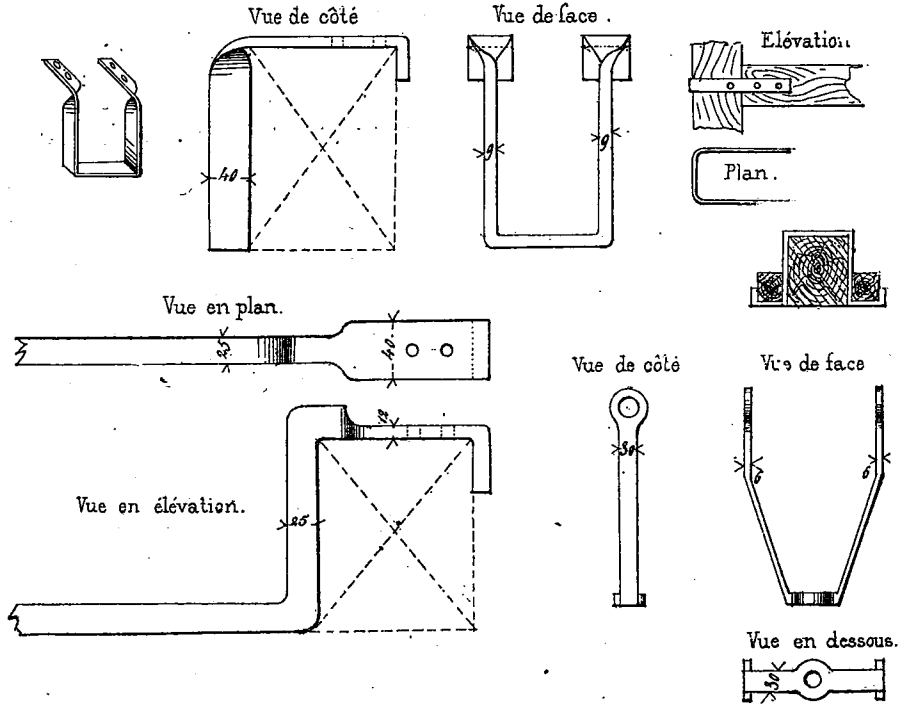


Fig. 248.

lorsque les branches sont simplement coudées à angle droit. On peut, pour que l'étrier s'applique bien sous la pièce, ar-

rondir les angles ou placer un petit tasseau *t* arrondi lui-même et qui recevra tout l'effort de la pression exercée.

pierre ou une partie quelconque de mur, un corps étranger, pièce de bois ou de métal. Par exemple, les fers à scellement sont employés pour fixer des pièces de bois contre des murs en maçonnerie. La figure 250 représente trois sortes de scellements. En I, est un boulon scellé dans le mur et destiné à traverser une pièce de bois pour l'attacher contre ce mur. L'extrémité du boulon placée dans le mur est terminée en forme de queue de carpe. En II, une bande coudée *B* embrasse une pièce de bois et la tient appliquée contre le mur par l'effet de deux scellements. En III, deux boulons scellés dans le mur retiennent, entre eux, une pièce de bois, appliquée contre le mur au moyen d'une bride saisie sous les deux écrous de ces boulons. La figure 251 donne la disposition d'une *queue de carpe* servant à chaîner les pièces de bois d'une importance secondaire et à les maintenir scel-

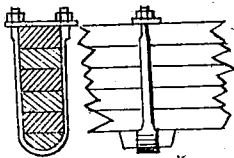


Fig. 249.

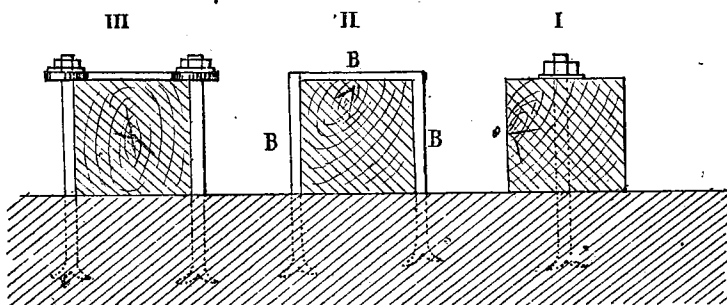
**VIII. — Scellements.**

**246.** On donne le nom de scellement à une disposition spéciale qui a pour effet de lier, d'une manière intime, avec la

lées dans les murs. Elle porte un talon  $t$  qui s'encastre dans le bois et est fixé par trois clous mariniers.

Nous venons de dire que les fers à scel-

lement peuvent être fixés ou scellés dans la pierre ou dans la maçonnerie. Pour exécuter l'opération de scellement dans la pierre ou dans un mur, on creuse une cavité



Mur en maçonnerie ordinaire

Fig. 250.

plus large que la pièce qu'on y introduit ensuite et on remplit les intervalles libres au moyen de substances liquides ou semi-liquides susceptibles de se solidifier et de durcir. Ces substances sont ordinairement le plâtre, le soufre, les mastics de fonte, le ciment et le plomb. Le plâtre gâché en pâte liquide et le soufre forment de très

vertures sont tournées vers l'orifice du trou de scellement.

### IX. — Ancres.

**247.** On donne le nom d'*ancres* à des ferrures ou barres de fer qu'on fait passer dans l'œil d'un tirant et qui servent à

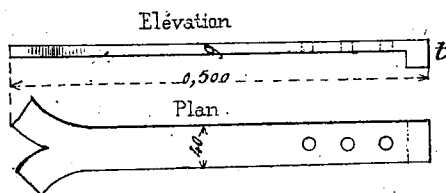


Fig. 251.

bons scellements, parce qu'ils augmentent de volume en se solidifiant et qu'ils remplissent exactement la cavité dans laquelle ils sont placés. Le plâtre et le ciment sont seuls employés pour sceller le bois, par raison d'économie et de facilité d'emploi.

Pour les scellements faits dans la pierre, la profondeur du trou varie suivant la nature de la pierre. Elle est de 0<sup>m</sup>,08 à 0<sup>m</sup>,09 dans la pierre dure, de 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,15 dans la pierre demi-dure. Si la pièce à sceller est en fonte, on lui donne la forme d'un tronc de pyramide et on ménage, autant que possible, quelques aspérités et saillies. Si la pièce est en fer, on la renfle ordinairement vers sa base et on y taille des barbelures ou entailles dont les ou-

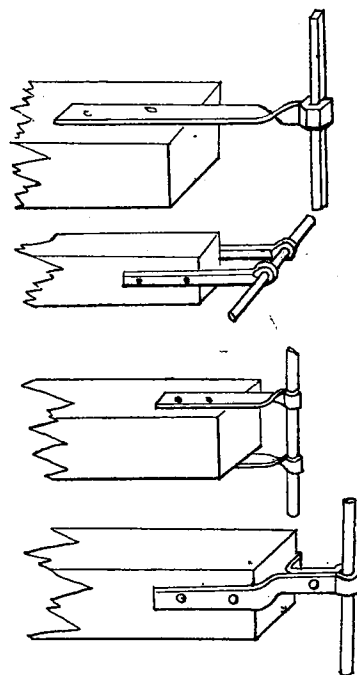


Fig. 252

relier une solive ou un chaînage à un

mur, à empêcher l'écartement des murs, la poussée des voûtes, le déversement d'une cheminée, etc. Les ancrés sont simples, doubles, décorées, etc... La plupart du temps, on les cache dans le mur ; mais, lorsqu'on peut les disposer d'une manière régulière il vaut mieux les laisser apparentes et en faire un motif de décoration.

Si les ancrés sont placées dans les murs, elles sont formées de simples barres de fer rond ou carré et peuvent prendre les dispositions indiquées par la figure 252

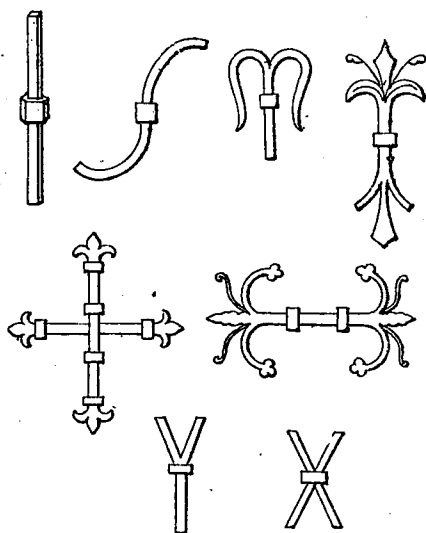


Fig. 253.

appliquées à des pièces de bois. Si, au contraire, les ancrés sont apparentes, on peut

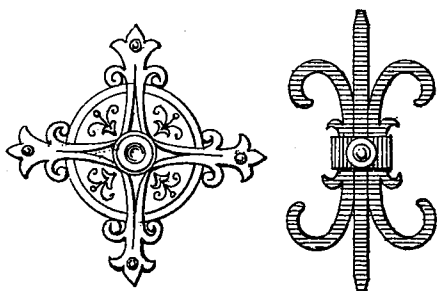


Fig. 254.

leur donner diverses formes représentées (fig. 253). On fait ainsi des ancrés en fonte et nous en donnons deux exemples (fig. 254).

Dans ce cas, on les relie au moyen de boulons. Dans les constructions légères, les châtelets, etc., on se sert d'ancres en bois retenues avec des clefs.

La disposition des ancrés dans les murs mitoyens étant souvent des causes de discussion, il est bon de rappeler l'article 655 du Code civil qui traite cette question.

« Quand un mur mitoyen est reconstruit à neuf, les deux propriétaires ont un droit égal de placer dans ce mur des ancrés qui tendent à le relier aux maisons contiguës, mais en les encastrant dans l'épaisseur du mur. Celui qui élève le premier, et à ses frais seuls, un mur séparatif, pour recevoir une construction, a le droit de placer les ancrés comme il l'entend. Le propriétaire voisin venant ensuite à adosser des constructions contre le dit mur, ne peut placer de tirants et d'ancres le traversant qu'en réparant toutes les dégradations que ces travaux auront occasionnés. Les dits tirants et ancrés devront être recouverts, du côté du voisin, d'un enduit de 0<sup>m</sup>,03 au moins d'épaisseur. »

On donne le nom général d'*ancrages* aux systèmes d'attache des extrémités des poutres sur les murs qui les supportent.

## X. — Plate-bandes.

**248.** On donne le nom de *plate-bande* à une bande de fer plat qui sert à réunir deux pièces jointives au moyen de clous,

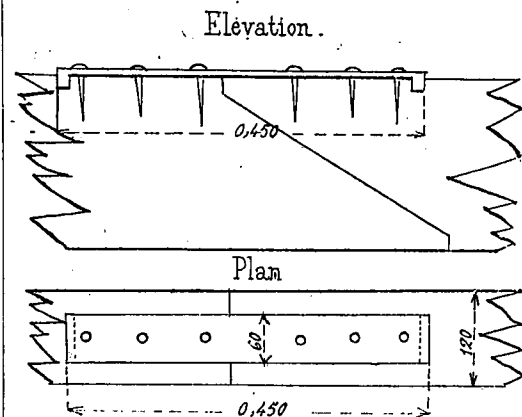


Fig. 255.

de vis ou de boulons. On se sert de plate-

bandes dans les planchers en bois, dans les pans de bois, dans les limons d'escalier, etc.

Quand on emploie des plate-bandes ou des bandes de fer pour consolider un assemblage, il est préférable de les fixer sur les pièces au moyen de vis et de ne pas employer les clous. Les boulons sont encore préférables. Dans certains cas, on recourbe les extrémités des plate-bandes de manière à former des agrafes qu'on fait entrer dans le bois et on obtient ainsi un meilleur travail. Nous donnons (fig. 255) un croquis montrant une des diverses applications des plate-bandes.

### XI. — Harpons.

249. On donne le nom de *harpon* à une pièce de fer plat terminée par une partie cylindrique filetée et qui sert à relier deux pièces de charpente : par exemple, une solive de plancher avec un pan de bois, ou une pièce de charpente et un

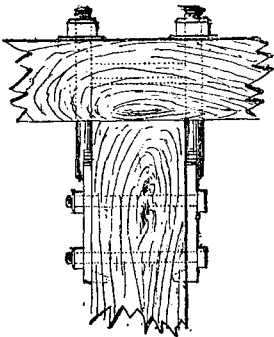


Fig. 256.

mur. Dans le premier cas, on termine le harpon par un talon ; dans le second cas, par un scellement. Nous donnons un exemple de l'emploi des harpons. (Fig. 256).

### XII. — Équerres.

250. Une équerre est une pièce de tôle coudée à angle droit et qui sert à consolider les assemblages de deux pièces de bois formant un angle : par exemple, pour maintenir les montants et les traverses d'une croisée, les châssis des portes, etc. Il existe trois sortes d'équerres : l'équerre

simple, qu'on renforce ordinairement par un congé ; l'équerre double, bande de fer de la largeur d'une croisée et pourvue de deux petites branches formant retour ; l'équerre à té, ayant la forme d'un T. Il y a aussi les équerres plates et les équerres de champ. Une équerre plate doit être incrustée le plus possible dans le bois, si l'on veut qu'elle produise son effet, et ses bouts doivent s'y enfoncer sous forme de crampon. Qu'on emploie des équerres simples ou des équerres doubles, si l'on veut qu'elles maintiennent solidement les assemblages, il ne faut pas qu'elles soient

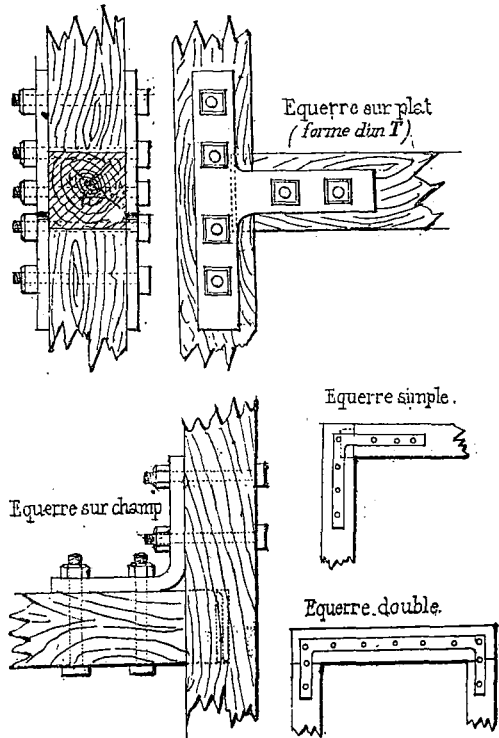


Fig. 257.

seules, mais que chacune d'elle corresponde à une autre équerre placée parallèlement de l'autre côté de l'assemblage. Si ces deux équerres qui se correspondent sont fixées avec des clous, il faut les placer de manière que ces clous ne se correspondent pas ; il en est de même si elles sont maintenues avec des vis. Si, au contraire, les équerres sont maintenues avec des boulons, on fera bien de faire

coïncider les trous et de faire traverser la pièce de bois par ces boulons. Nous donnons (fig. 257) les diverses applications des équerrres.

### XIII. — Tirants.

**251.** Un tirant est une pièce de fer rond ou plat, terminée d'un côté par un œil dans lequel passe une ancre et, de l'autre, par un assemblage spécial pour se relier avec une deuxième tige, ou par un scellement ou par un œil suivant les cas. Les tirants servent, soit pour réunir des pièces de charpente éloignées les unes des autres, soit pour s'opposer à l'écartement de deux murs, etc. En charpenterie, on désigne aussi, sous le nom de tirant, une pièce de bois qui, dans une ferme en bois, reçoit, par assemblage, le pied des arbalétriers. Le tirant est une pièce soumise à un effort de traction ; il est soulagé de son propre poids par le poinçon qui vient s'assembler

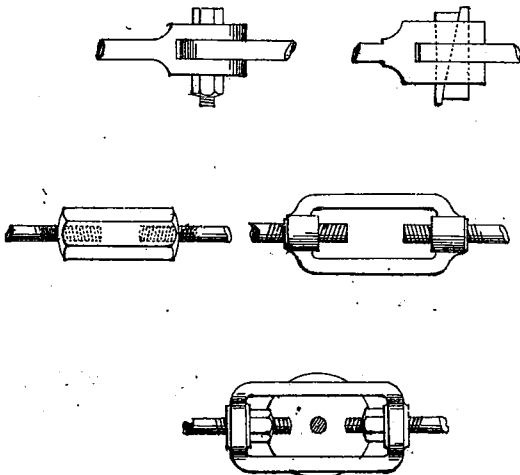


Fig. 253.

en son milieu par un tenon passant, ou s'y relier par une bride boulonnée ; dans ce cas, le tirant peut porter un plancher. Dans certains combles, on remplace quelquefois le tirant en bois par une tringle de fer rond d'une seule pièce, ou de deux pièces réunies entre elles par des brides, fourrures, lanternes, etc.

Ces tirants sont ordinairement soulagés par un poinçon en bois ou en fer qui,

dans ce dernier cas, porte le nom d'*aiguille pendante*. Nous examinerons leurs diverses dispositions dans l'étude des combles. Nous donnons (fig. 258) quelques types de réunion de tiges formant tirants. Au moyen âge, on a employé des chainages en bois,



Fig. 259.

mais on y substitua bientôt de véritables chaînes composées, comme le montre le croquis (fig. 259) de crochets entrant les uns dans les autres et souvent logés dans la maçonnerie ; enfin, on employa des

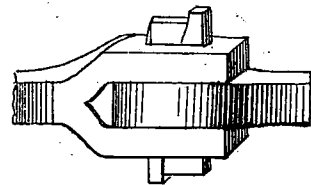


Fig. 260.

chainages analogues à ceux que nous utilisons aujourd'hui, mais dont les barres étaient réunies entre elles à charnières avec clefs (fig. 260). C'est aussi de cette manière que sont assemblés les fers plats qui composent les ceintures ou chainages de la coupole de Saint-Pierre de Rome.

### XIV. — Chaînes.

**252.** Dans certains cas, très rares, les chaînes ont été employées en charpente pour remplacer les tirants. Elles doivent alors être composées de chaînons fort longs, formés de tringles terminées par des anneaux ronds ou ovales. Elles ont l'inconvénient d'être très élastiques et d'offrir peu de résistance pour la grande quantité de fer qu'elles réclament.

### XV. — Manchons, sabots, chapeaux, etc.

**253.** Ce sont des pièces qu'on exécute souvent en fonte et qui ont pour but de réunir, d'une manière invariable, des pièces de bois qu'il serait difficile d'assem-



bler autrement. Leur but est aussi d'empêcher la pénétration des pièces de bois les unes dans les autres, ce qui peut avoir lieu lorsqu'elles sont soumises à de très fortes pressions. La forme de ces ferrures peut varier à l'infini. Nous en donnerons ci-après quelques exemples.

truction des planchers en bois des moulins, des magasins généraux, etc... où les charges à supporter sont très grandes.

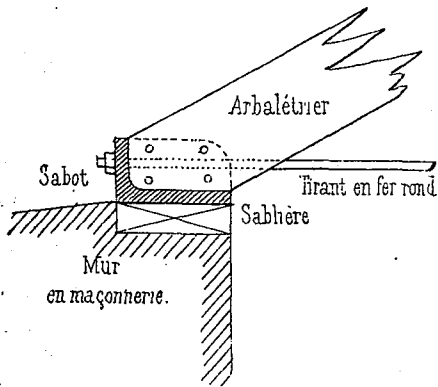


Fig. 261.

La figure 261 donne un exemple très simple de sabot en fonte employé pour recevoir la base d'un arbalétrier en bois.

La figure 262 indique comment on peut, sur un poteau, placer un chapeau en fonte destiné à recevoir d'autres pièces de bois placées perpendiculairement à ce poteau. Ce système est très employé pour la cons-

truction des planchers en bois des moulins, des magasins généraux, etc... où les charges à supporter sont très grandes. Le chapeau en fonte, outre qu'il empêche les pièces de bois d'entrer l'une dans

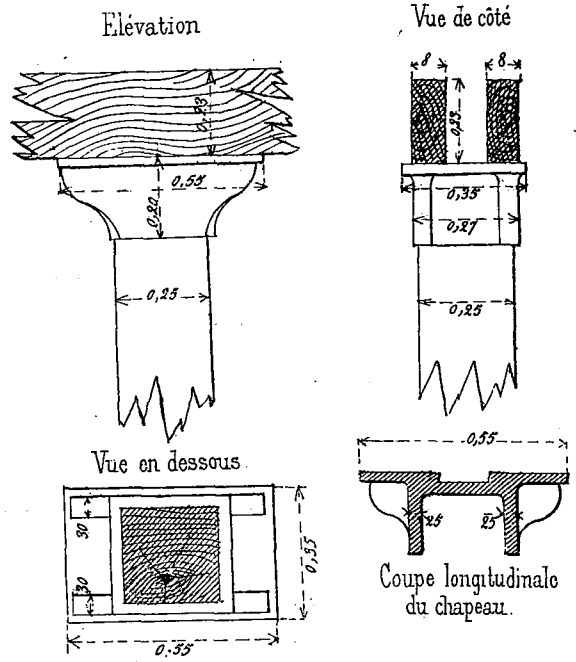


Fig. 262.

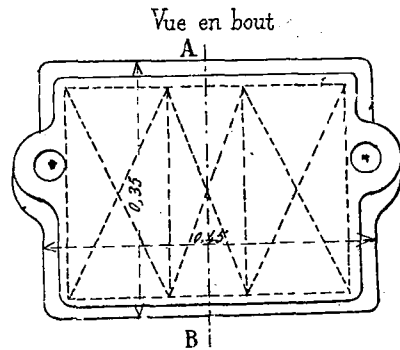
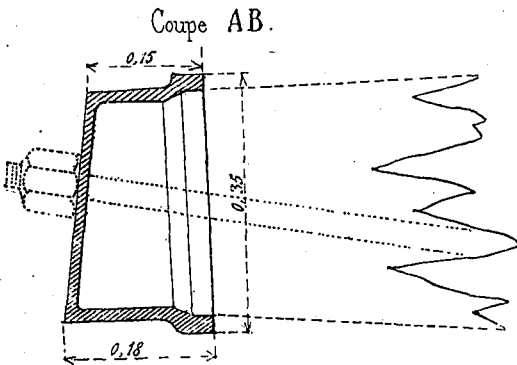


Fig. 263. — (Chapeau pour extrémités de poutres armées.)

l'autre par suite d'une trop grande charge, sert aussi à soulager, sur une plus grande surface, les pièces placées perpendiculairement aux points d'appuis verticaux. La disposition donnée est très simple, on

peut, suivant les besoins, varier les formes et les dimensions de ces chapeaux en fonte.

La figure 263 donne un exemple de chapeau en fonte appliquée à l'extrémité

d'une poutre armée. Nous n'indiquerons pas d'autres exemples de toutes les pièces de fonte qui peuvent être employées dans la charpenterie, nous aurons l'occasion d'en donner de nouveaux dans le courant du traité de charpente.

## CHAPITRE III

### PLANCHERS EN BOIS ET PANS DE BOIS

#### I. — PLANCHERS EN BOIS

#### § I. DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES

**254.** On désigne sous le nom de *planchers*, de véritables pans de charpente qui se placent horizontalement pour séparer les différents étages d'une construction et en supporter les *aires* ou *parquets*. Les planchers se composent de trois parties principales :

- 1° Le plafond ;
- 2° La charpente proprement dite du plancher ;
- 3° Le carrelage ou parquet.

#### Observations générales sur les planchers en bois.

**255.** Dans un plancher en bois, la grosseur des poutres et des solives doit toujours être proportionnée à leur longueur et à la charge que ce plancher aura à supporter. Les dimensions à admettre résulteront des formules pratiques données dans le paragraphe : *Stabilité des planchers en bois*.

Il faut éviter, autant que possible, de faire porter les poutres et les solives par les murs de face du bâtiment. Lorsque le plancher qu'on étudie comporte des poutres, il faut ne pas les faire reposer

sur les vides des portes ou des fenêtres, à moins de nécessité absolue et en prenant alors toutes les précautions nécessaires pour la sécurité.

Il en est de même pour les solives qu'il est toujours facile de soutenir par des linçoirs. L'emploi des linçoirs, outre l'avantage de diminuer la longueur des solives, présente aussi l'avantage de diminuer le nombre des trous de scellement dans les murs, trous qui les affaiblissent toujours plus ou moins.

Les extrémités des pièces de bois encastrées dans les murs se pourrissent en vieillissant et laissent des vides qui en détruisent complètement la stabilité.

Dans les planchers simples, les abouts des solives portant sur les murs y sont scellés d'environ 0<sup>m</sup>,20.

Les poutres exigent un scellement plus considérable, 0<sup>m</sup>,25 au minimum. On les soulage même très souvent par un corbeau ou console en pierre placée à chaque extrémité et traversant complètement le mur. Lorsque l'épaisseur du mur le permet, il y a avantage, pour la conservation des maçonneries, à augmenter la longueur du scellement plutôt qu'à la dimi-

nuer ; car, plus les scellements sont longs, moins l'effet des vibrations du plancher sur les trous de scellement est à redouter. Les poutres et les solives agissent, en effet, dans ces trous, comme des leviers du premier genre et leur action est d'autant plus forte que la différence entre les longueurs des parties encastées et non encastées, qui sont les deux bras de ce levier, est plus considérable.

Lorsque les poutres placées sur des murs doivent porter de grandes charges, il est bon de placer au-dessous une semelle ou patin, soit en bois, soit en pierre, soit en métal, destiné à répartir la charge sur une plus grande surface. On fortifie ainsi les bords des trous de scellement et on diminue la pression par centimètre carré. Quand la maçonnerie du mur n'est pas d'excellente qualité, il est bon d'établir, aux endroits qui doivent recevoir des poutres, des chaînes verticales en pierre montant de fond et construites avec beaucoup de soin.

### Moyens employés pour éviter la pourriture.

**256.** Quand on est obligé de sceller les solives ou les poutres dans les murs, il faut prendre toutes les précautions possibles pour éviter la pourriture. On a employé divers moyens, soit en enduisant d'argile l'extrémité de chaque solive ou de chaque poutre, soit en y mettant une ou deux couches de peinture au minium, d'huile, de goudron ou de soufre, soit en enduisant les deux extrémités de la pièce de bois d'une chape en plâtre (ne pas employer la chaux qui altère le bois), soit en entourant chaque extrémité d'une feuille de plomb ou de zinc ou même d'un coffrage en bois, etc. On pourrait aussi simplement serrer à sec les bouts des solives entre les pierres. Tous ces moyens n'offrent pas encore une sécurité absolue, soit parce qu'ils n'empêchent pas suffisamment l'humidité des murs d'atteindre le bois, soit parce qu'ils s'opposent à l'exsudation de celle dont ils sont naturellement imprégnés. Il faut, pour arriver à un bon résultat, isoler, autant que possible, les extrémités des pièces de bois.

Pour les poutres, ce qu'il y a de plus simple, lorsque cela est possible, c'est de les faire poser sur des corbeaux en pierre ou en métal scellés dans les murs, en les tenant de 4 à 5 centimètres plus courtes

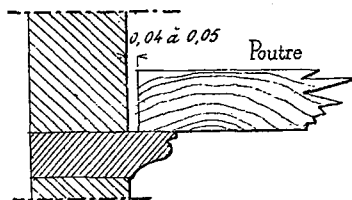


Fig. 264.

que la distance qui sépare les murs, comme le montre le croquis (fig. 264). On peut même, dans ce cas, isoler le bois de la pierre en mettant, sous la poutre, une couche de bitume, de soufre ou en interposant une feuille de zinc ou de plomb. Si, par suite de la décoration intérieure, il est impossible de placer des corbeaux et qu'il y ait nécessité absolue d'introduire les poutres dans les murs, on réserve alors, dans les parements intérieurs des murs, de petites niches qu'on fait en tout sens un peu plus grandes qu'il ne faut pour y loger le bout des poutres. On forme ainsi, comme le montre la figure 265, une petite

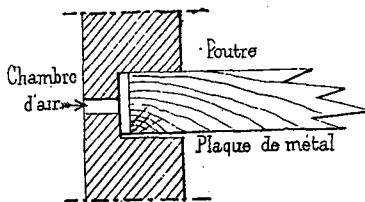


Fig. 265.

chambre à air. Il faut avoir soin de faire communiquer cette chambre avec l'air extérieur à l'aide d'un petit conduit dissimulé dans la façade et fermé par une toile métallique ou de toute autre manière s'arrangeant avec la décoration extérieure ; un carreau de faïence à jour, par exemple.

On pourrait employer les mêmes précautions pour les solives, mais on ne le fait pas généralement, leur destruction n'occasionnant pas, ordinairement, des

conséquences aussi graves que celles des poutres. On se borne, en général, à les préserver par un enduit.

Le colonel Emy indique comme un excellent préservatif des bois engagés dans les murs, un entourage en plaques de liège (écorce du chêne-liège). Comme on a remarqué que les pièces de bois exposées à l'air se pourrissaient moins que lorsqu'elles sont enfermées dans les maçonneries, on profitait anciennement de cette observation pour faire traverser aux solives toute l'épaisseur des murs sur lesquels elles sont posées. On obtenait ainsi le même résultat qu'avec la petite chambre à air, mais l'effet extérieur n'était pas toujours satisfaisant.

### Espacement des solives et des poutres d'un plancher.

**257.** Lorsque les solives d'un plancher se touchent, on dit que le plancher est *plein* ; mais on construit rarement de ces sortes de planchers, car les solives sont presque toujours plus ou moins espacées.

L'écartement ordinaire des solives est, lorsque le plancher doit être plafonné, de 0<sup>m</sup>,33 d'axe en axe. Cet écartement anciennement connu, est commode pour le placement des lattes fixées au-dessous des solives et devant maintenir le plafond. Cet entr'axe de 0<sup>m</sup>,33 était et est encore adopté, parce que la longueur des

lattes est un multiple de l'ancien pied (1<sup>m</sup>,30). Certains charpentiers adoptent l'écartement de 0<sup>m</sup>,30 d'axe en axe. On peut aussi donner d'autres mesures, 0<sup>m</sup>,40 et 0<sup>m</sup>,50 par exemple, dans le cas où le plancher ne comporte pas de plafond au-dessous (plancher d'usine).

Certains constructeurs fixent l'écartement des solives de telle façon que leur ensemble présente autant de pleins que de vides et c'est en partant de cette donnée qu'ils règlent les équarrissages des pièces principales pour les cas ordinaires. Ce procédé donne des planchers trop massifs et peu économiques.

L'espace ordinaire des poutres sur lesquelles portent les solives, est de 3 à 4 mètres.

### Épaisseur des planchers en bois.

**258.** Les planchers simples dont nous parlerons dans la suite n'ont guère plus de 30 à 32 centimètres d'épaisseur, quand ils sont carrelés ou parquetés. On en fait même qui n'ont que 21 à 22 centimètres, mais alors il ne faut jamais donner à ces derniers plus de 3<sup>m</sup>,90 de portée dans œuvre.

*Observations.* — Les solives d'un plancher, jusqu'à 4<sup>m</sup>,80 de longueur, ainsi que celles d'enchevêtrement jusqu'à 3<sup>m</sup>,84 peuvent être en bois de sciage, mais lorsque les unes et les autres de ces pièces sont plus longues, il est préférable d'employer du bois de brin.

## § II. — NOMS DES DIFFÉRENTES PIÈCES DE BOIS EMPLOYÉES DANS LES PLANCHERS

**259.** Les pièces de bois employées dans les planchers portent, suivant leur destination, différents noms qu'il est utile de connaître. Ce sont :

- 1° Les *solives* ;
- 2° *Solives d'enchevêtrement* ;
- 3° *Solives d'enchevêtrement boiteuses* ;
- 4° *Chevêtres* ;
- 5° *Faux-chevêtres* ;
- 6° *Lingoir* ;
- 7° *Soliveaux* ;
- 8° *Liernes étrépillons ou entretoises* ;

9° *Lambourdes* ;

10° *Poutres*.

1° *Solives.* — On désigne, sous le nom de solives, des pièces de bois de brin ou de sciage plus hautes que larges et qui, ordinairement, sont posées horizontalement à quelque distance les unes des autres pour former les planchers. Leurs extrémités reposent sur des murs, des pans de bois, des cloisons et, quelquefois, dans les anciennes constructions, sur de fortes poutres. C'est sur ces pièces qu'on établit

l'aire du plancher et le plafond au-dessous.

2° *Solives d'enchevêtreure*. — On désigne, sous le nom d'*enchevêtreure*, l'assemblage de pièces de charpente disposées dans un plancher de façon à laisser entre elles un espace vide qu'on nomme *trémie*. Cette trémie, comme nous le verrons plus loin, permet d'établir l'âtre d'une cheminée ou de faire passer les tuyaux de fumée. Le but de l'enchevêtreure est aussi d'éviter les causes d'incendie.

Les *Solives d'enchevêtreure* sont des pièces de bois qui entrent dans la composition d'une trémie et qui servent à porter les *chevêtres*; elles peuvent reposer comme les précédentes. On ajoute presque toujours aux extrémités des solives d'enchevêtreure, des ancras en fer qui ont pour objet de maintenir l'écartement des murs et de consolider le scellement des solives, de manière à réaliser un encastrement au moins partiel, ce qui augmente notablement leur résistance.

3° *Solives d'enchevêtreure boiteuses*. — On donne, dans un plancher, le nom de solives d'enchevêtreure boiteuses à des pièces de bois dont une des extrémités repose comme pour les précédentes, mais dont l'autre est assemblée à tenon et mortaise dans un *chevêtre* ou dans un *linçoir*.

4° *Chevêtres*. — On désigne, sous le nom de chevêtres, des pièces de bois faisant partie de la trémie, ou enchevêtreure, qu'on laisse dans un plancher pour y établir l'âtre d'une cheminée. Leurs extrémités sont assemblées dans des solives d'enchevêtreure. Quand la trémie est dans l'angle de deux murs, le chevêtre porte, d'un côté sur une solive d'enchevêtreure et, de l'autre, s'encastre dans la maçonnerie. Ils supportent les extrémités des solives de remplissage. On en fait usage, non seulement quand on manque de solives d'une longueur suffisante, mais aussi, outre les trémies, pour les cages d'escaliers ou autres ouvertures à pratiquer dans les planchers.

5° *Faux-chevêtres*. — On appelle *faux-chevêtre*, un chevêtre placé derrière un autre, mais dans lequel il n'y a pas d'assemblage. Il sert à remplir l'espace vide laissé entre un vrai chevêtre et le mur.

6° *Linçoirs*. — Ce sont des pièces de bois faisant partie d'un plancher qu'on place le plus souvent à 0<sup>m</sup>,13 ou 0<sup>m</sup>,16 d'un mur au-devant des tuyaux de cheminée et au droit des parties peu résistantes d'un mur.

C'est dans les linçoirs qu'on assemble les solives qui correspondent aux fenêtres et portes des murs de face ou aux tuyaux de cheminées des murs de refend. On appelle aussi linçoir, une pièce de peu de longueur qui s'assemble dans un chevêtre, à une extrémité, repose sur le mur de l'autre et qui reçoit l'assemblage d'un faux chevêtre. On nomme encore linçoir, la pièce qui reçoit les abouts des chevrons d'une charpente, en face d'une lucarne ou d'un tuyau de cheminée.

7° *Soliveaux*. — On donne le nom de *soliveau* à une petite solive de remplissage. Ce sont, en général, de petites solives assemblées entre un ou deux chevêtres ou linçoirs et qui remplissent l'espace libre à côté d'une cheminée ou d'un passage de cheminée.

On donne le nom de *soliveau en empanon* à une petite solive qui, dans un plancher en enrayure, est assemblée obliquement, soit d'un bout, soit des deux bouts.

8° *Liernes, étrépillons ou entretoises*. — On donne le nom de *lierne* à une pièce de bois qu'on rapporte quelquefois sur les solives de sciage d'un plancher à grande portée pour donner plus de rigidité à l'ensemble et s'opposer au gauchissement des solives. On entaille ordinairement les liernes à moitié de leur épaisseur en face de chacune des solives et on les fixe au moyen de chevilles en fer ou de boulons qui traversent les deux pièces et qui sont maintenus, en dessous, par un écrou, et au-dessus, par une clavette.

Les *étrépillons* sont des morceaux de bois qu'on fait entrer de force entre les solives, pour empêcher celles-ci de fléchir séparément. On ne les emploie que lorsque les planchers ont une certaine étendue. On peut les placer, soit dans la direction des chevêtres, soit entre deux fortes solives d'enchevêtreure.

9° *Lambourdes*. — On donne le nom de *lambourde* à une pièce de bois sur laquelle on fait reposer les abouts des solives d'un

plancher lorsqu'on ne veut pas les sceller dans la maçonnerie. Ces lambourdes peuvent être fixées contre le mur de plusieurs manières. Elles peuvent être en partie encastrées dans le mur et maintenues par des boulons à scellement qui sont doubles et forment étrier, ou par un simple boulon terminé par un scellement et traversant la lambourde; ou, enfin, par de simples crampons en fer recourbés et scellés dans la maçonnerie et placés à 1<sup>m</sup>,93 de distance les uns des autres. Ces corbeaux ont aussi pour objet d'empêcher le dévers des lambourdes sur les solives. Les solives, comme nous le verrons plus loin, peuvent être simplement posées sur ces lambourdes ou assemblées avec elles à queue d'hironde. Comme dimensions, on donne aux lambourdes en général, une hauteur égale à une fois et demie celle des solives ordinaires du plancher et, comme épaisseur, un peu plus que celle des solives. On donne aussi le nom de *lambourde* à une pièce de bois de 0<sup>m</sup>,054 à 0<sup>m</sup>,080 d'épaisseur qu'on scelle sur un plancher pour porter le parquet.

On substitue souvent les linçoirs aux lambourdes encastrées parce qu'ils n'ont pas, comme celles-ci, l'inconvénient de découper les murs dans toute leur longueur, ce qui est contraire à leur stabilité.

10° *Poutres*. — On donne le nom de *poutres* à des pièces de bois de fort équarrissage qui s'emploient pour soutenir les solives d'un plancher quand ces solives ont une trop grande longueur. Lorsque les planchers ont à supporter de fortes charges ou quand les poutres doivent avoir une grande longueur, on les compose de plusieurs pièces reliées entre elles de manière à former des solives de grande résistance qu'on appelle *poutres armées*.

On espace ordinairement les poutres de 3 à 4 mètres et leurs scellements dans les murs doit être au moins de 0<sup>m</sup>,25.

Pour augmenter leur résistance et pour prévenir en même temps l'écartement des murs, on consolide l'ensemble du système par des ancres en fer ayant environ 95 centimètres de longueur, traversant toute l'épaisseur du mur et fixées aux extrémités des poutres.

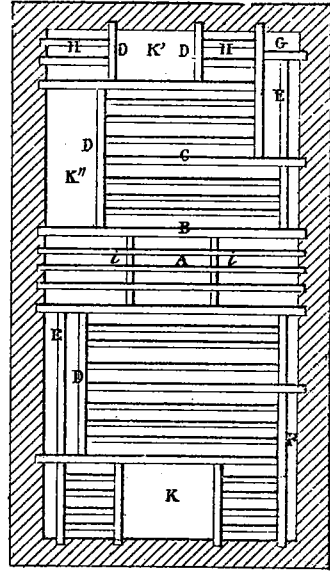


Fig. 266.

A Solives. — B Solives d'enchevêtrement. — C Solives d'enchevêtrement boiteuses. — D Chevêtres. — E Faux-chevêtres. — F Linçoirs. — G Petit chevêtre. — H Soliveaux. — K Emplacement d'unâtre. — K' Passage d'un tuyau de cheminée. — K'' Passage d'un escalier. — i Entretoises.

Nous donnons (*fig. 266*) un croquis théorique de plancher en bois nous montrant l'application des différentes pièces de bois que nous venons d'étudier et comprenant, de plus, l'emplacement à réserver pour l'âtre d'une cheminée, l'indication pour le passage des tuyaux de fumée et, enfin, l'emplacement à réserver pour le passage d'un escalier.

## § III. — DIFFÉRENTS TYPES DE PLANCHERS EN BOIS

**1° Planchers simples composés de solives.**

**260.** Le procédé le plus simple consiste à placer parallèlement, avec des intervalles égaux, des solives qu'on fait porter, par leurs extrémités, d'au moins 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,20 sur les murs ou les pans de

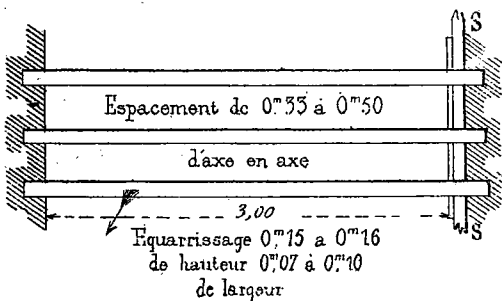


Fig. 267.

bois opposés, comme le montre, en croquis, la figure 267.

On peut aussi, pour rendre la pression plus uniforme et avoir une meilleure répartition sur les murs, placer une sablière S sous les solives. Ce moyen de composer un plancher qui, au premier abord, paraît très simple, présente de sérieux inconvénients et ne convient que si les murs qui reçoivent la portée des solives, ne sont pas percés de baies. Si les murs, possèdent des ouvertures, ce système a l'inconvénient : 1° De répartir uniformément la pression sur les deux murs qui, par suite des baies, ne présentent pas une égale résistance dans toute leur étendue ; 2° de multiplier les scellements, ce qui divise la maçonnerie d'une manière fâcheuse ; 3° d'exiger un grand nombre de pièces de bois de fort équarrissage quand le plancher est d'une certaine largeur.

Pour remédier au premier de ces inconvénients, on établit, comme le montre la figure 268, des solives d'enchevêtrement E qu'on fait porter sur les points où la ré-

sistance est la plus grande. Dans ces solives et en face des baies, on en assemble d'autres, nommées linçoirs L, qui reçoivent elles-mêmes les bouts d'un certain nombre de solives de remplissage R. En opérant ainsi, on a formé une véritable tra-

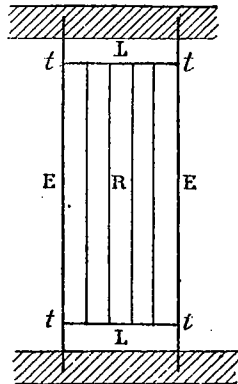


Fig. 268.

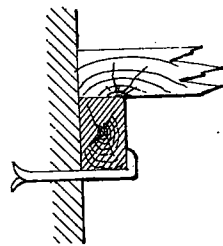


Fig. 269.

vée de plancher composée de solives assemblées dans des pièces transversales qui sont elles-mêmes assemblées dans des solives principales que le mur supporte directement. On a ainsi créé un autre inconvénient, car toute la pression exercée par une travée se trouve répartie sur les quatre tenons T d'assemblage des linçoirs avec les solives d'enchevêtrement. On s'efforce de remédier à cet inconvénient en suspendant les linçoirs aux solives d'enchevêtrement au moyen d'étriers en fer plat de 0<sup>m</sup>,04 à 0<sup>m</sup>,05 de largeur et de 0<sup>m</sup>,01 à 0<sup>m</sup>,012 d'épaisseur.

Pour remédier au deuxième inconvénient, au lieu de sceller toutes les solives dans le mur, on peut, comme le montre le croquis (fig. 269), fixer une lambourde le long du mur en la maintenant à l'aide de crampons en fer scellés dans la maçonnerie. Sur cette lambourde, et à l'aide d'un assemblage simple, on fixe les solives du plancher. On peut même les poser simplement sur ces lambourdes. Ce système, très fréquemment employé autrefois, l'est rarement aujourd'hui, du moins dans les

planchers de nos habitations, parce que

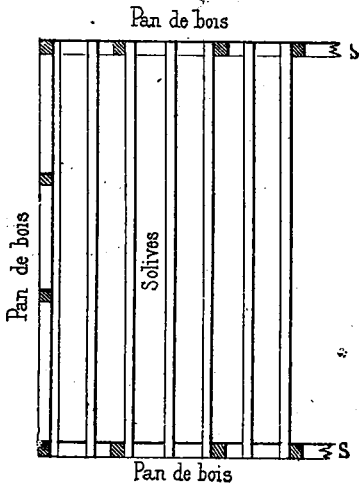


Fig. 270.

la saillie des lambourdes oblige à donner

une trop forte épaisseur à la corniche qui entoure le plafond. On emploie davantage ce moyen dans les planchers d'usines.

Enfin, on ne peut remédier au troisième inconvénient qu'en utilisant les poutres.

**261.** Nous diviserons donc de la manière suivante les planchers simples composés de solives parallèles :

1° Les solives ou poutrelles du plancher portent sur des pans de bois ;

2° les solives sont encastrées des deux bouts dans les murs ;

3° les solives portent sur des lambourdes scellées dans les murs ;

4° les solives portent également sur des sablières ou lambourdes, mais ces dernières ne sont pas logées dans les murs ; elles sont posées sur des corbeaux saillants en bois, en pierre ou en fer scellés dans les murs ;

5° les solives sont portées sur des so-

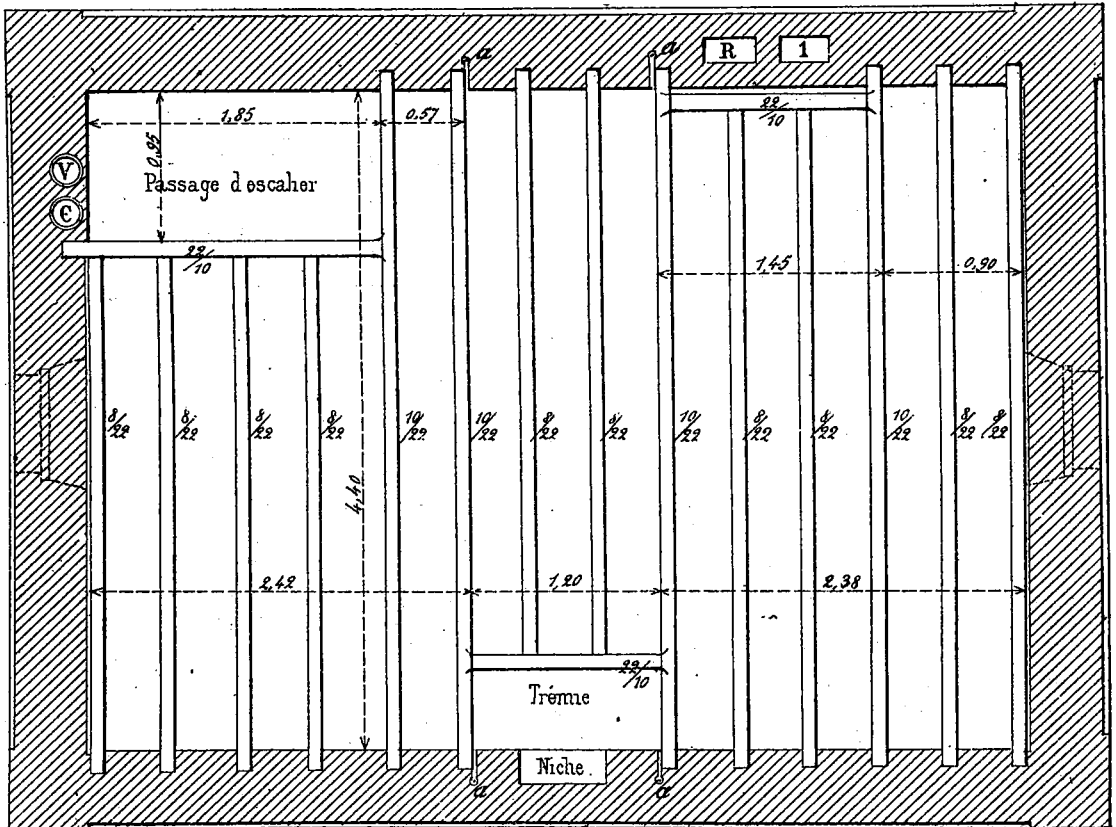


Fig. 271. — a. Ancres, fer carré de 0<sup>m</sup>,027 sur 0<sup>m</sup>,60 de longueur.

lives d'enchevêtrement et des chevêtres. | I. Lorsque les solives d'un plancher en



bois portent sur un pan de bois, au lieu de s'appuyer sur un mur, elles reposent sur une sablière inférieure S (fig. 270) faisant partie du pan de bois. Il faut, comme le montre le même croquis, arranger la division des solives pour que ces dernières ne viennent pas buter dans les poteaux verticaux du pan de bois ; mais, au contraire, qu'elles viennent se placer latéralement. L'étude d'un plancher placé sur un pan de bois devant se faire en même temps que l'étude de ce pan de bois, c'est pourquoi nous n'insistons pas davantage.

II. — Lorsque les solives sont encastées dans le mur par leurs deux extrémités, la disposition du plancher peut être très simple ; elle est indiquée en croquis (fig. 271). Les murs sur lesquels reposent les solives doivent, autant que possible, ne pas avoir d'ouvertures.

III. — Les solives peuvent porter sur des lambourdes scellées dans les murs. Il existe, dans ce cas, plusieurs dispositions pour le scellement de ces lambourdes :

1° On peut placer la lambourde contre le mur et la maintenir ainsi à l'aide de

formant étrier. Dans ces différents cas, les solives, sont ou assemblées directement avec les lambourdes, ou posées par-dessus.

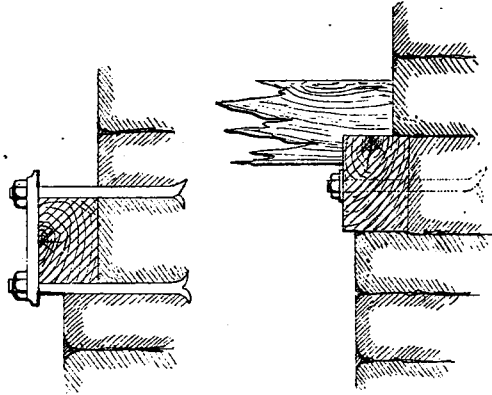


Fig. 273.

Fig. 274.

Nous donnons (fig. 275) un croquis de plancher formé de solives parallèles et

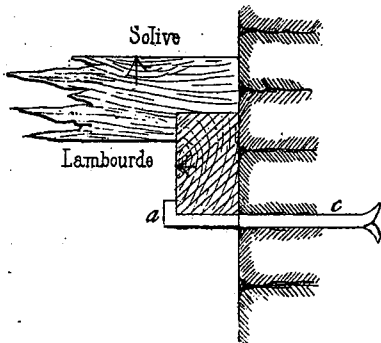


Fig. 272.

crochets ou crampons en fer *c* (fig. 272) présentant, en *a*, un talon s'opposant au renversement de cette lambourde.

2° Pour obtenir une plus grande solidité, on prend ordinairement les deux dispositions représentées en croquis (fig. 273 et 274) dans lesquelles la lambourde porte sur une partie du mur et se trouve fixée, dans ce mur, soit à l'aide d'un simple boulon la traversant, soit à l'aide de deux boulons réunis par une plaque de fer et

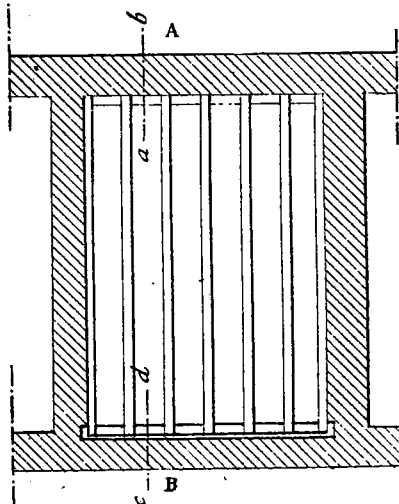


Fig. 275.

reposant sur des lambourdes à leurs deux extrémités. Du côté A, les lambourdes ne sont pas scellées dans le mur. La disposition de la coupe *ab* peut être celle (fig. 272) ou celles (fig. 276 et 277). Du côté B, les lambourdes sont en partie fixées dans le mur et la coupe *cd* peut être celle des figures 273 et 274.

IV. — Lorsque les lambourdes sont posées sur des corbeaux, la disposition du plancher-reste la même, mais les lambourdes, le long des murs, peuvent prendre deux

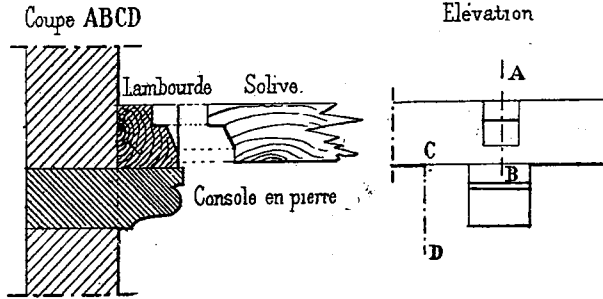


Fig. 276.

dispositions représentées par les figures 276 et 277. Dans la première (fig. 276), la lambourde est posée sur un corbeau ou console en pierre fixé dans le mur et la solive s'assemble directement sur cette lambourde. On peut aussi, lorsqu'on a de la place, employer la disposition (fig. 277), c'est-à-dire placer une lambourde sur la

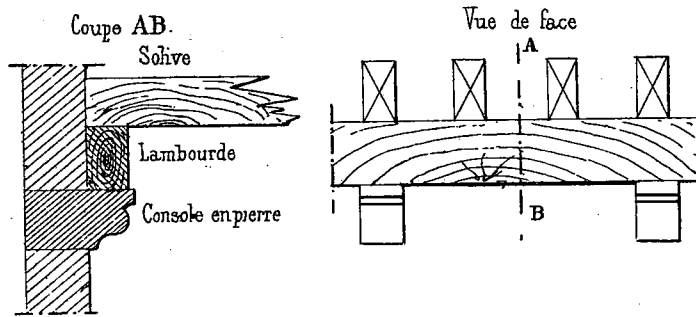


Fig. 277.

console en pierre, puis, sur cette lambourde, les solives du plancher. On se sert plus rarement d'une disposition indiquée (fig. 278) dans laquelle la solive est main-

soutenus sur des solives d'enchevêtreure.

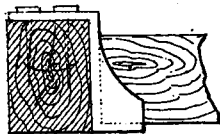


Fig. 278. — Sabot en fonte.

tenue contre la lambourde à l'aide d'un sabot en fonte:

V. — On peut enfin composer des planchers très simples encore dont les solives reposent sur des chevêtres eux-mêmes

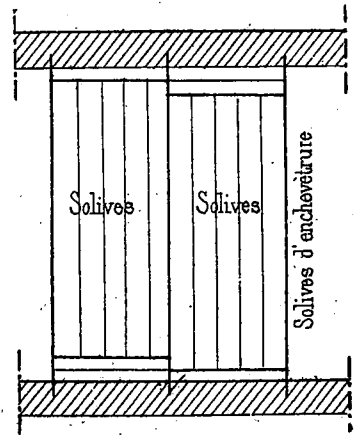


Fig. 279. — Solives égales.

Les figures 279 et 280 donnent deux exemples d'une disposition qu'on peut adopter.

Dans le premier cas (*fig. 279*), on s'impose la condition que toutes les solives du plancher seront égales. Il suffit, pour arriver à ce résultat, de placer les faux-chevêtres, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre des chevêtres correspondants, s'éloignant plus du mur que ceux qui leur sont opposés.

Dans la deuxième disposition (*fig. 280*),

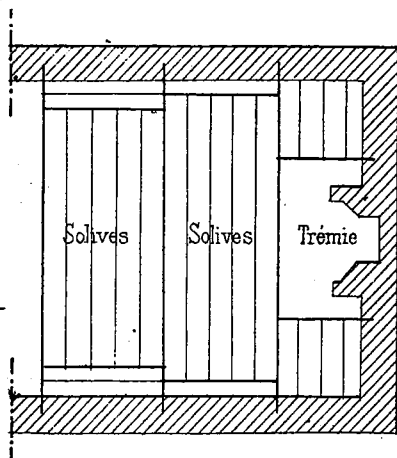


Fig. 280. — Solives inégales.

les solives sont inégales. Dans ce cas, l'une des travées comporte des chevêtres et des faux-chevêtres, l'autre n'a que des chevêtres.

#### ENTRETOISEMENT DES SOLIVES LONGUES

**262.** Dans les différents types de planchers que nous venons d'étudier, il peut arriver que nous ayons des solives d'une

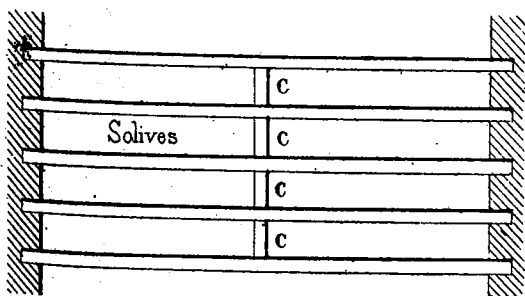


Fig. 281.

de les maintenir et de les entretoiser en leur milieu pour les empêcher de se déverser ou de produire un effort de torsion dans le sens de leur longueur. Cet entretoisement peut se faire de plusieurs manières.

1° Comme le montre le croquis (*fig. 281*) en mettant entre chaque solive des étrésillons en bois C ayant juste, comme longueur, l'écartement de chaque solive.

On peut aussi prendre la disposition indiquée (*fig. 282*) dans laquelle les cales ou étrésillons, au lieu d'être placés perpendiculairement aux solives, sont taillés en biseau et placés obliquement. On obtient, par le coincement de ces cales les unes contre les autres, une très grande

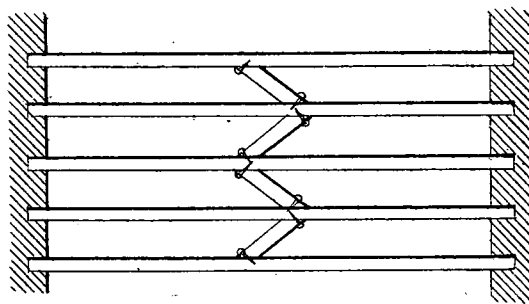


Fig. 282.

rigidité. Dans les deux cas, elles sont fixées avec des clous.

2° On augmente aussi la rigidité des solives d'un plancher en embrassant ces solives, sur un ou deux points de leur longueur, par des pièces appelées *liernes*, dirigées perpendiculairement à leur direction, et qui reçoivent ces solives dans des entailles, comme le montre le croquis (*fig. 283*). Elles y sont fixées par des chevilles en fer ou par de petits boulons. Quelquefois aussi, au lieu de liernes, on emploie, dans le même but, une suite de petites pièces de bois qui se chassent

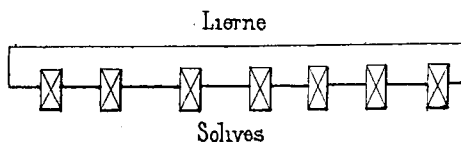


Fig. 283.

assez grande longueur pour qu'il soit utile

entre les solives et qu'on maintient,

quand on veut obtenir toute la solidité dont le système est susceptible, par un fort madrier chevillé tant sur ces pièces que sur les solives. C'est, pour ainsi dire, une lierne en plusieurs morceaux.

Ces dispositions permettent de réduire l'épaisseur des solives d'un plancher et même d'exécuter des planchers d'assez grande portée avec de simples madriers n'ayant que 0<sup>m</sup>,08 d'épaisseur seulement.

DISPOSITION SPÉCIALE DES PLANCHERS EN BOIS A L'ENDROIT D'UNE CHEMINÉE

**263.** Lorsqu'il faut établir l'emplacement d'une cheminée sur un plancher en

bois, il est indispensable de prendre toutes les précautions possibles pour éviter les causes d'incendie. On fait alors ce qu'on appelle une *trémie de cheminée*. On remplit cette trémie par un hourdis plein qu'il s'agit de soutenir. Le plancher en bois est, en cet endroit, formé par ce que nous avons appelé une *enchevêtreure*.

Nous avons à distinguer trois cas :

- 1° La trémie est placée perpendiculairement aux solives du plancher ;
- 2° la trémie est placée parallèlement aux solives du plancher ;
- 3° la trémie est dans l'angle de deux murs.

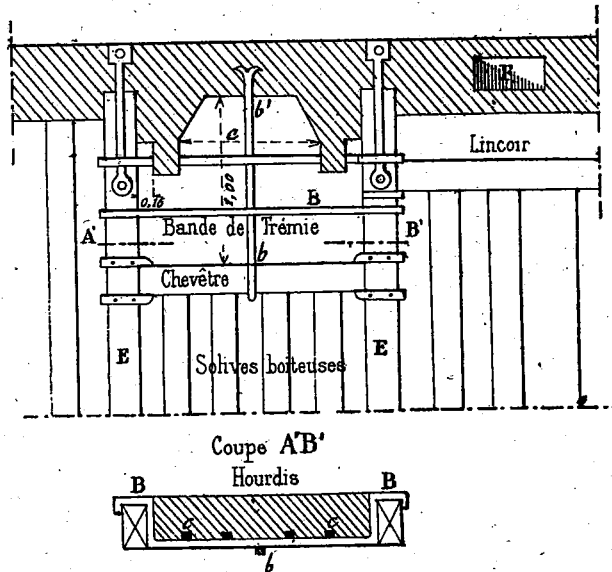


Fig. 284. — Trémie.

I. — *Trémie de cheminée placée perpendiculairement aux solives du plancher.*

Dans ce premier exemple, les pièces qui composent l'enchevêtreure sont au nombre de trois ; deux solives perpendiculaires au mur contre lequel s'appuie la cheminée et un chevêtre qui s'assemble sur ces solives à une distance convenable et porte les abouts des solives de remplissage. C'est sur ces pièces que reposent les *bandes de trémie* qui supportent l'âtre de la cheminée. Nous donnons (fig. 284) la disposition adoptée dans ce cas. Pour maintenir le hourdis, on se sert de fers B, nommés *bandes de trémie*, de fers b placés perpen-

diculairement aux premiers ; enfin, de pe-

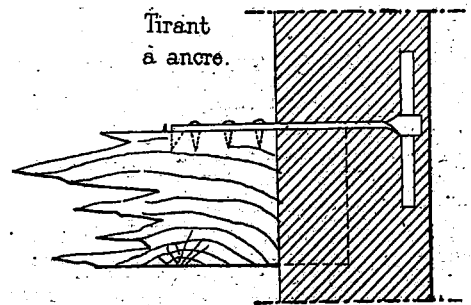


Fig. 285.

tits fers c nommés *fentons*. La coupe A'B'

(fig. 284) montre bien les positions relatives de chacun de ces fers. Les solives d'enchevêtre E sont scellées dans le mur et munies de *tirants à ancre* dont la figure 285 donne le croquis. La figure 286

montre la disposition à adopter lorsque, dans un mur, deux cheminées sont adossées.

La largeur de la trémie doit être telle qu'il y ait une distance de 0,60 à 1 mètre depuis le *contre-cœur* jusqu'au chevêtre suivant la profondeur de la cheminée et

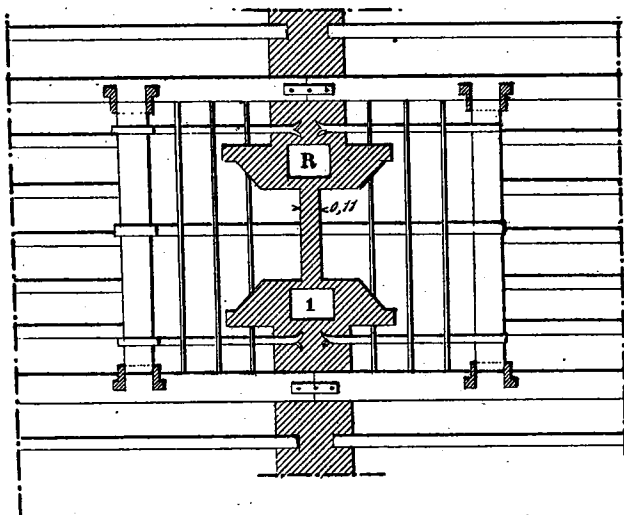


Fig. 286.

0<sup>m</sup>,16 au moins entre les bords du châssis de charpente et les jambages ; de même entre un tuyau de fumée placé dans ce mur et une solive d'enchevêtre.

Lorsque, pour la construction d'un

d'enchevêtre E *en écharpe*, comme le montre le croquis (fig. 287) et on réunit les solives du plancher par des assemblages obliques avec cette solive d'enchevêtre.

II. — *Trémie de cheminée placée parallèlement aux solives du plancher.*

La figure 288 donne un exemple d'une trémie placée dans ces conditions. Dans ce cas, le chevêtre C règne sur toute la largeur du bâtiment. Il reçoit deux petites solives d'enchevêtre E fixées, d'un côté sur le chevêtre, de l'autre scellées dans le mur et maintenues à l'aide de *queues de carpe*. Ces queues de carpe servent, comme nous l'avons déjà dit, à chaîner les pièces d'une importance secondaire et à les maintenir scellées dans les murs.

Elles sont ordinairement formées par un fer plat de  $\frac{40}{9}$  d'une longueur de 0<sup>m</sup>,500 et portant d'un côté un scellement en forme de queue de carpe, ce qui lui a fait donner ce nom, et de l'autre un talon qui s'encastre dans la pièce de bois et y est maintenu par trois clous mariniers.

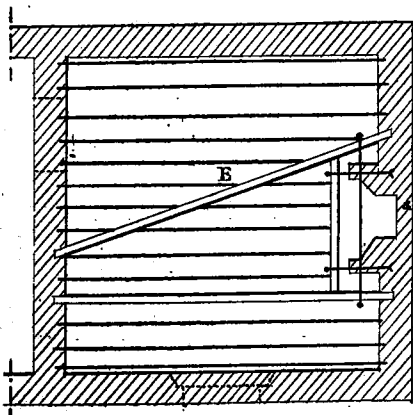


Fig. 287.

plancher en bois, on désire employer des bois courts et n'ayant pas tous la même longueur, on place alors l'une des solives

Le poids de cette queue de carpe est d'environ 1<sup>k</sup>,500. Le garnissage intérieur de la trémie se fait comme précédemment.

Les solives d'enchevêtrement sont maintenues sur le chevêtre à l'aide d'étriers (ces étriers se font en fer plat de 40/10 pour

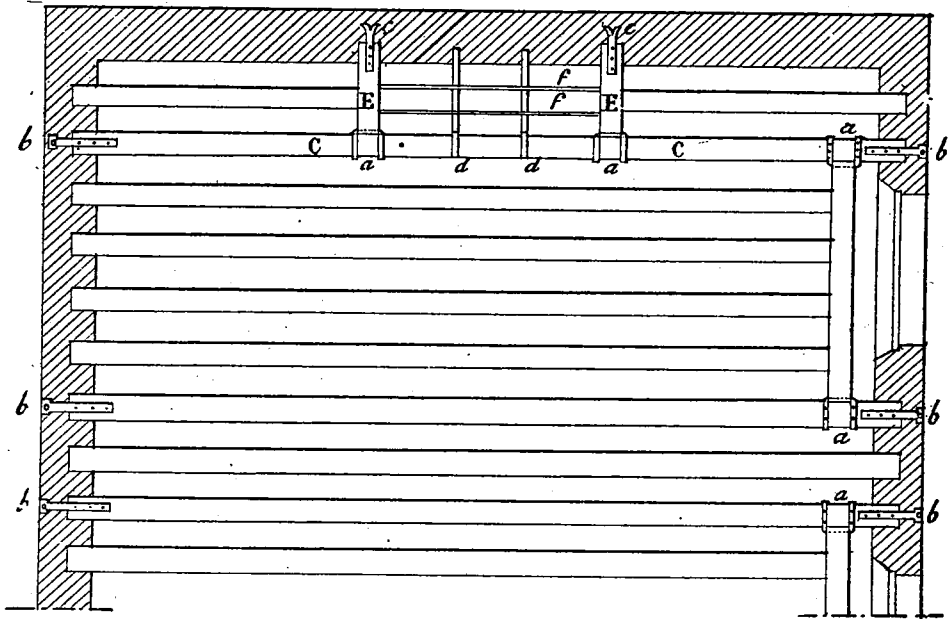


Fig. 288. — Trémie de cheminée. — Ferrements de planchers en bois. — a, étriers. — b, tirants à ancrés. c, queues de carpes. — d, chevêtres. — f, fentons.

de forts planchers et en fer plat de 40/7 (pour des planchers ordinaires). Il faut,

faire subir au fer pour les obtenir. Le poids moyen varie de 2<sup>k</sup>,500 à 3 kilogrammes.

Le chevêtre supportant la trémie est solidement relié aux murs par des tirants à ancre dont nous avons déjà parlé.

III. — Trémie de cheminée placée dans l'angle de deux murs.

La figure 289 donne un exemple de trémie placée dans l'angle de deux murs. Dans ce cas, le chevêtre est posé obliquement par rapport aux solives du plancher et il est scellé des deux bouts dans la maçonnerie. Le reste de la trémie s'exécute comme il a été dit précédemment.

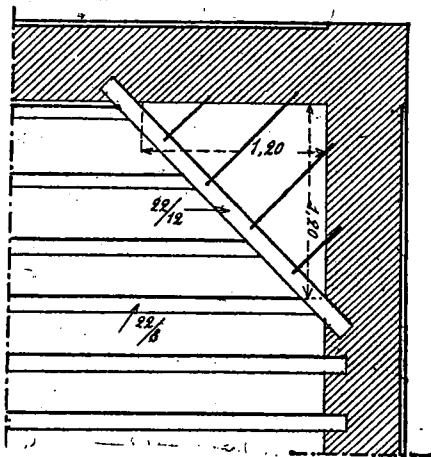


Fig. 289.

pour la fabrication de ces étriers, n'employer que du fer au bois en raison des chantournements et des coudes qu'il faut

**264.** Il peut se présenter deux cas. Les tuyaux de fumée peuvent être, soit dans les murs de face, soit dans les murs de refend.

Lorsque ces tuyaux sont adossés aux murs, les mêmes dispositions seront applicables en plaçant le chevêtre et les solives

d'enchevêtre aux distances réglementaires pour éviter les causes d'incendie. Lorsqu'ils sont dans les murs de face,

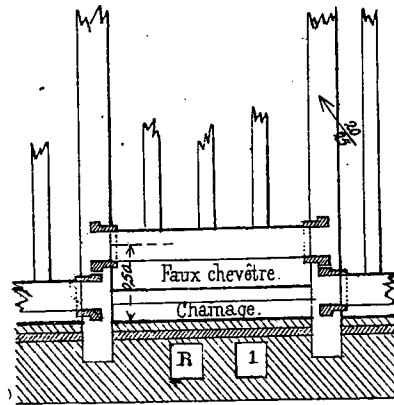
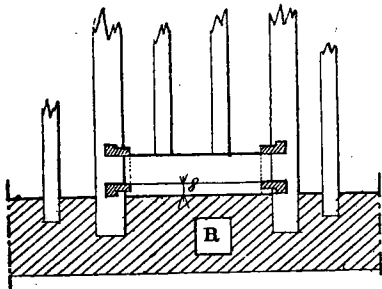


Fig. 290. — Tuyaux de fumée dans les murs de face.

on peut encore adopter deux dispositions représentées en croquis (fig. 290). Dans la

première, on place deux solives d'enchevêtre scellées dans le mur et un che-

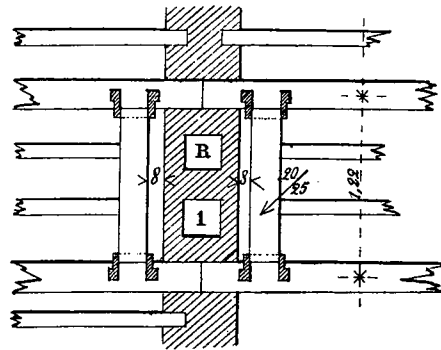
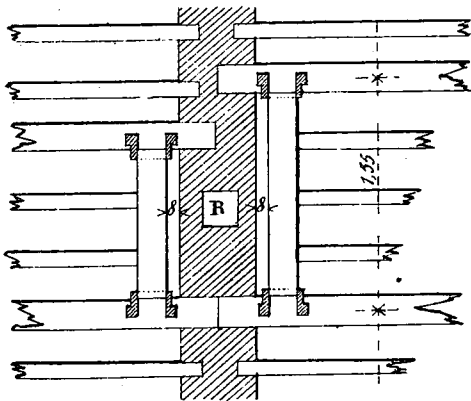


Fig. 291. — Tuyaux de fumée dans les murs de refend.

vêtre fixé à une distance minima de 0<sup>m</sup>,08 environ du nu intérieur du mur. Dans la deuxième, lorsqu'il existe d'autres chevêtres venant s'assembler sur les mêmes solives d'enchevêtre, on est alors obligé, comme le montre le croquis, de placer le chevêtre à une distance de 0,50 du mur de face et d'ajouter un faux-chevêtre entre le mur et le vrai chevêtre.

Lorsque les tuyaux de fumée sont placés dans les murs de refend, il suffit, comme l'indiquent les croquis (fig. 291)

d'assembler un chevêtre sur deux solives d'enchevêtre. Ce chevêtre est alors placé à une distance minima de 0<sup>m</sup>,08 du nu intérieur du mur de refend.

DISPOSITION SPÉCIALE DES PLANCHERS EN BOIS EN FACE DES PORTES ET DES FENÊTRES.

**265.** Quand, dans une construction, les planchers sont en bois, le plus souvent, on place, à la partie supérieure d'une baie

(porte ou fenêtre), un linteau également en bois ou un appareillage en maçonnerie, Il ne faut pas, dans ce cas, faire porter les solives du plancher, soit sur ces linteaux, soit sur les vousoirs, mais se ser-

vir des chevêtres. Nous avons déjà vu la disposition à employer et nous en trouverons plusieurs exemples dans les différents types de planchers étudiés.

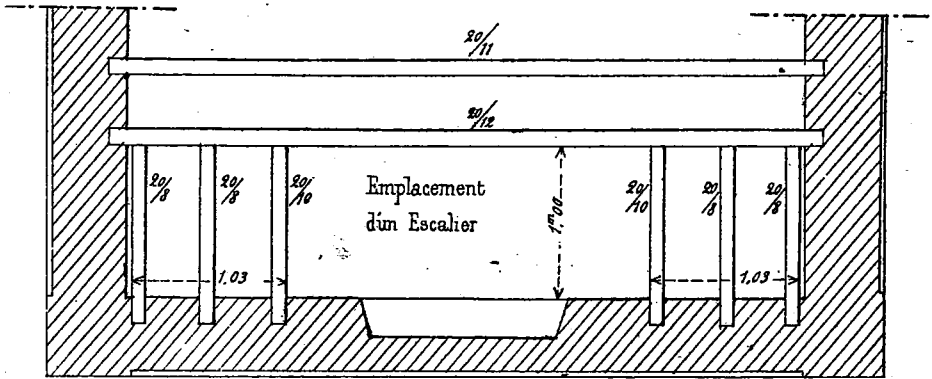


Fig. 292.

DISPOSITION SPÉCIALE DES PLANCHERS POUR UN PASSAGE D'ESCALIER

**266.** Cette disposition n'a rien de par-

ticulier. Nous en donnons un croquis (fig. 292). L'escalier qu'on pourra loger dans cet emplacement est un escalier très simple n'ayant que 0<sup>m</sup>,93 de largeur de marche.

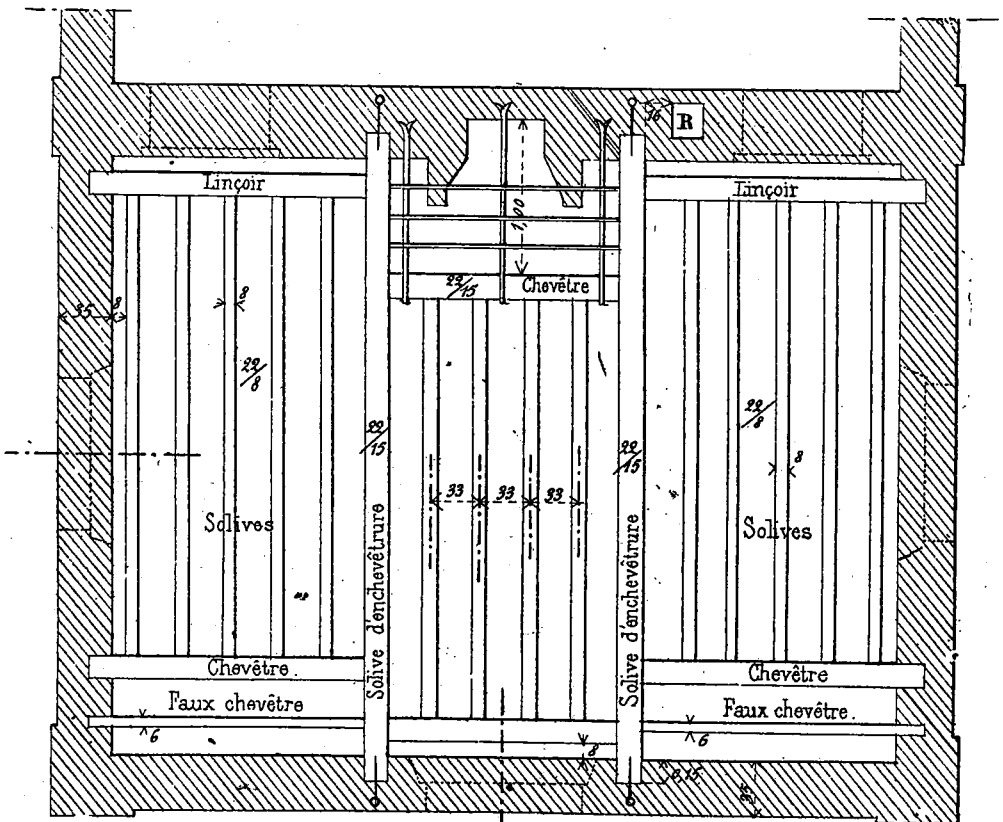


Fig. 293.



Nous donnons (fig. 293), le croquis d'un plancher en bois très simple dans lequel nous trouvons l'application des chevêtres à une trémie de cheminée et la disposition à adopter dans le cas de baies placées soit

dans les murs de refend, soit en façade.

Dans cette disposition il est utile d'étudier un assemblage qu'on rencontre souvent ; c'est celui de chevêtres et faux-chevêtres sur les solives d'enchevêtre.

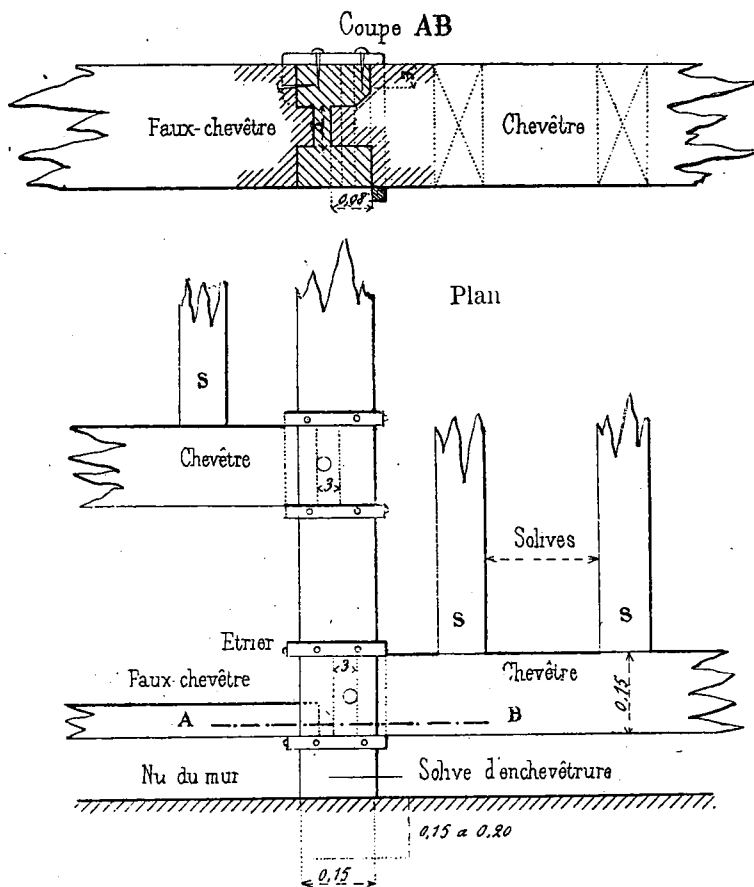


Fig. 294.

Cet assemblage est représenté en croquis (fig. 294). Le chevêtre est maintenu sur la solive d'enchevêtre par un étrier dont nous avons déjà donné la forme et dont les dimensions sont appropriées à celles du chevêtre qu'il doit soutenir. Ce chevêtre porte un tenon de 0<sup>m</sup>,08 de longueur, 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur et ayant, en largeur, toute celle de la pièce de bois employée. On lui ménage un renfort de 0<sup>m</sup>,03 et on maintient l'assemblage en joint à l'aide d'une cheville en bois. Quand ce chevêtre est

ainsi placé dans la solive d'enchevêtre, on met un étrier en fer plat de  $\frac{34}{11}$ , posé à plat sur la solive d'enchevêtre puis chantourné de manière à passer au-dessous du chevêtre qu'il soutient. Pour fixer le faux-chevêtre dans la solive d'enchevêtre, on lui donne un tenon de 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur et 0<sup>m</sup>,04 de longueur.

Il est bon de faire connaître également l'assemblage des solives avec les chevêtres. Cet assemblage est représenté en croquis (fig. 295). On ménage à la solive un tenon

de 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur et 0<sup>m</sup>,08 de longueur ; la pente supérieure est de 0<sup>m</sup>,03. On maintient l'assemblage en joint à l'aide d'une cheville.

Le plancher que nous venons d'examiner donne un exemple du minimum de

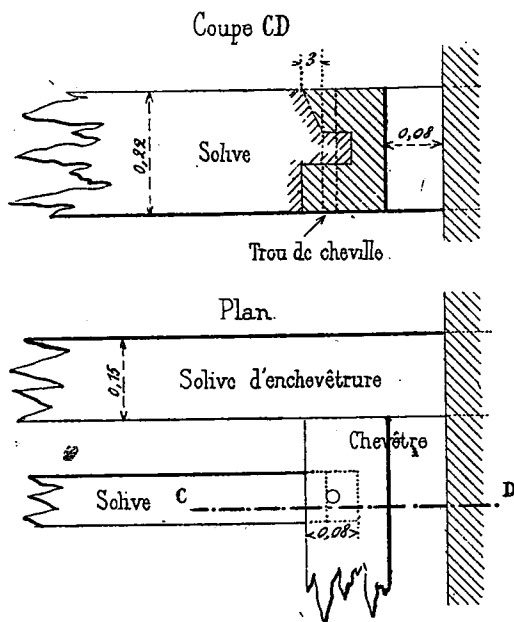


Fig. 295.

scellements à faire dans les murs. Nous n'avons, en effet, pour une assez grande surface couverte, que les scellements des chevêtres faux-chevêtres et solives d'enchevêtrement.

## 2° Planchers formés comme les précédents mais soutenus par des poutres traversant d'un mur à l'autre.

**267.** Quand, dans un plancher, l'intervalle à franchir par les solives est considérable et dépasse les dimensions longitudinales des bois ordinaires du commerce, on supporte les abouts des solives sur des poutres. Les poutres sont donc des pièces de bois de fort équarrissage qui servent à soulager la portée des solives.

Au moyen âge, on employait fréquemment ce système pour la construction des

planchers et les poutres reposaient elles-mêmes, par leurs extrémités, sur des corbeaux qui en diminuaient la portée.

## DIFFÉRENTES FORMES A DONNER AUX POUTRES

**268.** La poutre la plus simple est une grosse pièce de bois plus haute que large, représentée (fig. 296). Il peut arriver qu'il soit impossible de se procurer de fortes pièces de bois répondant au calcul ; de

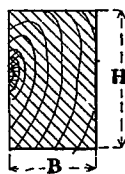


Fig. 296.

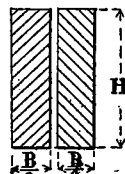


Fig. 297.

plus, lorsque ces pièces exigent une section un peu forte, il n'est pas certain que le milieu du bois soit assez sain pour bien résister aux efforts à supporter. Dans ce cas (fig. 297), on place deux poutres côte à côte en laissant entre elles un faible intervalle et chacune d'elles portera la moitié de la charge totale.

On peut aussi, pour composer une poutre, donner un trait de scie *ab* dans une pièce de bois *A* (fig. 298) et placer les

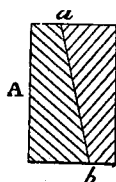


Fig. 298.

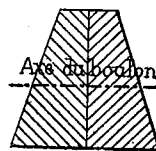


Fig. 299.

deux morceaux l'un contre l'autre comme le montre la figure 299 en les réunissant par un fort boulon. Enfin, si l'on manque de pièces de bois de dimensions suffisantes, on peut former une poutre au moyen de plusieurs pièces qu'on relie, soit avec des brides, soit avec des boulons. Nous donnons (fig. 300) deux exemples de ce mode d'assemblage. Quand les moyens

que nous venons d'indiquer ne suffisent pas, on se sert de *poutres armées* dont nous parlerons plus loin.

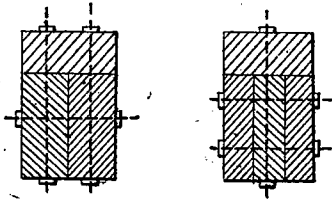


Fig. 300.

On peut aussi, entre deux pièces de bois, interposer une lame de fer I (fig. 301) ou, enfin, prendre directement, comme

poutre, deux fers I réunis par des frettes ou par des boulons.

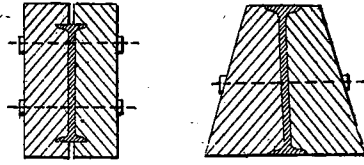


Fig. 301.

MOYENS EMPLOYÉS POUR PLACER LES SOLIVES SUR LES POUTRES

**269.** Nous donnons les trois moyens suivants :

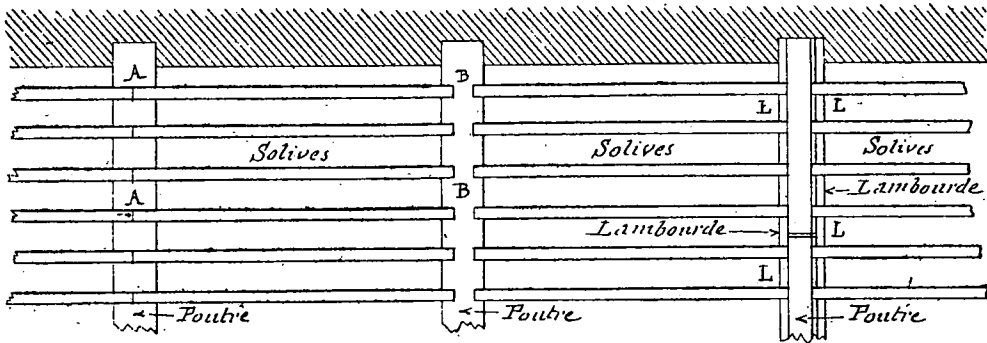


Fig. 302.

1° Les solives peuvent être simplement posées sur les poutres. Dans ce cas, elles

peuvent être placées bout à bout comme en A (fig. 302) et en élévation et plan (fig. 303). Elles peuvent être écartées l'une de l'autre comme en B (fig. 302) et en C (fig. 304) où chaque solive est portée sur

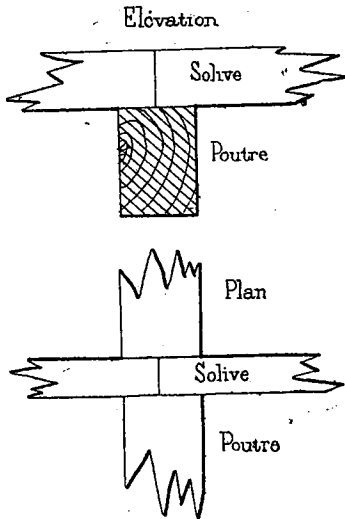


Fig. 303

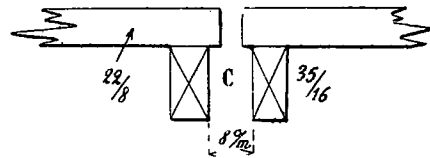


Fig. 304.

une poutre. Enfin, comme le montre la figure 305, les solives peuvent se croiser pour avoir plus d'assiette et occuper chacune toute la largeur de la poutre;

2° Les solives peuvent être engagées dans des entailles faites directement dans la poutre. La figure 306 donne un exemple de deux solives placées sur une poutre et

entaillées en forme de queue d'hironde. La figure 307 donne, en perspective cava-

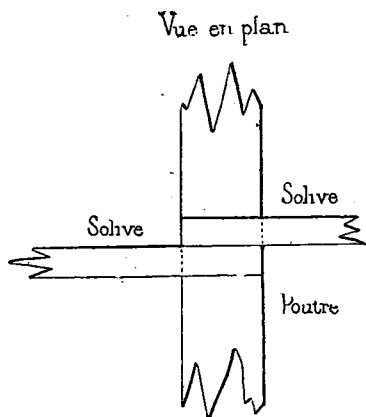


Fig. 305.

lière, l'assemblage de deux solives S sur une poutre P. Dans cet exemple, les deux solives affleurent le dessus de la poutre et

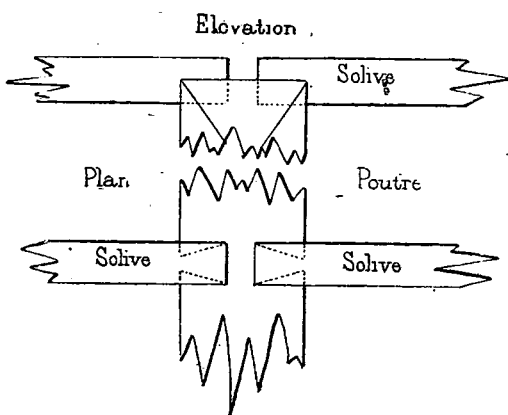


Fig. 306.

sont maintenues sur cette dernière en plaçant, dans la rainure R, une planche solidement fixée;

3° Enfin, quand on dispose d'une faible hauteur, on garnit la poutre de deux lambourdes, représentées en L (fig. 302) solidement maintenues par des boulons et des étriers. On peut, pour ces lambourdes, prendre les trois dispositions représentées (fig. 308). Les assemblages des solives sur ces lambourdes sont représentés (fig. 309) et peuvent se faire de quatre manières

différentes. La solive I (fig. 309) peut être simplement posée sur la lambourde. La solive II peut être entaillée à mi-bois et reposer dans le vide E destiné à la recevoir. La solive III peut être munie d'un

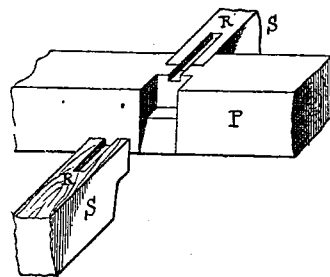


Fig. 307. -- Poutre et solives entaillées. Liaison des deux solives entre elles et à la poutre.

tenon venant se placer dans une mortaise M préparée pour le recevoir. La solive IV

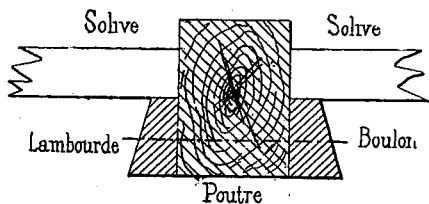
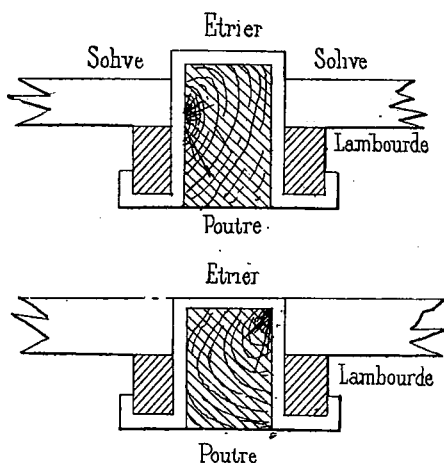


Fig. 308.

peut s'assembler dans la lambourde L à l'aide d'un assemblage simple à paume.

On peut éviter l'emploi des lambourdes en se servant de poutres formées comme nous l'avons déjà indiqué, c'est-à-dire en refendant obliquement une forte pièce de

simple entaille indiquée en pointillé dans la partie gauche de la figure et s'assembler par entaille et tenon de l'autre côté. Cette différence dans le mode de jonction a pour but de faciliter l'exécution du plancher. La poutre ainsi composée perd

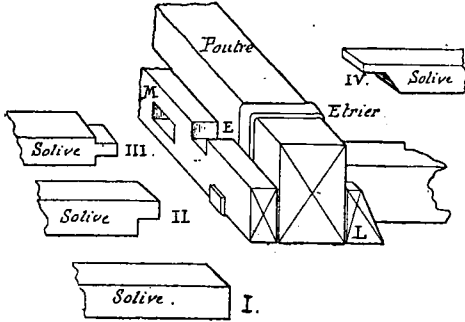


Fig. 309.

charpente, puis en boulonnant ensemble les deux parties en les accolant par la face opposée au trait de scie oblique. Les solives, comme le montre la figure 310, peuvent reposer sur la poutre par une

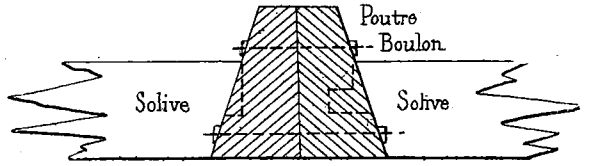


Fig. 310.

peut être en résistance à la flexion, mais on diminue ainsi la main-d'œuvre et on a l'avantage de pouvoir s'assurer que l'intérieur de la pièce ne présente pas de défauts s'opposant à son emploi.

DIFFÉRENTS TYPES DE PLANCHERS AVEC POUTRES

270. Le premier exemple d'un plan-

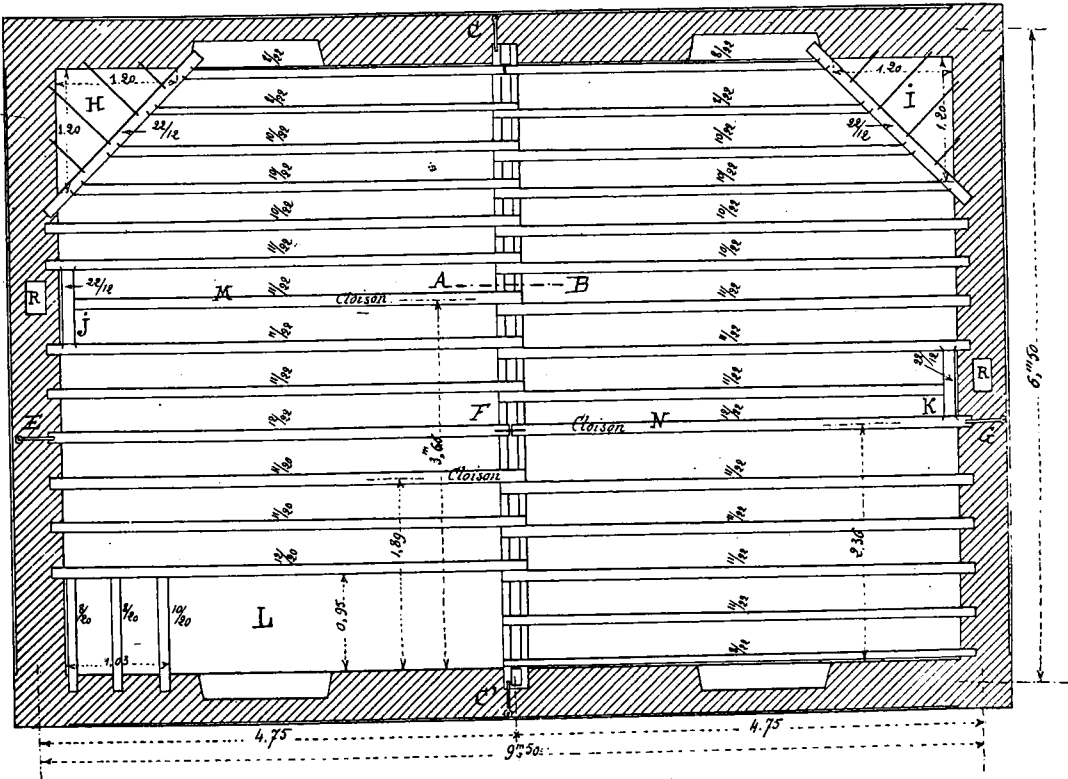


Fig. 311

cher en bois formé de solives parallèles, dont une extrémité repose sur un mur et l'autre sur une poutre, est représenté en croquis (fig. 311). Dans cet exemple, la poutre peut être formée par une seule pièce de bois, ou par deux pièces de bois laissant entre elles un certain écartement, ou, enfin, en employant des solives en fer pour soutenir des solives en bois. La coupe suivant AB de la poutre peut alors être composée de deux manières :

1° Comme le montre la figure 312 en se servant de deux fers I de 0<sup>m</sup>,22, ailes ordinaires et de 0<sup>m</sup>,01 de section, reliés tous les 1<sup>m</sup>,10, par exemple, par des liens en fer méplat et, à l'intérieur de la poutre ainsi formée, des croix en fer carré de

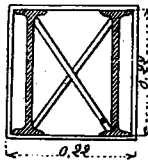


Fig. 312.

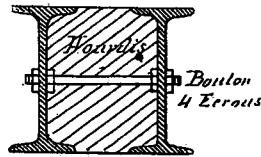


Fig. 313.

0<sup>m</sup>,025 placées en face de chaquelien. Les fers à I sont réunis à chaque extrémité par une plaque d'assemblage les rendant solidaires et permettant d'y fixer, en C et en C', des ancres en fer rond de 0<sup>m</sup>,027 de diamètre et de 0<sup>m</sup>,60 de longueur. Ce chainage ainsi établi est très utile pour conserver un écartement constant aux deux murs qui portent les extrémités de la poutre.

2° On peut, au lieu d'assembler les deux fers I à l'aide de liens et de croix en fer carré, faire, comme l'indique la figure 313, un simple assemblage à l'aide d'un boulon à quatre écrous et remplir l'intervalle entre les deux solives par un hourdis de briques ou de meulières et ciment.

Le chainage du plancher dans le sens perpendiculaire à la poutre peut s'obtenir bien simplement, comme le montre la figure 311, en EFG. Il suffit, en effet, de placer deux solives bout-à-bout, de les réunir au point F par une plate-bande entaillée dans chacune d'elles et fixée par des clous marinières; puis, aux deux extrémités E et G, de placer deux ancrs comme cela a été

fait pour la poutre elle-même. On forme ainsi un tout rigide qui maintient très convenablement les deux murs pignons.

Cette disposition simple de plancher nous montre encore, aux points H et I, les précautions prises pour placer des cheminées dans les angles. Elle nous montre aussi en J et en K les passages à réserver pour les tuyaux de fumée placés dans les murs et en L, l'emplacement d'un escalier venant d'un étage inférieur.

Nous y remarquons encore des solives sur lesquelles, par suite de la distribution intérieure, on est obligé de placer des cloisons. Lorsque ces cloisons sont très légères, on maintient, à la solive qui doit la porter, le même équarrissage que les autres solives du plancher; c'est ce qui arrive pour la solive M du plancher que nous étudions. Quand la cloison à faire supporter à la solive est un peu plus lourde, on augmente un peu son équarrissage, la solive N par exemple.

*Observation.* Avant de continuer cette étude des planchers avec poutres, il est bon de rappeler que lorsqu'on fait le projet d'un plancher dans la composition duquel il entre des poutres, on doit prendre garde de ne pas les faire porter au-dessus des vides des portes ou des fenêtres. On doit même, si la charge sur ces poutres est très grande, placer, sous leur portée, une pile en pierre ou en petits matériaux solides et, au besoin, des contreforts en saillie, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur.

Nous donnerons plus loin la disposition des planchers qui doivent recevoir des cloisons.

**271.** Le deuxième exemple d'un plancher en bois formé de solives parallèles avec emploi de poutres est représenté en croquis (fig. 314). Nous pourrions composer la poutre comme nous l'avons indiqué (fig. 302), mais prenons le cas où la portée est assez grande pour nous obliger à intercaler, entre les deux pièces de bois, une solive en fer à I. L'assemblage des solives avec la poutre est indiqué en coupe verticale et en plan par la figure 315.

Nous avons examiné, dans ce deuxième exemple, le cas d'une poutre logée entièrement dans l'épaisseur du plancher.

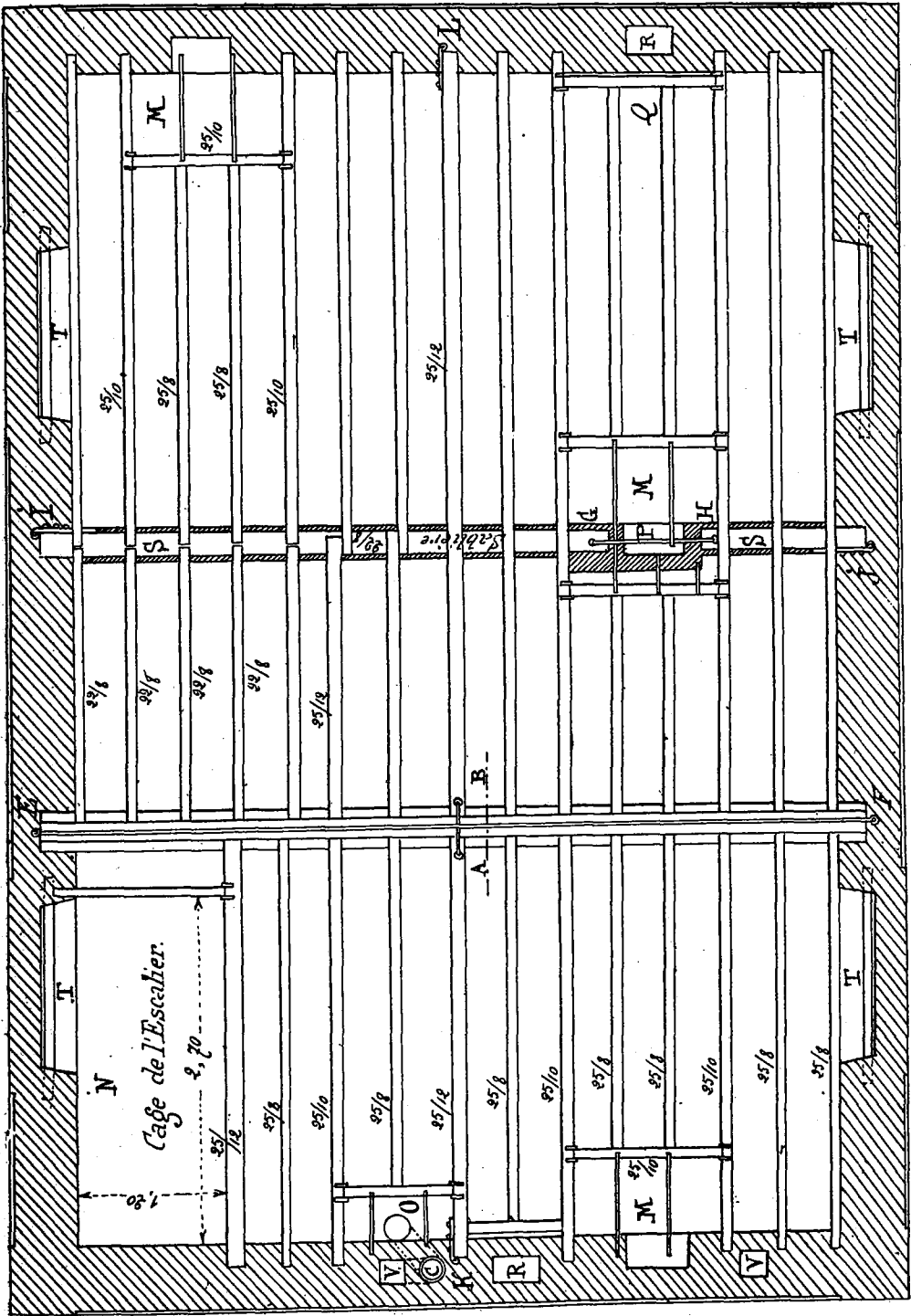


Fig. 314.

Pour des cas plus simple, on pourra prendre la disposition indiquée en croquis (fig. 316)

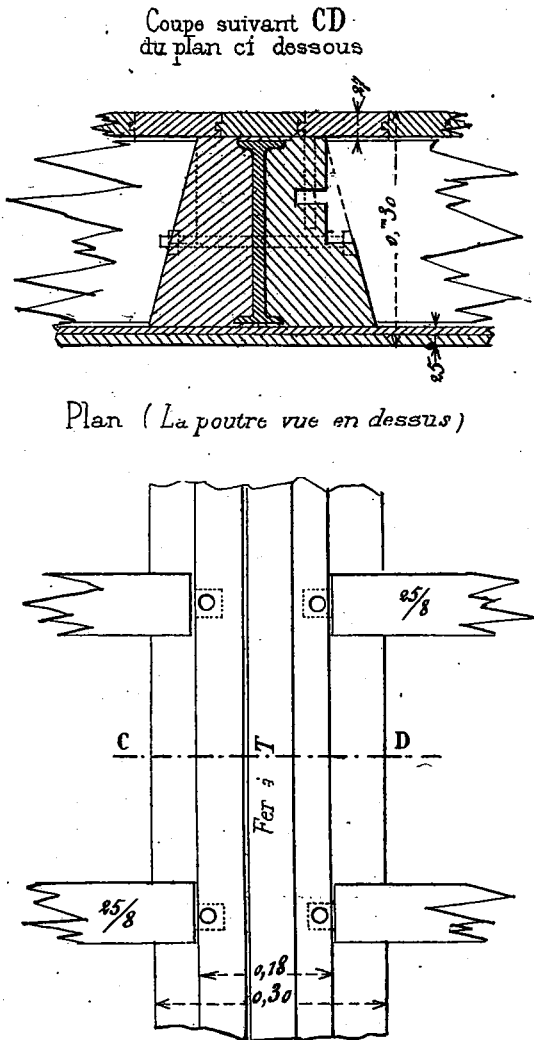


Fig. 315. — Détail de la poutre (coupe suivant AB du plan, figure 314).

dans laquelle le fer I a été supprimé par suite d'une portée moins grande de la poutre.

Dans cet exemple, les solives, chevêtres, faux-chevêtres et remplissages sont en sapin. Les dimensions adoptées seront les suivantes :

Dans les pièces ayant du parquet, les solives auront un équarrissage de 0,08 sur 0,25.

Les chevêtres et faux-chevêtres auront  $0,10 \times 0,25$ .

Les solives portant cloison et les solives de chaînage auront  $0,12 \times 0,25$ .

Chacune de ces pièces de bois portera, sur le côté, un tasseau de  $0^m,03 \times 0,04$  cloué de  $0^m,08$  en  $0^m,08$  et destiné à recevoir, comme nous le verrons plus loin, des bardeaux de  $0^m,03$  de grosseur moyenne. Ces bardeaux seront posés au milieu des solives et recouverts d'un auget en plâtre. Le plancher en frises de chêne de  $0^m,027$  sur  $0^m,11$  de largeur, sera cloué à rainures et languettes sur les solives.

Si, par exemple, on voulait mettre un carrelage où il y a des solives d'un équarrissage de  $0,22 \times 0,08$ , le bardeau serait, dans ce cas, posé à  $0^m,02$  en contrebas du dessus de la solive et recouvert d'une chape en mortier ou en plâtre sur laquelle on placerait directement les carreaux. La partie placée au-dessus de la poutre serait alors recouverte d'un parquet se raccordant avec le carrelage. Nous donnerons plus loin les détails de ces diverses dispositions.

Dans cet exemple de plancher, il existe deux chaînages, l'un établi au moyen de la poutre elle-même ancrée aux deux extrémités aux points EF, l'autre au moyen d'une sablière S de  $0,22 \times 0,08$  posée à plat au-dessus d'une cloison de refend venant de l'étage inférieur. Comme cette sablière est interrompue aux points G,H pour le passage d'une cheminée, on rétablit la continuité en fixant, à chaque extrémité, une longue plate-bande en fer plat P. A chaque extrémité de cette sablière, on fixe des plates-bandes en fer méplat de  $0,008 \times 0,041$  avec ancre de  $0,027$  sur  $0^m60$  de longueur et on obtient les dispositions spéciales indiquées aux points I et J.

Un autre chaînage est établi dans la longueur du bâtiment au moyen d'un cours de solives, réunies par des plates-bandes vissées sur le côté aux points K,L et coudées aux deux bouts avec ancres comme ci-dessus.

Comme pour les autres planchers, les étriers sont en fer plat de  $0,008 \times 0,041$ , les chevêtres en fer carré de  $0^m,03$ , enfin les bandes de trémie en fer de  $0,01$  sur



0,045. Cette disposition de plancher nous montre encore, en M, les emplacements à réserver pour les poêles et les cheminées; en N, l'emplacement d'une cage d'escalier; en O, la disposition à prendre pour le passage d'un tuyau de chute et d'un ven-

tilateur de fosse; en Q, le passage d'un tuyau de fumée dans un mur; enfin, en T, la disposition de petites solives placées dans le fond de l'ébrasement des croisées et destinées à recevoir le parquet qui se prolonge dans ces ébrasements.

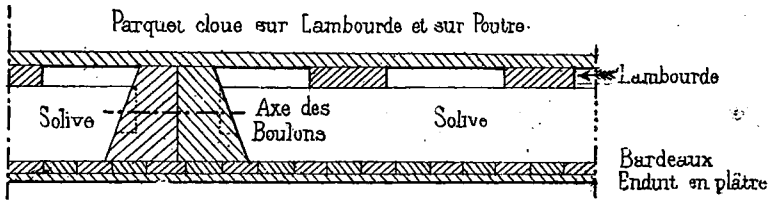


Fig. 316. — Poutre dans l'épaisseur du plancher.

272. Le troisième exemple d'un plancher en bois formé de solives parallèles

avec emploi de poutres est représenté en croquis (fig. 317). Dans cet exemple, la

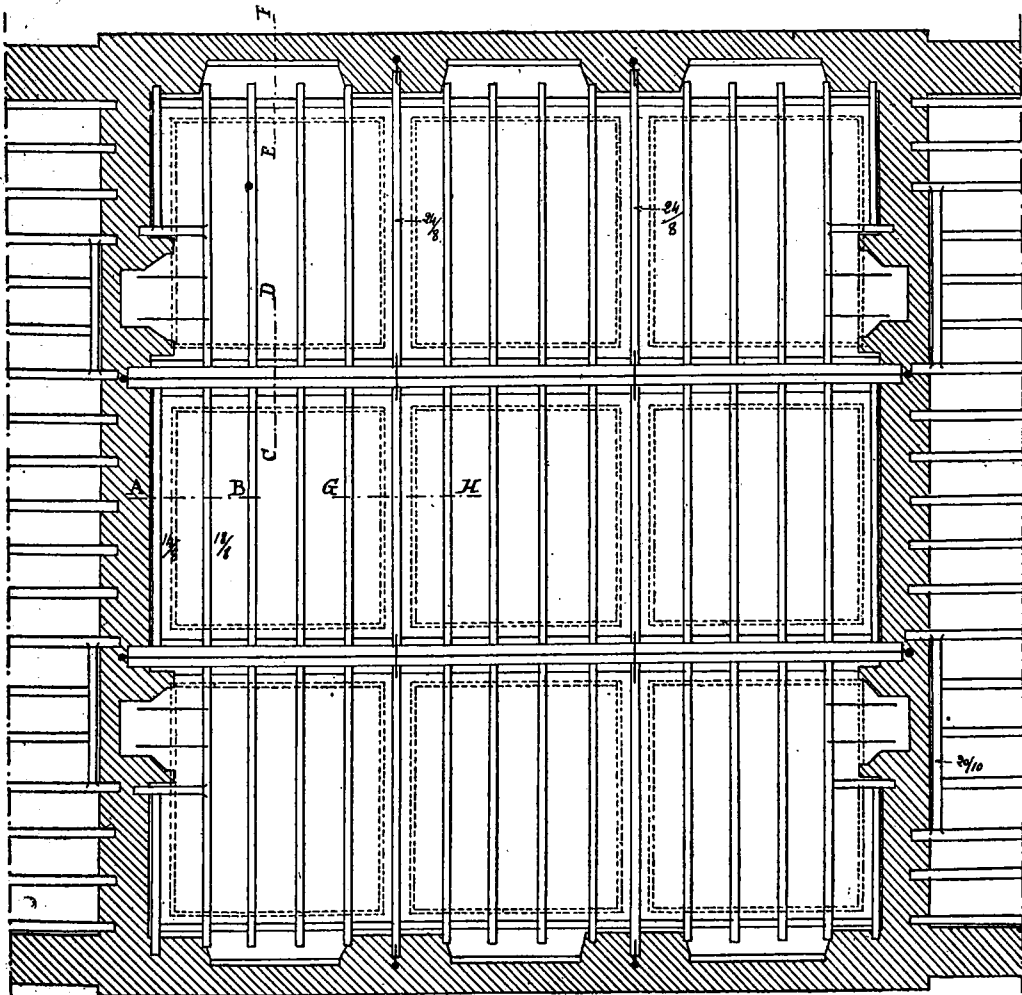


Fig. 317.

poutre est formée, comme le montre le croquis (fig. 318), de deux pièces de bois de chêne ayant chacune 0<sup>m</sup>,30 de hauteur sur 0<sup>m</sup>,11 d'épaisseur. Entre ces deux

pièces de bois et pour augmenter leur résistance, on place un fer I de 0<sup>m</sup>,22, ailes ordinaires.

Jusqu'ici, nous avons donné des exem-

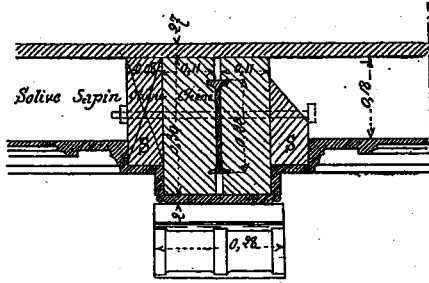


Fig. 318. — Coupe suivant CD du plan (fig. 317).

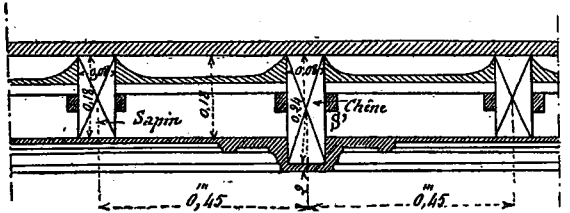


Fig. 319. — Coupe suivant GH du plan (fig. 317).

ples de plafonds simples ayant tout au plus une corniche au pourtour de chaque pièce.

L'exemple que nous examinons ci-après est celui d'un plafond à compartiments comme ils se font pour les salles d'attente dans les gares de chemin de fer. Pour donner à ces caissons une importance suffisante on est obligé d'ajouter, de chaque côté de la poutre, comme le montre le croquis (fig. 318), de petites solives en chêne S qui reçoivent les assemblages des solives en sapin du reste du plancher. Ces caissons sont faits simplement avec du plâtre. Nous en voyons la forme dans les diverses coupes.

cher sur une partie courante suivant GH. Dans cette coupe, la solive S' a un équarissage plus fort que celles qui composent le reste du plancher et ceci dans le double but: 1° de former les côtés des caissons perpendiculairement aux poutres; 2° de servir de solive de chaînage comme le montre, en plan, la figure 317. Cette solive est en chêne et a 0<sup>m</sup>,24 de hauteur sur 0<sup>m</sup>,08 d'épaisseur.

La figure 320 donne une indication de la poutre scellée dans le mur et reposant en partie sur un corbeau en pierre. Le long du mur, il existe une solive en chêne de 0<sup>m</sup>,24 sur 0<sup>m</sup>,08 destinée à continuer, le long de ce mur, le profil des caissons en plâtre. A droite, nous avons représenté

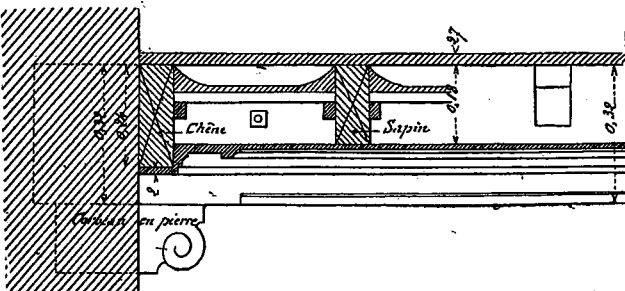


Fig. 320. — Coupe suivant AB du plan (fig. 317).

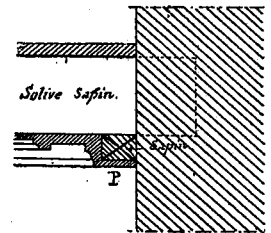


Fig. 321. — Coupe suivant EF du plan (fig. 317).

vue de face, l'entaille faite dans la poutre pour recevoir une solive ordinaire.

La coupe EF (fig. 321) montre une solive ordinaire de sapin venant se sceller dans le mur. Pour continuer les moulures

des caissons, on place près du mur et fixée aux solives une petite pièce de bois P recevant les enduits en plâtre.

Le reste de ce plancher ne représente rien de plus intéressant. Nous y remar-

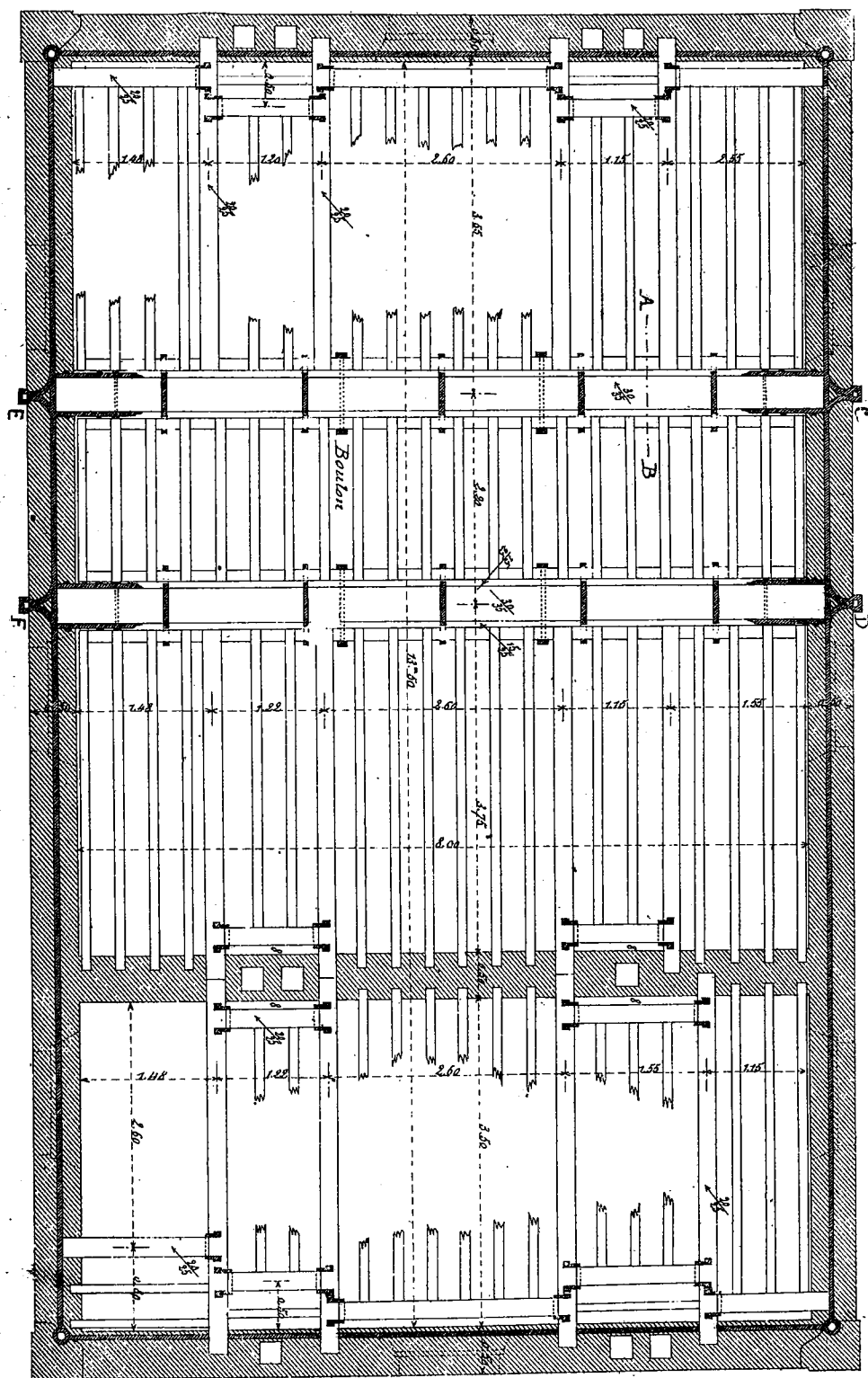


Fig. 322.

quons des trémies (fig. 317) pour le passage des cheminées et un chaînage fait comme nous avons déjà eu l'occasion de le voir, c'est-à-dire établi au moyen des poutres dans un sens et dans l'autre en se servant de solives plus fortes, ancrées aux extrémités et réunies, entre elles, par des plates-bandes en fer méplat. Ces plates-bandes sont vissées sur le dessus.

Dans la partie milieu de ce plancher, les solives ordinaires ont un équarrissage de 18/8. Les solives de chaînage, les solives de rive et les lambourdes placées contre les murs ont un équarrissage de 24/8. Les bardeaux sont posés pour recevoir un auget en plâtre. Le plafond du dessous est formé de neuf caissons.

*Dimensions des fers employés dans ce plancher.* — Les fers employés dans ce cas ont les dimensions suivantes :

Plate-bandes, fer méplat de 0<sup>m</sup>,008 sur 0<sup>m</sup>,041.

Ancres, fer carré de 0<sup>m</sup>,027 sur 0<sup>m</sup>,60 de longueur.

Etriers, fer méplat de 0<sup>m</sup>,008 sur 0<sup>m</sup>,041 ;

Chevêtres, fer carré de 0<sup>m</sup>,003 sur 0<sup>m</sup>,03 ;

Bandes de trémie en fer, fer de 0<sup>m</sup>,01 sur 0<sup>m</sup>,045.

**273.** Enfin, pour terminer, nous donnons (fig. 322), un quatrième exemple d'un plancher en bois formé de solives parallèles et de poutres. Ces poutres sont, comme le montre la coupe transversale AB (fig. 323) formées d'une pièce de bois principale P ayant un équarrissage de 0<sup>m</sup>,35 sur 0<sup>m</sup>,30 et de deux lambourdes L sur lesquelles les solives du plancher sont posées. Le chaînage des poutres est suffisamment

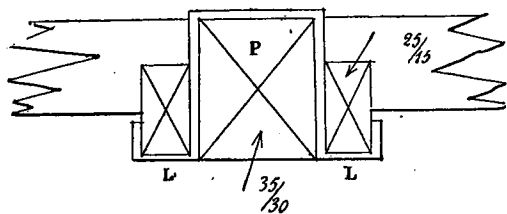


Fig. 323. — Coupe suivant AB de la figure 322.

indiqué et les ancres placées aux quatre points CDEF sont visibles en façade. Ce plan nous montre également comment il

faut disposer un cours de chaînes en fer plat pour faire le chaînage des murs. Ce chaînage, comme le montre la figure 322, est terminé aux quatre angles du bâtiment par des tiges en fer rond fortement scellées dans la maçonnerie et passant dans des ouvertures circulaires réservées à cet effet à chaque extrémité des fers plats du chaînage.

### 3° Planchers d'enrayure ou d'assemblage. — Divers types.

**274.** Lorsqu'on n'a pas à sa disposition des pièces de bois assez longues ou assez fortes pour supporter, en leur milieu, un poids considérable, on forme ce qu'on appelle des *planchers d'assemblages* qui se composent de poutrelles et de solives, celles-ci étant assemblées près des points d'appui des poutrelles qui offrent plus de résistance en ces endroits. Ces planchers sont donc formés, en général, de pièces de bois ne traversant pas d'un mur à l'autre. Les planchers de ce genre peuvent affecter les dispositions les plus variées. Ces dispositions dépendent, non seulement de la forme du bâtiment, mais encore de la longueur des pièces, qui est souvent moindre que l'intervalle des murs. Il faut aussi ne pas oublier que, dans ces planchers, toute la charge est supportée par un petit nombre d'assemblages et qu'il est indispensable, pour renforcer, d'employer un certain nombre d'équerres et de plates-bandes. De là, résulte une main-d'œuvre dispendieuse; en outre, ces planchers ont l'inconvénient de ne pas se prêter à une décoration simple, rationnelle et régulière. Ce qu'il faut encore observer dans ces sortes de planchers, c'est de ne pas trop affaiblir les fortes pièces auxquelles se rattachent les moyennes par des mortaises trop multipliées ou trop rapprochées.

Les poutres qui entrent dans la composition de ces planchers peuvent être d'une seule pièce ou composées de plusieurs morceaux réunis de manière à former des armatures. Les solives sont toujours d'une seule pièce. On place ordinairement, contre ou près des murs, des solives qui soutiennent les planches du parquet. Ces solives n'ayant à supporter

que la moitié de la charge répartie sur les autres, peuvent n'avoir que la moitié de leur force. Par contre, les maîtresses solives et, en général, toutes celles qui, par suite de leur assemblage avec des linçoirs ou d'autres pièces, portent un surcroît de charge, doivent être d'un équarissage plus fort que les solives ordinaires.

NOMS DES PRINCIPALES PIÈCES QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION DES PLANCHERS D'ENRAYURE.

**275.** La figure 324 donne un croquis dans lequel chacune de ces pièces se trouve indiquée. La pièce principale A se nomme

*entrait de long-pan*, la pièce B, *entrait de croupe*; la pièce C, *coyer*; la pièce D, *gousset*; E, *faux goussets*; F, *chevêtres à croupe biaise*; G, *entrait de croupe*; H, *chevêtre oblique*; I, *chevêtre*; K, *solives de remplissage*; L, *embranchements*; M, *faux chevêtres*.

Les goussets sont placés de manière à recevoir le coyer et, aussi, de manière à ce qu'ils puissent se joindre en même temps à l'entrait de long-pan et à celui de la croupe. Ces deux pièces devant porter toute la charge du plancher, il faut faire en sorte d'y rattacher les autres pièces sans trop les affaiblir par des assemblages. Il faut aussi avoir soin de ne jamais pla-

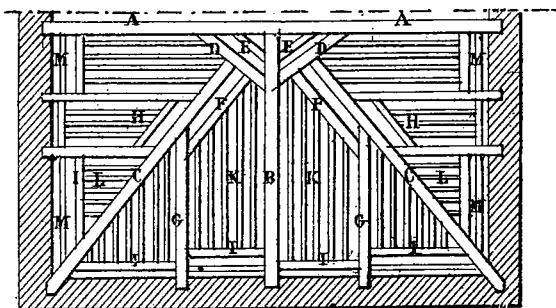


Fig. 324.

cer les chevêtres dans les travées, les uns aux bout des autres, mais alternativement de leur épaisseur. Un des types les

plus simples de ces espèces de plancher est indiqué (fig. 325).

Les solives de ce plancher, dont le cro-

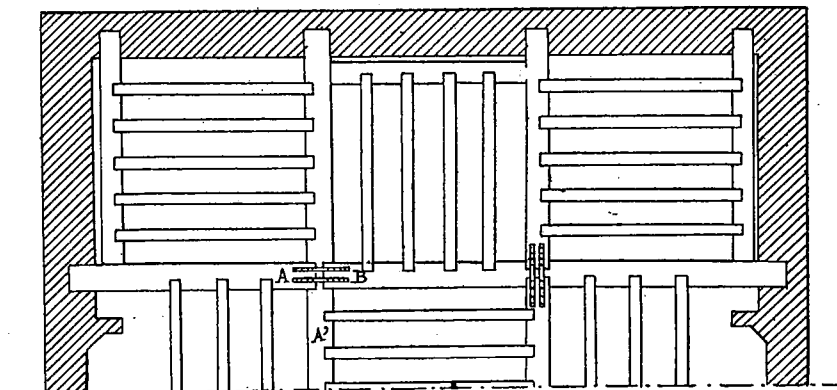


Fig. 325.

quis ne nous en montre que la moitié, sont relativement courtes et reposent sur

des poutres ayant peu de longueur et dont l'assemblage, très simple, est représenté

par la figure 326. Ces poutres sont reliées entre elles par des plates-bandes en fer.

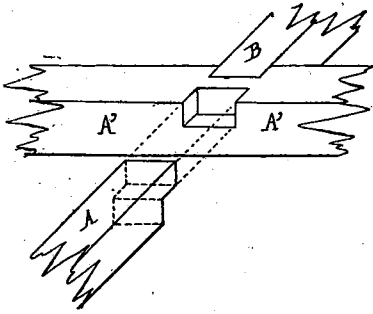


Fig. 326.

fixées avec des clous marinières. Ce type de plancher est abandonné aujourd'hui.

Un deuxième type de ces planchers est représenté par la figure 327. Celui-ci est un peu plus compliqué, mais cependant il se comprend facilement à l'inspection de la figure en s'aidant des principaux assemblages représentés (fig. 328 et 329). Ce système d'assemblage pour planchers est abandonné aujourd'hui.

La figure 330 nous donne un troisième exemple de plancher d'enrayure, ou plancher à compartiments, ainsi qu'on le désigne souvent. Des *coyers* A servent à établir les portées de cette charpente dans les murs. Des linçoirs B, alternativement parallèles aux murs et aux coyers, dessinent des compartiments de forme semblable et qui décroissent proportionnellement en s'approchant du com-

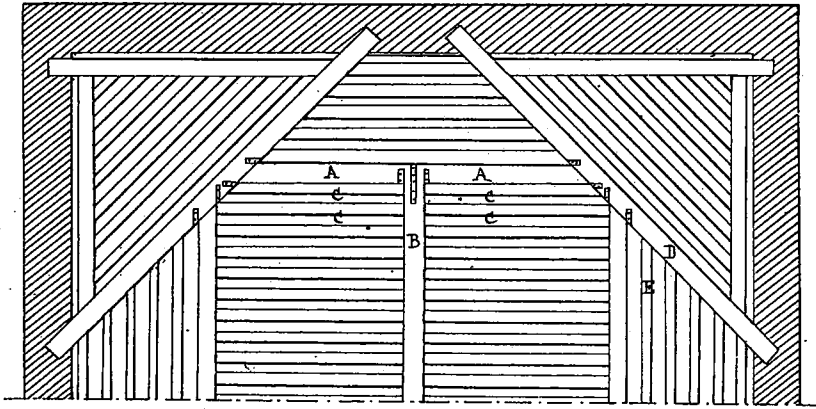


Fig. 327.

partiment central. Les vides sont remplis par des *empanons* parallèles aux lin-

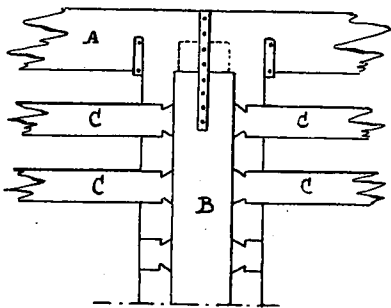


Fig. 328.

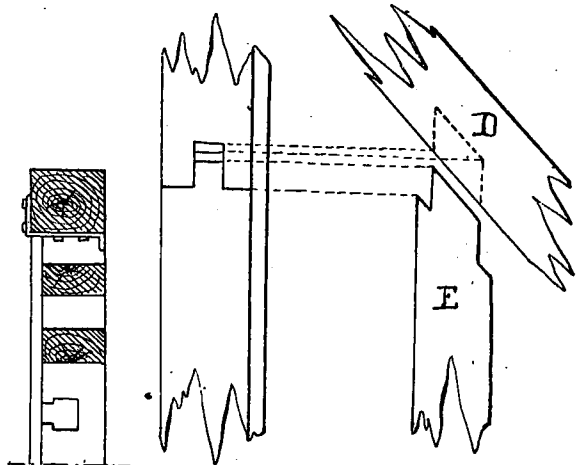


Fig. 329.

coirs. Dans la construction de ce plancher, on donne à tous les soliveaux le même équarrissage, mais les grosseurs

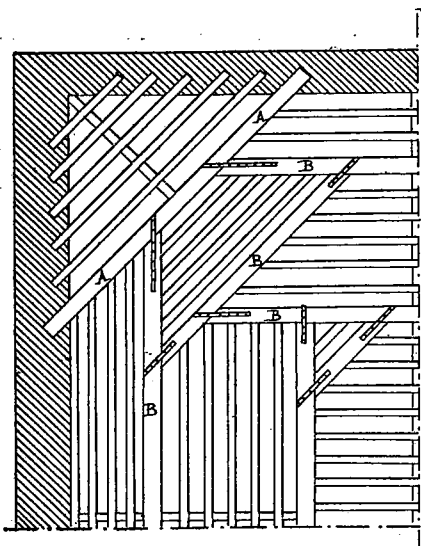


Fig. 330.

des lincoirs diminuent à mesure que, se rapprochant du centre du plancher, ils ont une moindre charge à supporter.

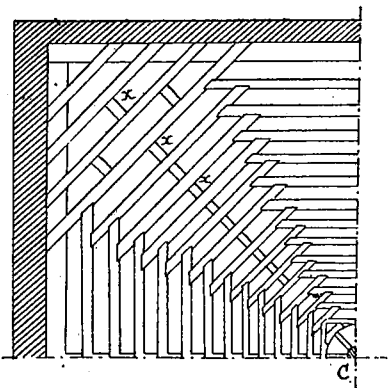


Fig. 331. — Plancher de l'ancienne halle aux draps.

La figure 331 donne un quatrième exemple d'un plancher d'enrayure. Le type qui est représenté, et dont nous ne voyons que le quart, montre le type adopté à l'ancienne halle aux draps. C'est un plancher dans lequel les poutres et les solives

sont assemblées de manière à former, dans l'intérieur d'une salle carrée, une succession d'octogones réguliers rendus solidaires les uns des autres par des assemblages que le croquis fait facilement comprendre. Le premier octogone est obtenu par le moyen de quatre coyers qui s'appliquent sur les murs, dans la figure 334

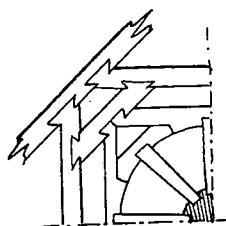


Fig. 332. — Détail de la clé C du plancher (fig. 331).

les côtés des octogones sont tous parallèles les uns aux autres et prolongés de telle manière que les pièces qui les forment s'assemblent entre elles à queues d'hironde simples et biaises, comme le montre en croquis la figure 332 qui représente en détail la partie milieu ou la clé du plancher.

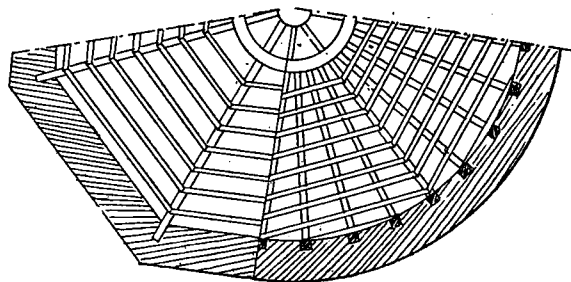


Fig. 333.

La figure 333 donne un exemple de la même disposition du plancher pour couvrir un espace circulaire ou polygonal.

Toutes les pièces de ces planchers, qui sont rarement employées aujourd'hui, sont tenues en joint par des *étrésillons* X (fig. 331) ou des *liernes*, serrés avec force dans l'intervalle qui les sépare et même assemblés avec elles à tenons et mortaises très courts.

#### 4° Anciens types de planchers abandonnés aujourd'hui.

**276.** Parmi les anciens types de planchers dont on ne se sert plus maintenant, il en est un qui a été très employé et que nous ne devons pas passer sous silence.

Ce plancher était connu sous le nom de plancher à la Serlio (*Sébastien Serlio, célèbre architecte, né à Bologne en 1518, mort en 1552*). La figure 325, donnée précédemment, représente une disposition indiquée par Serlio. Elle n'est que l'application en grand d'un jeu enfantin, bien

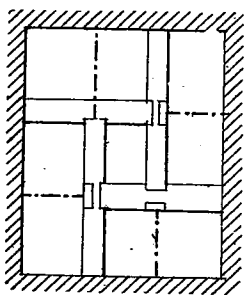


Fig. 334.

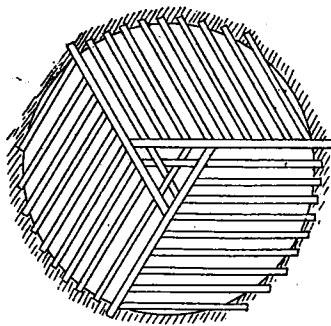


Fig. 335.

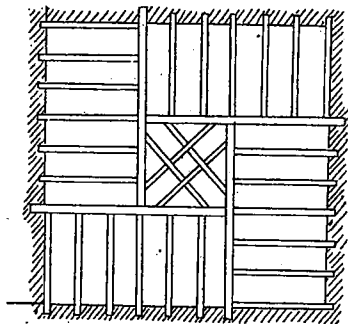


Fig. 336.

connu, qui consiste à faire tenir en l'air des couteaux dont les pointes sont engagées les unes dans les autres. La figure 325 ne représente que la moitié du plancher qui, en totalité, est formé de huit pièces de bois, quatre ayant les  $\frac{2}{3}$  de la portée et

principe précédent. Ces planchers demandent à être composés, en général, avec des solives très étroites dans le sens horizontal et très épaisses dans l'autre sens, afin qu'on puisse donner toute la force nécessaire aux assemblages, sans être obligé d'em-

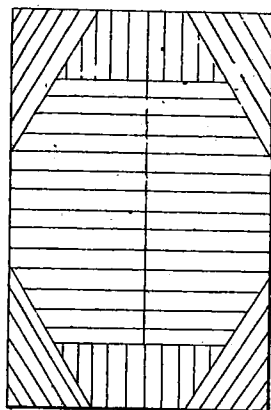
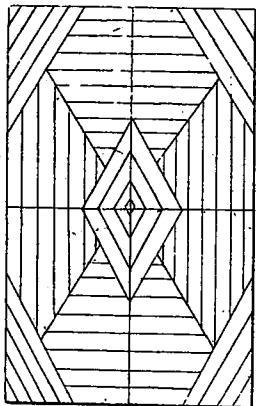


Fig. 337.



338.

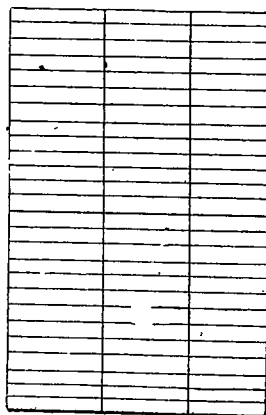
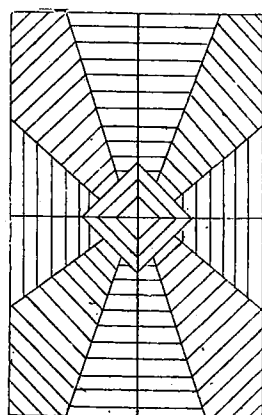


Fig. 339.



340.

reposant les unes sur les autres comme le montre la figure 334, quatre ayant seulement le  $\frac{1}{3}$  de cette portée et placées dans le prolongement des premières.

Les figures 327, 328, 329 et 330 donnent encore deux exemples de l'application du

ployer des moyens de liaison en métal, ce qui en augmenterait sensiblement le prix. Tous les planchers dits à la Serlio doivent se monter sur un échafaudage ou une espèce de cintre qu'on démolit lorsque toutes les pièces sont solidement assemblées,



fixées et recouvertes de l'aire en planches fortement clouées ou chevillées.

Les figures 337, 338, 339 et 340 donnent, sous forme deschéma, des dispositions de planchers de grandes dimensions dont les systèmes sont également abandonnés aujourd'hui.

**277.** Il existe une quatrième espèce de planchers, dits *sans solives*, formés de plusieurs couches de planches jointives, assemblées à rainures et languettes, dont les directions se croisent et qui sont clouées les unes sur les autres. Ce genre de construction, présentant peu de solidité et nécessitant de grandes dépenses, ne s'emploie presque jamais.

**5° Disposition des planchers en bois dans un terrain irrégulier.**

**278.** Lorsque le plan sur lequel on doit construire un plancher n'a pas une forme

l'infini, nous ne multiplierons pas les exemples. Dans le cas que nous examinons, les solives longues portent, d'un côté sur un mur, de l'autre sur un pan de bois. Dans les chambres sur cour, les solives portent par les deux extrémités sur des pans de bois. L'inspection seule de la figure fait assez facilement comprendre la disposition à adopter pour ce cas.

**6° Consolidation des vieux planchers en bois.**

**279.** Il arrive souvent, dans une vieille construction, que les planchers sont dans un très mauvais état et que, pour une cause quelconque, on ait besoin de les consolider pour qu'ils puissent supporter des charges assez lourdes. Ainsi, un locataire quitte une maison ou un local dans lequel les planchers sont en bois; il n'avait pas besoin, pour son industrie, d'avoir des planchers très résistants, les charges à supporter n'étant pas très grandes. Après lui, un autre locataire désire, au contraire, un plancher très résistant pouvant recevoir des marchandises lourdes. A la suite d'un examen minutieux du plancher, on reconnaît qu'il est très mauvais, que les scelle-

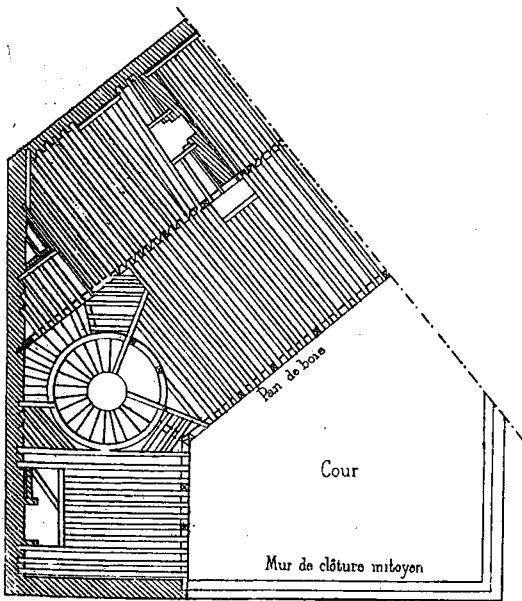


Fig. 341.

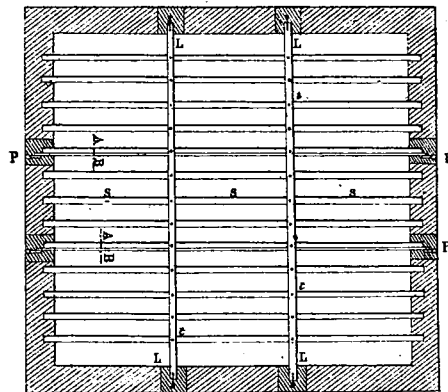


Fig. 342.

régulière, il faut, suivant les cas, prendre des dispositions spéciales pour assurer la solidité et la facilité d'exécution de ce plancher. Nous donnons (fig. 341) le croquis d'un plancher sur un terrain irrégulier. Les dispositions pouvant varier à

ments des solives dans les murs sont pourris, que ces mêmes solives, par suite de l'existence d'aubier, se trouvent également en assez mauvais état; que, de plus, il est impossible d'enlever complètement le plancher pour le remplacer par

un autre sans nuire à la solidité de la maison ou même sans entraîner des accidents fâcheux. Que devra-t-on faire alors? Après avoir enlevé complètement le parquet et le hourdis, l'ouvrier devra gratter les solives pour enlever le bois piqué et l'aubier existant sur chacune d'elles de manière à les bien nettoyer; puis, si on trouve dans les murs, des points résistants, un fort poteau montant de fond ou une pile en pierre P (fig. 342), par exemple, on profitera de ces deux points pour doubler la solive en bois qui repose sur ces appuis résistants d'un ou de deux fers à I boulonnés avec la solive en bois. Ensuite pour maintenir les autres solives S (fig. 342 et 343), on placera, en travers du plancher, des liernes L en chêne entaillées à l'endroit



Fig. 343. — Coupe suivant AB du plan (fig. 342).

de chacune des solives et reposant, par leurs deux extrémités, sur de bons points d'appuis. On place, en face de chaque solive, de forts tirefonds *t* qui tendent à soulever ces solives pour les tenir appuyées contre la solide lierne en chêne.

Ces tirefonds empêchent ainsi le vieux plancher en bois de fléchir de nouveau et font reporter toute la charge sur les points d'appuis sérieusement établis. On

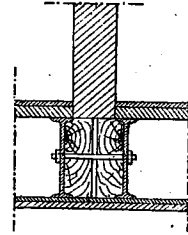


Fig. 344.

forme donc un plancher solide sur lequel on peut, sans crainte, appuyer de lourds fardeaux.

Si, à un point quelconque de ce plancher, deux solives sont disposées pour porter une cloison (fig. 344), on double les pièces de bois avec des solives en fer, le tout boulonné suffisamment.

Le procédé de consolidation qui vient d'être décrit n'est certainement pas le seul. Il en existe bien d'autres qui ne peuvent s'étudier qu'avec les cas particuliers que le constructeur rencontre toujours en réparant de vieilles constructions.

#### § IV. — EXÉCUTION DES HOURDIS DANS LES PLANCHERS EN BOIS

**280.** Les différents moyens d'exécuter un hourdis de plancher peuvent se résumer dans les trois types que nous allons examiner succinctement.

1° Le hourdis est, comme le montre la figure 345, composé d'une aire en plâtre A, faite sur *bardeaux* ou sur *lattis jointif* établis sur les solives, avec *entrevous* E enduits par-dessous. C'est, comme nous le voyons, un cas très simple de plancher avec solives apparentes, souvent employé pour les greniers, les écuries et les bâtiments ruraux de peu d'importance. Souvent, l'aire en plâtre est recouverte d'un carrelage posé sur une forme en poussier de 0<sup>m</sup>,03 à 0<sup>m</sup>,08 d'épaisseur, suivant la

forme plus ou moins grossière et la plus ou moins grande régularité de l'aire en plâtre.

2° Les planchers hourdés pleins, à l'affleurement des solives, sont *lattés espacés* et plafonnés en dessous (fig. 346). Le dessus est formé, comme précédemment, d'une aire générale en plâtre et d'une forme en poussier sur laquelle on pose le carrelage ou le parquet. Ces planchers, qui sont très lourds, ne sont employés, le plus souvent, que pour les paliers d'escaliers.

3° Enfin, un troisième type, connu sous le nom de planchers creux d'appartement, est représenté en croquis (fig. 347). Il est composé, en dessus, d'une aire en plâtre

établie sur bardeaux ou sur lattis jointif et d'une forme en poussier sur laquelle est placé le parquet ou le carrelage. En dessous, il y a un plafond fait sur un lattis

jointif ou sur des augets plats ou cintrés. Ces planchers sont les plus solides et les plus employés.

Avant de parler des détails d'exécution

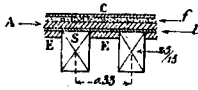


Fig. 345.

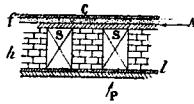


Fig. 346.

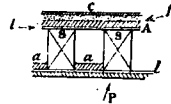


Fig. 347.

**Légende de ces trois figures :** a, augets. — f, forme en poussier de 0<sup>m</sup>03 d'épaisseur. — h, hourdis plein en plâtre. — l, lattis. — P, enduit et crépi du plafond de 0<sup>m</sup>03 d'épaisseur au p.us. — A, aire en plâtre de 0<sup>m</sup>04 d'épaisseur. — C, carrelage de 0<sup>m</sup>01 d'épaisseur ou parquet. — E, Entrevois. — S, solives.

des hourdis de plancher qui entrent dans les trois types que nous venons de décrire, il est bon de donner quelques renseignements sur les différentes expressions dont il est parlé ci-dessus.

**281. I. — Aire en plâtre.** — On désigne sous ce nom la couche de plâtre qu'on pose sur les bardeaux ou le lattis dont on recouvre le haut des intervalles des solives d'un plancher et sur laquelle on établit le carrelage formant le sol du plancher.

Pour exécuter une aire de plancher, l'ouvrier maçon commence par poser, sur les solives, les bardeaux ou le lattis jointif, en ne clouant pas les lattes de celui-ci sur toutes les solives. On les pose seulement comme les bardeaux et, sur chacune de leurs extrémités et au milieu de leur longueur, on place en travers une latte qu'on fixe sur les solives avec des clous à bateaux. Ces lattes transversales relient convenablement le lattis aux solives. Le travail terminé, l'ouvrier gâche une assez grande quantité de gros plâtre dont il se sert pour former l'aire en le dressant à la truelle et en réglant son épaisseur à 0<sup>m</sup>,04 environ. Comme le plâtre foisonne toujours en séchant, il faut avoir soin de ne pas approcher entièrement l'air en plâtre des murs, des solives d'enchevêtrement, des poutres, etc., afin d'éviter la poussée au vide ou la rupture de l'aire par soulèvement. Lorsque, dans les greniers par exemple, les aires doivent rester apparentes et doivent former le sol de ces greniers, le maçon doit les enduire. Dans le cas contraire, lorsque

les aires doivent être recouvertes, l'ouvrier se contente de les dresser grossièrement avec le tranchant de sa truelle.

**282. II. — Lattis jointifs et espacés.** — Les lattes les plus généralement employées pour faire les lattis ont 1<sup>m</sup>,30 de longueur, 30 à 45 millimètres de largeur et 5 à 10 millimètres d'épaisseur. On les livre dans le commerce par bottes de 52.

Pour faire 1 mètre carré de lattis jointif, il faut 49 lattes, déchet compris. La latte en cœur de chêne est la meilleure. On la reconnaît à la résistance qu'on éprouve pour la casser, à sa couleur foncée et à sa grande pesanteur. C'est cette latte qu'il faut employer dans les planchers. Une autre latte connue sous le nom de latte blanche (en bois de chêne de qualité inférieure ou en châtaignier) peut être employée pour les cloisons légères et autres ouvrages intérieurs. Il faut, avant de l'employer, la laisser séjourner quelque temps dans l'eau.

Ayant choisi de bonnes lattes, s'il s'agit de faire un plafond, le maçon commence par vérifier si les solives ne présentent pas de trop grandes flaches, ce qui entraînerait à une charge de plâtre dispendieuse et nuisible à la solidité du plafond. Quand, sur les solives, il existe des vides trop grands, il faut rapporter des fourrures en bois sous les solives afin de redresser, autant que possible, les parties sinueuses. Les lattes sont ensuite posées sur les solives en ayant soin que chaque extrémité de latte corresponde à l'axe de chaque solive. Pour un lattis jointif, on laisse un centimètre d'intervalle entre les lattes voisines. Pour

un lattis espacé, devant recevoir des *augets*, l'entraxe des lattes doit être de 0<sup>m</sup>,41 environ, ce qui donne un vide d'à peu près 0<sup>m</sup>,08.

La pose d'un lattis exige beaucoup de soins de la part de l'ouvrier, car c'est surtout à la bonne exécution du lattis qu'est due la grande adhérence du plâtre au bois et la solidité des plafonds. Lorsque les lattes sont noueuses ou tortueuses, il faut les placer aux points où la charge de plâtre doit être la plus forte et tourner la partie défectueuse du côté de l'épaisseur du plancher. Pour fixer les lattes sur le bois, on se sert de pointes de 25 millimètres de longueur ou de clous à lattes proprement dits et on les enfonce avec la hachette de maçon.

**283. III. — Bardeaux.** — On désigne sous le nom de *bardeaux*, des morceaux de bois bruts, refendus qu'on pose sur les solives de planchers pour recevoir l'aire en plâtre ou en mortier qui doit supporter le carrelage ou les lambourdes du parquet. Les dimensions des bouts de bardeau varient avec l'écartement des solives; elles sont ordinairement de 0<sup>m</sup>,32 de longueur, 0<sup>m</sup>,04 à 0<sup>m</sup>,05 de largeur et 0<sup>m</sup>,010 à 0<sup>m</sup>,020 d'épaisseur. On met environ cinq bouts de bardeau par mètre carré de plancher.

**284. IV. — Entrevous.** — On désigne sous le nom d'*entrevous*, un enduit qu'on exécute entre les solives, sous le lattis ou les bardeaux qui supportent l'aire. Ces entrevous se font à l'aide d'échafauds partiels. C'est, du reste, un travail ordinaire qui se compose simplement d'un *gobetage* (on nomme ainsi le plâtre au panier, gâché excessivement clair, qu'on projette avec un balai sur les lattis et les pièces de charpente sur lesquelles on veut appliquer un crépi et un enduit. Pour les plafonds avec augets, on gobète seulement les faces inférieures des solives) et d'un enduit en plâtre. La seule difficulté que l'ouvrier rencontre dans la confection des entrevous est due au peu d'espacement des solives et à la gêne pour faire l'enduit. Cependant, avec le dos de la truëlle, l'ouvrier l'exécute encore assez facilement.

**285. V. Enduit en plâtre.** — On dis-

tingue deux espèces d'enduits en plâtre: l'enduit simple, et l'enduit destiné à recouvrir un crépi. L'épaisseur est plus considérable pour les enduits simples que pour ceux faits sur crépi. Elle est ordinairement de 0<sup>m</sup>,010 à 0<sup>m</sup>,014 pour les premiers, et de 7 à 10 millimètres au plus pour les derniers. On désigne sous le nom de *crépis*, la couche de plâtre qu'on applique sur les augets d'un plafond; par exemple, pour préparer les surfaces à recevoir l'enduit.

**286. VI. — Augets plats ou cintrés.** — On désigne sous le nom d'*auget*, la couche de plâtre posée entre les solives d'un plancher sur un lattis espacé pour former le corps du plafond sur lequel on applique l'enduit. La figure 348 représente un auget plat et la figure 349 un auget cintré. Les plafonds avec augets plats ou cintrés présentent beaucoup plus



Fig. 348.

Fig. 349.

de solidité que ceux faits simplement sous lattis jointifs. Pour exécuter ces augets, on applique sous le lattis, en regard des intervalles des solives, des planches les plus droites possible. Des maçons, placés sur un échafaud, construit spécialement pour ce travail, posent des étrépillons sous ces planches pour les maintenir bien appliquées. Pendant que des ouvriers, qui se trouvent sur l'échafaud, posent les planches et les changent de place au fur et à mesure de la prise du plâtre, d'autres ouvriers, placés sur les solives, font les augets.

Le plâtre employé doit, autant que possible, être gâché bien serré. Le maçon le place entre les solives, soit avec la truëlle, soit en versant l'auge entière, en ayant bien soin de dresser l'auget avec le dos de la truëlle avant la prise du plâtre et d'en régler l'épaisseur qui ne doit pas être inférieure à 0<sup>m</sup>,027. Pour faire les augets, on emploie ordinairement le plâtre au panier. Les augets cintrés s'établissent de la même manière que les augets plats. Néanmoins, pour les

premiers, comme l'indique la figure 349, on a soin de placer des clous à bateau sur les côtés des solives, sur la hauteur de l'auget avant de poser le plâtre. Le maçon donne à l'auget la forme circulaire, soit avec sa truelle, soit avec un corps rond qu'il promène sur la surface. Pour les plafonds établis sous d'anciens planchers et dont l'aire ou le carrelage existent et doivent être conservés il faut opérer autrement. Le lattis du plafond étant terminé, on prépare des planches d'une longueur et d'une largeur convenables et aussi droites que possible. On se sert également d'étrésillons ayant une longueur déterminée par la distance de l'échafaud au plafond. Cela fait, les ouvriers maçons font gâcher du plâtre en quantité suffisante et ils placent, sur l'échafaud, une ou deux des planches préparées, autant que possible sous l'intervalle des solives entre lesquelles on va établir l'auget. Ils remuent alors le plâtre qu'on vient de leur donner et ils l'étaient sur les planches, à peu près sur une largeur et une épaisseur égales aux dimensions de l'auget. Chaque planche ainsi recouverte de plâtre liquide est soulevée par deux ouvriers qui l'appliquent précipitamment contre le lattis du plafond, en face de l'intervalle des solives, pour y faire adhérer le plâtre. D'autres ouvriers placent un étrésillon sous chaque extrémité de la planche et, en même temps qu'ils les serrent fortement, ils frappent sur la planche avec la hachette pour faire mieux pénétrer le plâtre dans tous les vides du lattis. On place d'autres étrésillons sur la longueur des planches si cela est utile afin de bien les serrer contre le lattis. On laisse le tout en cet état jusqu'à ce que la prise du plâtre soit opérée. Alors, on retire les étrésillons et on décolle la planche. Ce travail est assez difficile et doit être fait par des ouvriers bien habitués à l'exécuter.

**287. VII. — Plafonds.** — Les plafonds sont ordinairement établis sur hourdis pleins, sur lattis jointifs ou sur augets plats ou cintrés. Pour exécuter un plafond, on commence par échafauder. Cet échafaudage se fait presque toujours en deux fois. On commence d'abord par

latter en dessous des solives et faire les augets. On enlève ensuite l'échafaud et, quand les gros travaux du bâtiment sont achevés, que ceux de plâtrerie, extérieurs et intérieurs, s'exécutent, on rétablit de nouveau l'échafaudage pour *jeter le plafond*, c'est-à-dire pour en faire le crépi et l'enduit. Dans le cas d'anciennes constructions, les augets et le plafond se font en se servant du même échafaudage. Lorsque cet échafaudage est établi, les maçons font les repères A (fig. 350) qu'ils coupent de niveau sur le plafond, en tenant compte de la charge de crépi et d'enduit et suivant l'obliquité des murs, en réservant aussi la charge de plâtre du ravalement de ces derniers; puis, ils procèdent au battage des *cueillies d'angles* horizontales, dont un des côtés forme le nu du plafond et l'autre celui du mur. Le repère A représente la coupe d'une de ces cueillies d'angle,

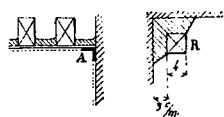


Fig. 350. Fig. 351.

On donne le nom de *repère* à de petites bandes de plâtre de 0<sup>m</sup>,10 sur 0<sup>m</sup>,03 environ, que le maçon établit ordinairement pour dresser ses enduits, pour mettre d'aplomb les règles qui doivent lui servir à battre les nus, les feuillures, les cueillies d'angle, etc... Les nus sont des bandes de plâtre de 0<sup>m</sup>,50 à 10 mètres, et quelquefois plus, de longueur, sur une largeur égale à celle d'une règle, 0<sup>m</sup>,03 environ, que les maçons établissent fréquemment pour bien dresser les enduits des murs, des plafonds, etc. Les cueillies d'angle ne sont autre chose que des nus qu'on établit dans les angles rentrants formés par les murs, les cloisons, les plafonds, etc., et qui, par suite, se composent de deux nus proprement dits. Pour les exécuter, le maçon commence d'abord par couper les repères à la demande de l'angle rentrant: puis, avec une règle R (fig. 351), souvent carrée et présentant toujours un angle égal à celui de la cueillie d'angle, il bat celle-ci en opérant comme pour un simple nu.

Les cueillies d'angle étant établies autour du plafond, les maçons font le crépi, en ayant soin de bien le dresser et de le faire de 5 millimètres au moins plus faible que les nus, afin d'avoir une charge convenable de plâtre au sas. Le crépissage terminé, on met sur l'échafaudage assez de maçons pour exécuter le plafond en une seule fois. Le plâtre et l'eau nécessaires au jetage du plafond, étant sur l'échafaud, tous les ouvriers gâchent en même temps leur plâtre et, autant que possible, aussi clair et aussi serré l'un que l'autre. Quand le plâtre est remué, chaque maçon met celui de son auge sur sa talochette avec sa truelle et il exécute l'enduit du plafond.

Pour les plafonds sur lattis jointif, quand le gobetage est fait, on exécute le crépi et l'enduit comme pour les plafonds à augets. Il en est de même pour les plafonds sur hourdis pleins.

**288. VIII. — Bandes de trémie.** — Pour faire le hourdis des bandes de trémie, les fers étant posés, le maçon larde de clous et de rappointis la face intérieure du chevêtre et des solives d'enchevêtre, puis il pose, en dessous des solives, pour fermer le vide, des planches jointives qu'il soutient au moyen d'étrésoillons bien serrés. Alors, il pose, sur cette espèce de plancher provisoire, pour remplir le vide, du plâtre et des plâtras blancs ou des recoupes de moëllons tendres, qu'il a soin de bien hourder à bain de plâtre.

### Coupes diverses de planchers montrant la disposition du hourdis.

**289.** Nous diviserons cette étude en deux parties : 1° hourdis de planchers avec solives apparentes ; 2° hourdis de planchers avec solives noyées ou cachées par le hourdis.

**290. I. — Hourdis de planchers avec solives apparentes.** — Le cas le plus simple est évidemment celui qui est représenté (fig. 352). Sur les solives en bois, on cloue directement le parquet. Ce procédé est très économique, puisqu'il supprime le hourdis ; on l'emploie dans les usines. Pour les habitations, ce moyen ne con-

viendrait pas et il faut absolument mettre un hourdis qui rend le plancher plus chaud et moins sonore, mais qui a, par contre, l'inconvénient d'être lourd et d'augmenter sensiblement la charge des planchers.

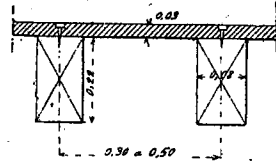


Fig. 352.

Une deuxième disposition de plancher avec solives apparentes et aire en plâtre sur bardeau est représentée (fig. 353). Les bardeaux sont directement cloués sur les

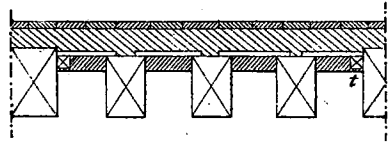


Fig. 353.

solives et chargés en dessus d'une aire en plâtre sur laquelle on met une petite couche de poussier pour pouvoir y placer un carrelage ; au-dessous, on les enduit de plâtre entre les solives. Lorsque, dans le plancher, on rencontre une poutre plus haute que les solives, afin de pouvoir continuer à clouer les bardeaux, on place,

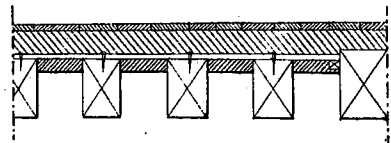


Fig. 354.

un peu en contrebas de la partie supérieure de cette poutre, un tasseau *t* qui permet de clouer les bardeaux venant sur cette poutre à la hauteur des autres bardeaux du plancher.

Une disposition analogue à celle que nous venons de décrire est représentée en coupe (fig. 354). Cette coupe montre le hourdis d'un plancher avec solives appa-

rentes et aire en plâtre sur lattis. Dans ce cas, les lattes remplacent les bardeaux.

Une quatrième disposition est indiquée en croquis (fig. 355). Dans celle-ci et dans

les deux dispositions suivantes, on a cherché à faire, avec les solives apparentes, une décoration de plafond. On cloue sur les solives des tasseaux en bois

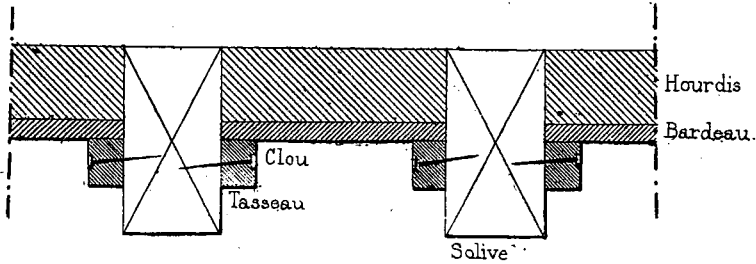


Fig. 355.

de 4 à 6 centimètres de hauteur ; puis, sur ces tasseaux on place des bardeaux. Enfin, au-dessus de ces bardeaux et jusqu'à la partie supérieure des solives, on

fait un hourdis plein. Sur ce hourdis bien réglé de niveau, on dispose un carrelage ou un parquet. Pour obtenir un effet plus décoratif, on peut, comme le montre la

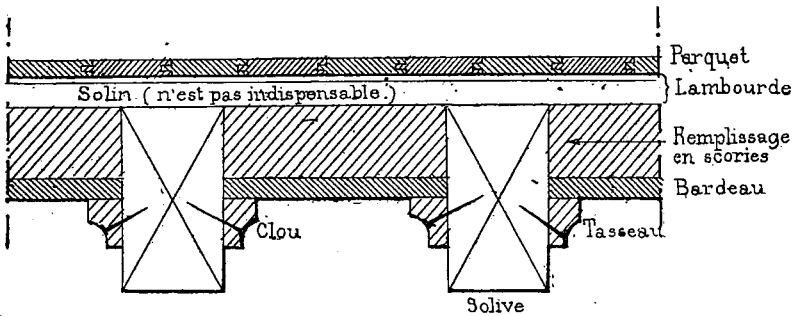


Fig. 356.

figure 356, moulurer les tasseaux. Enfin, comme l'indique la figure 357, on peut

faire des moulures sur les solives et sur les tasseaux. En A, pour cacher le joint, on

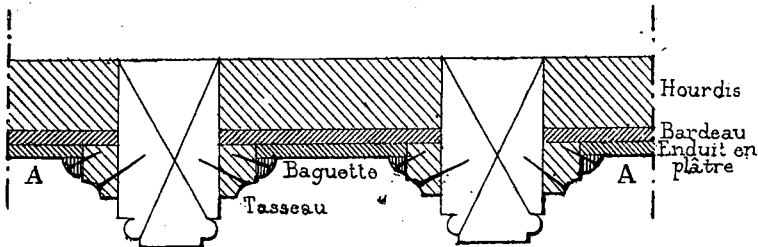


Fig. 357.

peut clouer une baguette. Dans ces deux derniers exemples, le reste du hourdis se fait comme précédemment.

Dans les pays où il n'y a pas de plâtre, on peut mettre des planches rainées à la place des bardeaux. Sur ces planches, et

jusqu'au niveau supérieur des solives, on met alors un remplissage en matériaux quelconques ; sable, gravier, scories, etc., puis on cloue directement les lambourdes sur les solives (on dit, dans ce cas, que les lambourdes sont *brochées*). Enfin, on cloue le parquet sur les lambourdes.

**291. II. — Hourdis de planchers, les solives étant cachées.** — L'exemple le plus simple est représenté (*fig. 358*). Sur les solives, on cloue des bardeaux jointifs ayant 0<sup>m</sup>,01 d'épaisseur ; puis au-dessus de ces bardeaux, s'il s'agit d'un plancher de grenier, par exemple,

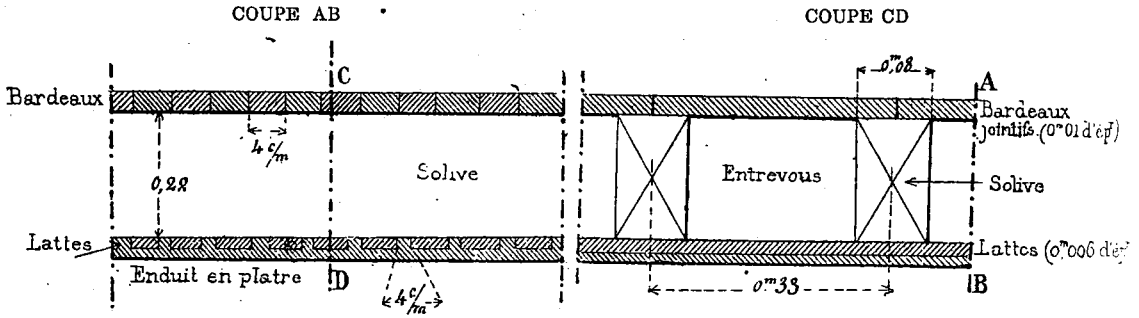


Fig. 358.

on place une couche de terre battue de 0<sup>m</sup>,04 d'épaisseur formant aire et sur laquelle on peut marcher. On peut aussi mettre une aire en plâtre et un parquet ou un carrelage par-dessus. Au-dessous des solives, on fait un plafond composé de

espacées tant pleins que vides, de manière que le plâtre puisse s'agrafer derrière.

La *figure 360* représente un hourdis creux sans augets avec lattis jointif au-dessus

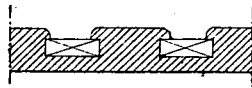


Fig. 359.

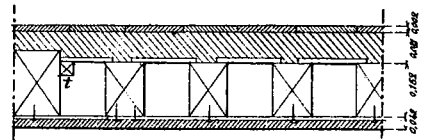


Fig. 360.

lattes de 0<sup>m</sup>,006 d'épaisseur clouées sur les solives et enduites en plâtre. Les lattes sont, comme le montre le croquis (*fig 359*)

pour recevoir l'aire en plâtre puis le carrelage et le parquet. Un petit tasseau *t* sert à clouer les lattes le long d'une poutre

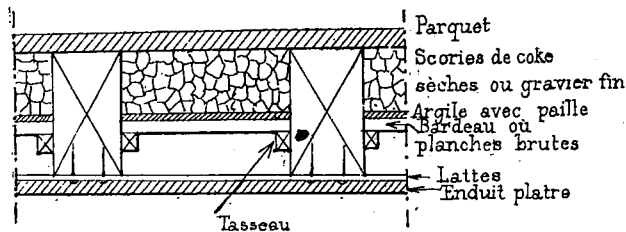


Fig. 361.

plus haute que les solives ordinaires du plancher. En Alsace, on exécute les hour-

dis de plancher comme le montre la figure 361. Les bardeaux sont formés de planches



brutes clouées sur des tasseaux. Afin de cacher les joints laissés entre ces planches, on place au-dessus une couche d'argile mélangée de paille. Sur ce sol ainsi composé, on met une couche épaisse de scories sèches de coke ou de gravier fin, puis on cloue le parquet directement sur les solives. Le plafond s'établit comme nous l'avons indiqué précédemment. On peut aussi faire des bardeaux en refendant des douves de tonneau ou des planches très minces de bateaux. Ce bardeau remplace avantageusement le bardeau ordinaire quand les douves ou les planches sont de bonne qualité. Dans certains cas, à défaut

de bardeau, on emploie aussi, pour recevoir les aires des planchers, des lattes neuves ou vieilles, qu'on pose de toute leur longueur transversalement aux solives, sur lesquelles on les fixe au moyen de trois lattes, placées en travers sur chaque longueur des premières et clouées de distance en distance avec des clous à bateau.

EMPLOI DES AUGETS EN PLATRE DANS LES HOURDIS DE PLANCHERS

**292.** La disposition la plus simple d'un hourdis en auget est indiquée (fig. 362). On exécute entre les solives un auget ayant

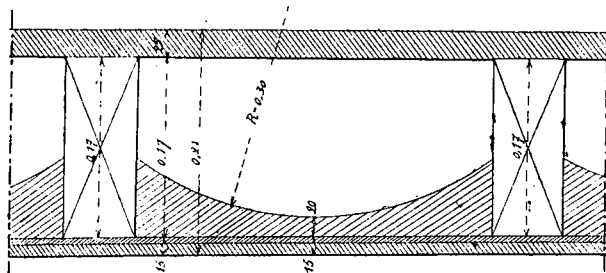


Fig. 362.

la forme d'une véritable cuvette et n'ayant au-dessus du plafond qu'une épaisseur de 0<sup>m</sup>, 02 par exemple. Le parquet de

0<sup>m</sup>, 027 d'épaisseur est directement cloué sur les solives.

Une autre disposition de hourdis creux

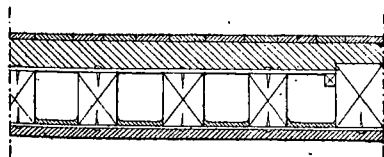


Fig. 363.

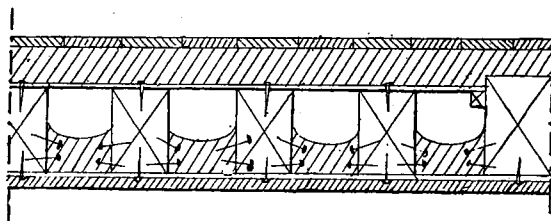


Fig. 364.

avec lattis et augets peu épais est repré-

sentée en croquis (fig. 363). La figure 364

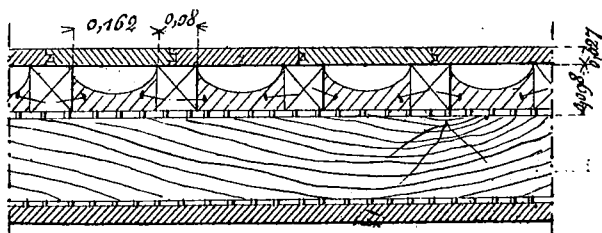
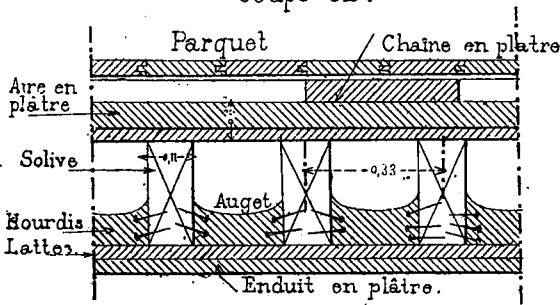
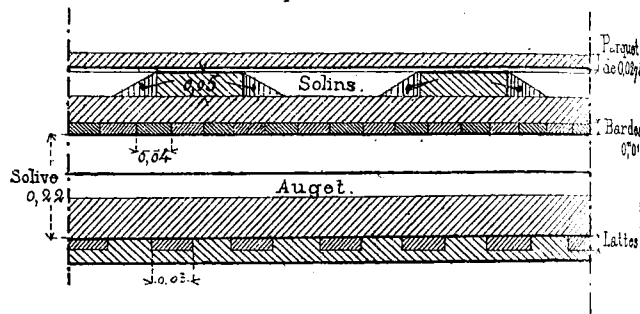


Fig. 365.

Coupe CD.



Coupe AB



donne un exemple d'augets plus épais.

Dans les trois cas que nous venons d'examiner, comme dans tous les cas de hourdis avec augets, on place sur les solives des clous à bateau noyés dans l'auget et destinés à bien le maintenir adhérent aux solives. La figure 365 donne une autre disposition de hourdis avec emploi de lambourdes posées sur le lattis avec augets. Dans ce cas, le dessus et le dessous des solives sont complètement garnis de lattes.

HOURDIS DE PLANCHER  
AVEC EMPLOI DE LAMBOURDES SCELLÉES  
ET CHAÎNE EN PLÂTRE

**293.** La figure 366 donne, en deux coupes et un plan, l'exemple d'un hourdis complet tel qu'il est exécuté aujourd'hui dans nos maisons d'habitation. Le plafond est établi, comme nous l'avons déjà vu, en se servant de lattes et d'un enduit en plâtre au-dessus. Les solives reçoivent un auget cintré dont nous avons déjà donné des exemples. Sur ces solives, on cloue des bardeaux puis une aire en plâtre servant de point d'appui à des lambourdes en bois scellées sur cette aire et maintenues en place par des solives également en plâtre et tous les 0<sup>m</sup>, 80 des chaînes en plâtre comme elles sont indiquées dans le plan et dans la coupe CD (fig. 366). Ces chaînes en plâtre ont ordinairement 0<sup>m</sup>, 20 de largeur.

SCELLEMENT DES LAMBOURDES

**294.** Comme nous venons de le voir, les lambourdes sur lesquelles on établit les parquets se posent ordinairement sur les

Plan. ( Le parquet enlevé )

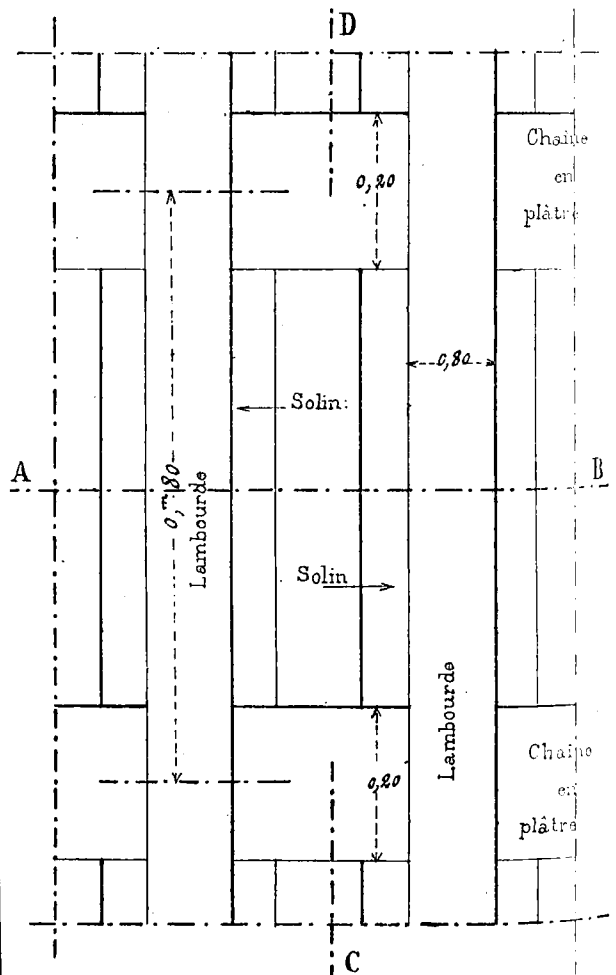


Fig. 366.

aires en plâtre des planchers. On les scelle souvent, de chaque côté, au moyen d'un solin en plâtre arrondi en gorge, comme

les autres augets (fig. 365). Parfois, on fait tout simplement un petit solin incliné de chaque côté des lambourdes (fig. 366) et on établit, tous les 0<sup>m</sup>,65, 0<sup>m</sup>,70 ou 0<sup>m</sup>,80, de petites chaines de solin en plâtras ou en garnis pour maintenir l'écartement des lambourdes.

L'exécution des solins qui consiste simplement en enduit en plâtre au panier ne présentant aucune difficulté est faite par les apprentis maçons.

Pour les parquets de rez-de-chaussée, afin de bien les aérer, on pose souvent les lambourdes sur de petits murs de 0<sup>m</sup>,50 à 1,00 de hauteur et espacés de 0<sup>m</sup>,60 envi-

ron. Des ventouses sont, en outre, établies pour produire un aérage complet entre ces murs sur lesquels les lambourdes sont ensuite scellées au moyen de chaines cintrées dont l'intervalle est de 0,65 à 0,70. Les lambourdes étant scellées, on y fixe le parquet à la partie supérieure.

DISPOSITION D'UN HOURDIS DE PLANCHER POUR CARRELAGE

**295.** Nous donnons (fig. 367 et 368) deux dispositions employées pour les hourdis devant recevoir un carrelage.

Dans les deux cas, on place sur les bar-

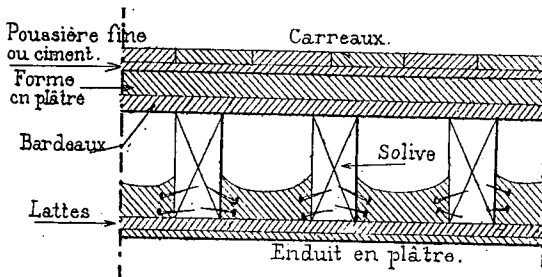


Fig. 367.

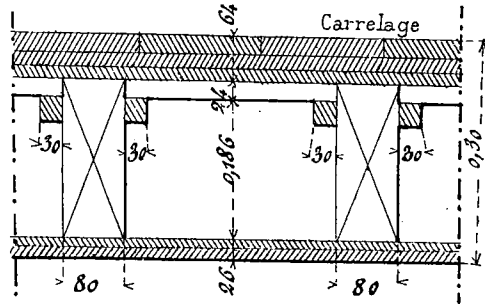


Fig. 368.

deux, une forme en plâtras fins et plâtre d'une épaisseur de 3 à 4 centimètres; puis, sur cette forme en plâtre, une couche de poussière fine de plâtre ou de ciment sur laquelle on établit le carrelage en terre cuite, en grès, en pierre ou en marbre.

DISPOSITIONS A PRENDRE POUR SOUTENIR UNE CLOISON SUR UN PLANCHER EN BOIS.

**296.** Les figures 369 et 370 nous donnent deux moyens de soutenir une cloison, en carreaux de plâtre par exemple, sur un plancher en bois. La première disposition (fig. 369) est très simple. Sous la cloison, on place une semelle en chêne ou en sapin s'appuyant sur toutes les solives. C'est sur cette semelle qu'on monte la cloison. Pour pouvoir clouer le parquet, on place de chaque côté un petit tasseau *t* de 50/40 ayant la hauteur même des lambourdes. La deuxième disposition représentée (fig. 370) est un peu plus compli-

quée; elle convient lorsque la portée est

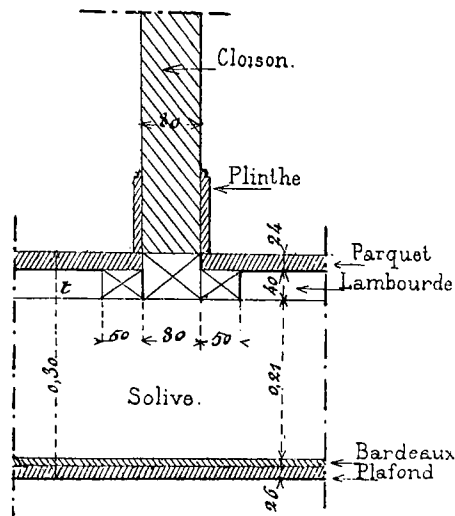


Fig. 369.

plus grande. Sous la cloison, on place

deux fers I dont l'écartement est main- | chène. On place également, le long des fers, tenu par des boulons et une fourrure en | deux pièces de bois destinées à recevoir

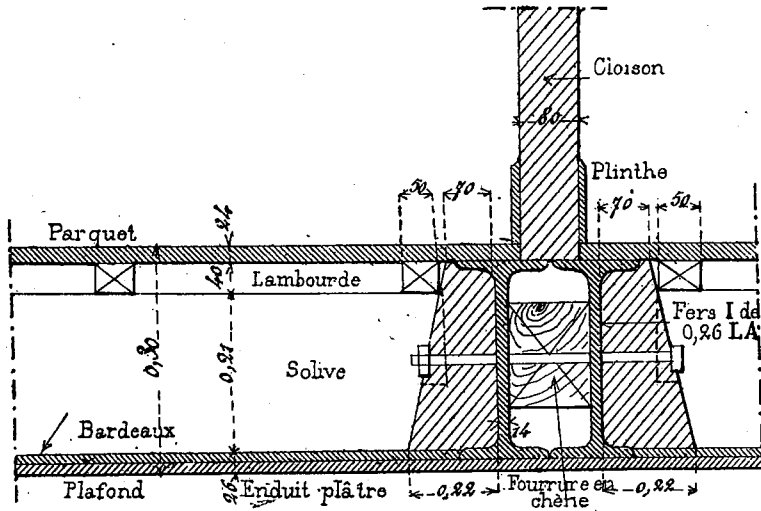


Fig. 370.

l'assemblage des solives du plancher, exemple que nous avons indiqué précédemment.

Enfin la figure 371 donne l'exemple d'un poteau de pan de bois porté sur deux poutres noyées dans l'épaisseur du plan-

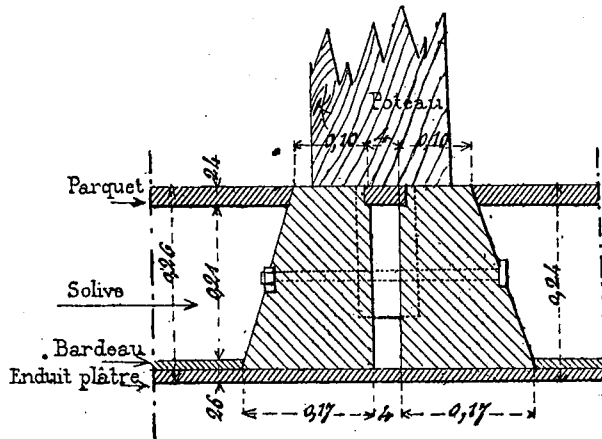


Fig. 371.

cher. L'intervalle laissé entre les deux poutres est bouché par une frise de parquet clouée sur les poutres.

**Différentes ferrures employées dans les planchers en bois. Ancrage des poutres et des solives.**

**297. Ferrures.** — Nous avons déjà vu,

en parlant des dispositions des planchers, quelles sont les ferrures à employer pour la consolidation des planchers en bois. Nous rappellerons seulement les noms et les principales dimensions de ces différentes pièces.

Les chevêtres en fer, qui se placent dans les âtres et les passages de cheminées ou les solives, sont forcément écar-

tées des murs, se font généralement en fer carré de 0<sup>m</sup>,025, de 1<sup>m</sup>,60 de longueur et pèsent environ 8 kilogrammes. Ils sont ordinairement fixés sur les pièces de bois par des clous mariniers.

Les *étriers*, qui servent à soutenir les chevêtres sur les enchevêtrures se font ordinairement en fer plat de 40/9 pour de forts planchers et en fer de 40/7 pour des planchers ordinaires. Comme ces pièces sont chantournées souvent dans plusieurs sens, il est bon de prendre, du fer fabriqué au bois pour les exécuter. Ces pièces pèsent en moyenne de 2<sup>k</sup>,500 à 3<sup>k</sup>,00.

Nota. — Les dimensions des diverses parties des chevêtres et des étriers se font à la demande des poutres et des solives qu'il s'agit d'assembler.

Les *queues de carpe* sont, comme nous l'avons déjà vu, des pièces de fer plat portant un talon qui s'encastre dans le bois; elles servent à chaîner les pièces d'une importance secondaire et à les maintenir scellées dans les murs. On les fixe ordinairement avec des clous mariniers, leur poids moyen est de 1<sup>k</sup>,500.

Les *fontons*, qui se placent en travers des chevêtres, sont formés par des fers *carillon* de 0,014 de côté et fixés à pattes sur l'enchevêtrure.

Les *plates bandes* et les *tirants* avec *ancre* dont nous avons donné les détails pour les divers planchers étudiés.

Enfin, les *boulons* et les *clous* dont nous connaissons l'usage.

**298. Ancrages des poutres et des solives.** — L'emploi des poutres et des solives nécessaires à la construction des planchers donne, comme nous l'avons déjà vu, un moyen tout naturel de consolider les murs; ils se trouvent par là réunir les uns aux autres, de manière que leur ensemble forme un tout bien autrement stable sur sa base que si les murs étaient entièrement isolés ou simplement reliés aux angles du bâtiment. On augmente beaucoup cet effet des poutres et des solives en les ancrant aux murs, ce qui peut se faire de plusieurs manières comme nous l'avons déjà indiqué.

## § V. — DES POUTRES ARMÉES

### I. — Définitions et notions générales.

**299.** Lorsque les efforts à transmettre sont considérables, et qu'on n'a pas à sa disposition des bois d'un équarrissage suffisant pour former une poutre d'une seule pièce devant résister à une charge déterminée, on compose cette poutre de plusieurs pièces réunies par des ferments. Une poutre, ainsi disposée, se nomme *poutre armée* et les assemblages qui forment cette disposition se nomment *armatures*.

Les bois d'un fort équarrissage sont souvent rares, très chers et peu sains à cause de leur grand âge. C'est ainsi qu'on est conduit à y renoncer et à leur substituer le système dont nous allons nous occuper et dans la composition duquel on ne fait entrer que des bois de moyenne grosseur.

Les poutres armées que nous allons étudier seront donc composées de plusieurs pièces de bois disposées de manière à augmenter la résistance à la flexion sans accroître l'équarrissage. De toutes les manières d'employer le bois, la plus avantageuse est celle qui consiste à le placer de façon qu'il soit *pressé* ou *tiré* dans le sens de sa longueur. On doit donc chercher à remplir, autant que possible, cette condition quand on établit l'armature des poutres.

Si, pour former une poutre armée, on se bornait à réunir plusieurs pièces de bois pour en composer une seule en les posant les unes contre les autres sans les lier entre elles, elles pourraient plier séparément et, alors, la résistance de la pièce formée par leur réunion ne serait qu'égalée à la somme des résistances partielles de chaque pièce. Mais si les pièces

sont réunies par des assemblages bien disposés et bien assujettis ou si, comme cela se fait ordinairement, elles sont reliées entre elles par des boulons, de manière qu'il résulte de leur assemblage un solide dont l'ensemble des parties soient obligées de plier toutes ensemble et de rester juxtaposées lors de la flexion, sans pouvoir glisser les unes sur les autres, alors la force de la poutre sera beaucoup plus grande et on obtiendra le maximum de résistance pour la poutre ainsi composée.

L'assemblage de ces diverses parties se fait, le plus souvent, par *crans* ou *endents*, avec ou sans clefs, et elles sont serrées l'une contre l'autre par une série de boulons.

L'assemblage à crans ou en crémaillère s'emploie plus particulièrement pour les poutres, arbalétriers, poinçons, contre-fiches, tandis que l'assemblage à endents rectangulaires et à clefs ne sert que pour les pièces verticales de fort équarrissage, telles que poteaux corniers, gros poinçons, etc.

Pour donner à une poutre en bois la plus grande résistance possible, la forme qui paraît la plus simple est évidemment celle qui est représentée en croquis, (fig. 372). Si nous supposons une poutre de cette forme chargée d'un certain poids appliqué au milieu, il est intéressant de se rendre compte de ce qu'il va se passer. Lorsque la flexion aura lieu, les fibres de la partie supérieure seront comprimées et devront se raccourcir, tandis que les fibres de la face inférieure seront étendues et devront s'allonger. Ces deux espèces

de fibres sont séparées par une fibre *abc* qui n'éprouvera ni allongement ni raccourcissement et qu'on nomme  *fibre neutre* ou  *fibre invariable*. La résistance de cette poutre s'exercera par suite de

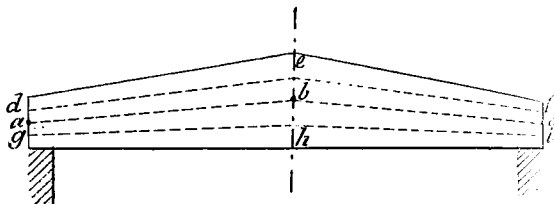


Fig. 372.

pressions dirigées dans le sens des lignes, *ed*, *ef* et de tensions dirigées dans le sens des lignes *eh*, *hi*. Ces différents efforts, dans lesquels cette résistance consiste uniquement, sont d'ailleurs d'autant plus considérables, suivant chacune des lignes *ed* et *ef*, *hg* et *hi*, que ces lignes sont plus rapprochées de la surface de la poutre ou plus éloignées de la ligne *abc*.

Ce qui précède démontre qu'il est préférable de disposer les armatures en arbalétriers composés comme nous allons l'indiquer, par raison d'économie et pour éviter les trop fortes hauteurs.

## II. — Différents types de poutres armées.

### 1° POUTRES ARMÉES SIMPLES

**300.** Une disposition très simple de poutre armée est représentée en croquis (fig. 373). Cette poutre est composée d'une

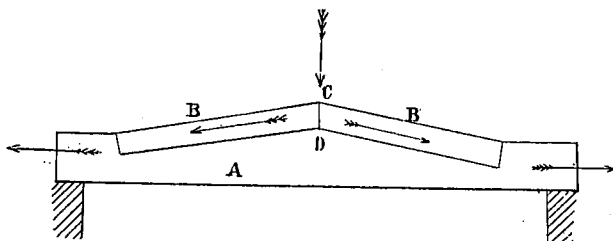


Fig. 373.

pièce de bois A dont les extrémités reposent sur deux murs et de deux arbalétriers BB en forme de chevrons, mais sans poinçon. Le bois debout résistant mieux que celui qui est placé horizontalement, on peut, à la rigueur, se passer

de poinçon, parce que cette pièce, par l'effet de la compression, diminue l'effet des arbalétriers; mais, dans le cas qui nous occupe, on peut ajuster les deux arbalétriers au point C et, pour être certain que la pression s'exerce bien sur tous les points de la section, on peut, sur le joint

CD, interposer une lame de plomb. Les efforts exercés sur les différentes pièces sont indiqués par des flèches.

Une autre disposition simple de poutre armée est également représentée en croquis (fig. 374). Elle est composée de deux arbalétriers B qu'on peut assembler dans

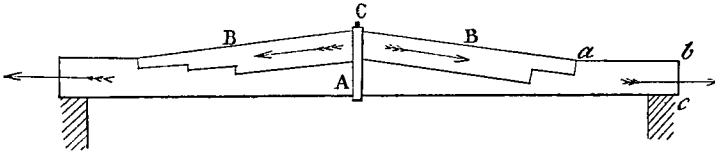


Fig. 374.

la poutre A, soit, comme dans le cas précédent, par des entailles dans toute leur épaisseur, soit par des entailles à crémaille, à un ou à deux crans, comme le montre la figure 374. Dans les deux cas, on réserve, à chaque extrémité de la poutre une partie *a, b, c* qui conserve toute la section de la poutre A et qui sert de culée aux arbalétriers. Au point C, où se fait la jonction des deux arbalétriers, on place un étrier en fer qui relie les trois pièces. Si la poutre a une grande longueur, on peut mettre plusieurs étriers, ou simplement retenir les pièces par des boulons à

écrous. On peut aussi employer la disposition représentée (fig. 375) dans laquelle on emploie encore deux arbalétriers B, B et, de plus, une pièce horizontale C des-

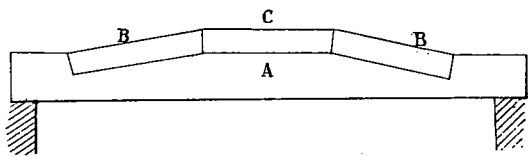


Fig. 375.

tinée à éviter un trop grand exhaussement au milieu de la poutre.

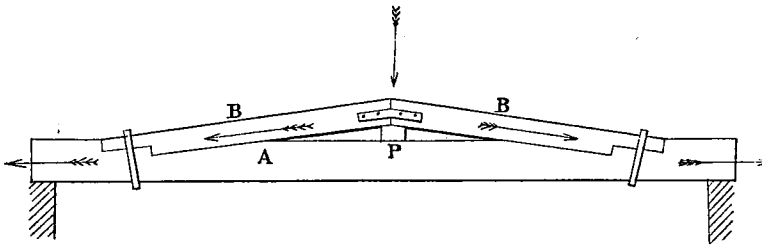


Fig. 376.

La figure 376 représente une autre armature composée de deux arbalétriers B, B et d'un poinçon P. Cette dis-

position est très souvent employée pour renforcer une pièce de bois destinée à supporter une grande charge.

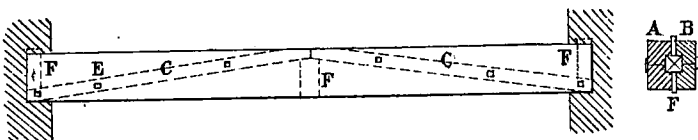


Fig. 377.

La figure 377 montre une disposition fréquemment employée et qui consiste dans

l'emploi de deux pièces de bois A et B dans l'intérieur desquelles on rapporte une âme C, posée en forme de chevron et à laquelle sont réunies, par embrèvement, ces deux

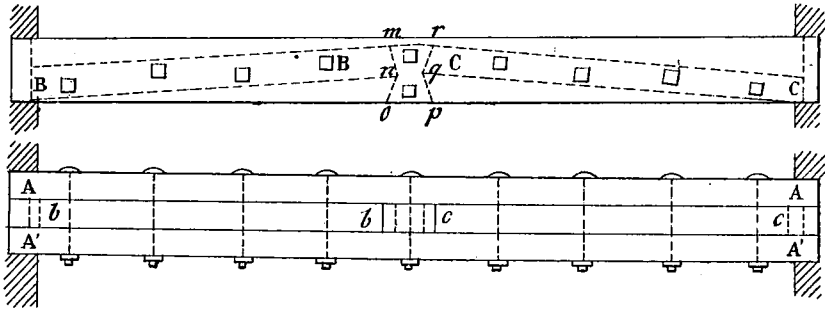


Fig. 378.

pièces serrées au moyen de boulons à écrous E. Pour maintenir le parallélisme

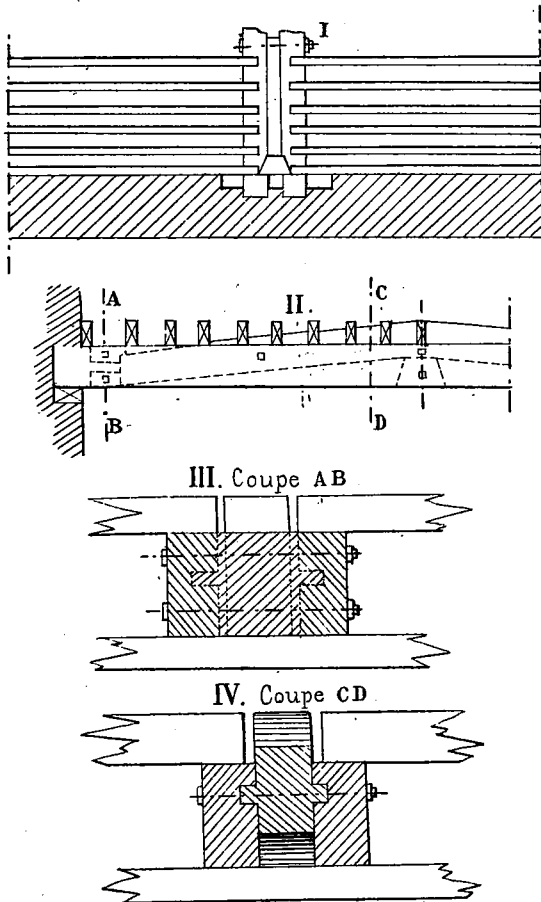


Fig. 379.

souvent, au-dessus et au-dessous, des clefs F partout ou l'isolement laissé entre les pièces est le plus grand.

Les figures 378 et 379 donnent deux autres dispositions analogues à la précédente et qui consistent encore à remplacer la poutre principale par deux poutres jumelles entre lesquelles on laisse un intervalle égal à leur propre largeur, c'est-à-dire à peu près le tiers de leur épaisseur dans le sens vertical. Dans la figure 378, ces poutres sont reliées à leurs extrémités par des traverses auxquelles on donne le nom de coussinets et qui sont assemblées à tenon et embrèvement; elles sont, en outre, réunies en leur milieu par une clef ou poinçon *m, n, o, p, q, r*, en forme de queue d'hironde, qui s'engage dans les joues des deux poutres. Dans l'intervalle de ces poutres, viennent se placer ensuite deux pièces de même épaisseur qu'elles, *bb BB* et *cc CC*, figurées en pointillé dans l'élévation et auxquelles nous avons donné le nom d'*arbalétriers*. Ces arbalétriers s'appuient, d'une part, sur les coussinets et, d'autre part, sur le poinçon. On les entaille de manière qu'ils entrent à force entre les points d'appui. Tout le système est enfin relié par un nombre suffisant de boulons horizontaux comme le montre la figure. La figure 379 donne une autre disposition dans laquelle les arbalétriers dépassent la hauteur des deux pièces principales.

La combinaison de poutre armée dans laquelle deux arbalétriers sont placés entre deux poutres méplates et posées de



champ étant excellente, c'est pourquoi nous insistons sur leurs diverses dispositions. En I (fig. 379), nous donnons l'indication de la poutre, en plan, avec la position des solives du plancher qui reposent sur les deux moises horizontales. Les deux arbalétriers s'appuient par leur sommet et par leur pied sur des sabots boulonnés avec les pièces qui sont indi-

quées en pointillé et en II, dans la figure 379. Les deux coupes suivant AB et CD représentées en III et IV de la figure 379, montrent que l'assemblage latéral est fait à rainure et languette.

Une autre disposition, qui peut être considérée comme une variante des figures 372, 374 et 376, est représentée en croquis (fig. 380). Elle consiste à placer,

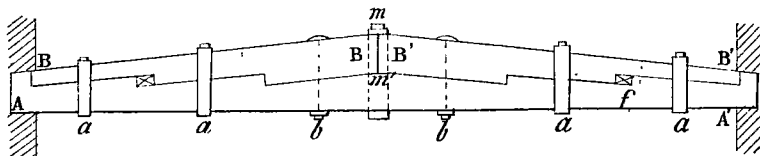


Fig. 380.

sur la pièce principale AA' qui prend le nom de *mèche*, deux pièces secondaires égales BB, B'B' nommées, *fournures*, qui s'arcboutent mutuellement suivant la ligne verticale commune *m, m'*, et qui s'appuient sur la *mèche* par des redans analogues à ceux des pièces embrevées. La *mèche* et les *fournures* sont, en outre, reliées par des brides en fer *a, a* ou par des boulons *b*. (La bride du milieu est indiquée en pointillé afin de laisser voir le joint *m, m'*.) Comme il est important que les pièces soient exactement assemblées et qu'il serait trop difficile de tailler les redans avec une exactitude mathématique, on laisse volontairement un peu de jeu et, au moment de la pose, on opère le serrage en introduisant les clefs *f* entre la *mèche* et chaque *fournure*. Par un motif analogue, on introduit quelquefois un coin entre les deux *fournures*, suivant la face *m, m'* avant de poser la bride du milieu. Par ce système, la résistance de la poutre à la flexion se trouve notablement augmentée sans qu'il ait été nécessaire de recourir à des bois d'un plus fort équarissage. L'exemple que nous venons de donner sert pour ainsi-dire d'intermédiaire entre les poutres armées simples que nous venons d'étudier et les poutres armées avec assemblages à crans ou à crémaillère que nous allons étudier.

## 2° POUTRES ARMÉES A CRÉMAILLÈRES

**301.** L'assemblage qui convient le

mieux pour réunir les pièces destinées à former une poutre armée est celui dit à *crémaillère*; mais il faut bien remarquer que la disposition des entailles est très importante, relativement à l'effet qu'elles

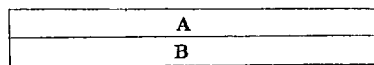


Fig. 381.

doivent produire. Si par exemple on pose deux poutres A et B (fig. 381) l'une sur l'autre de manière qu'elles ne soient pas assujetties entre elles et si sur ces poutres on met un certain poids en leur milieu, elles prendront, par suite de la flexion produite par ce poids, une forme courbe indiquée dans la figure 382. Les points de la

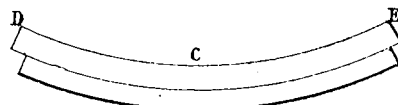


Fig. 382.

pièce supérieure auront glissé sur la partie inférieure, d'une part, dans le sens C et D et, de l'autre, dans le sens C E. Afin de s'opposer à ce glissement, il faut établir des points de résistance, points qu'on parvient à obtenir en pratiquant des entailles de A en B (fig. 383), et en serrant les deux pièces au moyen de boulons. En donnant aux entailles la forme indiquée par la fi-

gure 383, les boulons n'auront à résister presque à aucun effort; mais si, au lieu de cette forme d'entailles on en prenait

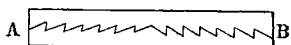


Fig. 383.

mais renversées, les entailles, dans ce cas produiraient peu d'effet et les boulons supportant alors tout l'effort finiraient

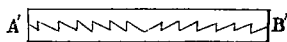


Fig. 384.

d'autres indiquées en A'B' (fig. 384), et qui sont les mêmes que précédemment,

par céder et, comme disent les praticiens, l'assemblage manquerait.

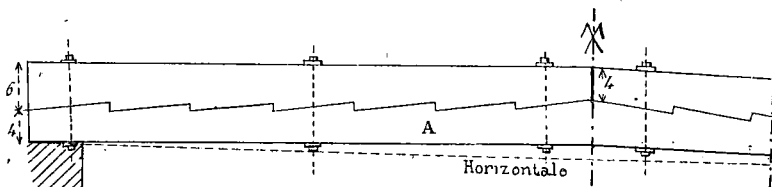


Fig. 385.

Les poutres jumellées de cette espèce sont formées d'un nombre impair de pièces de bois : trois, cinq ou sept. Dans le premier cas on place deux pièces à la partie supérieure et la troisième à la partie inférieure (fig. 385). Dans le second cas,

trois des pièces sont à la partie supérieure et deux en dessous. Enfin, dans le troisième cas, on en place quatre en dessus et trois en dessous, comme l'indique la figure 386.

Le glissement d'une des pièces par rap-

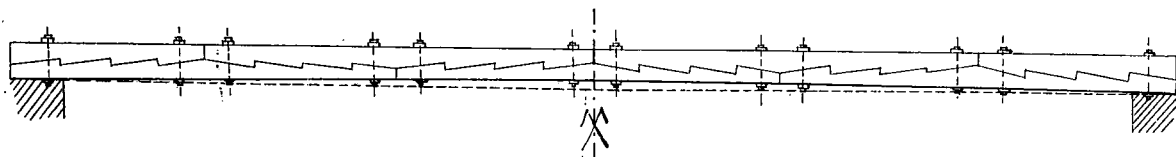


Fig. 386.

port à l'autre est empêché tant par les crans qui doivent se correspondre exactement que par les boulons qui main-

tiennent les bois pressés l'un contre l'autre. Ces boulons se placent surtout près des extrémités des parties jumellées (fig. 386)

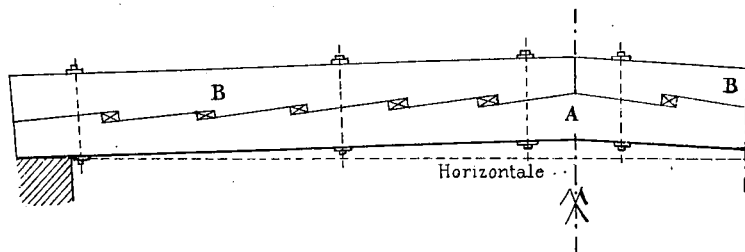


Fig. 387.

et, tout au plus, de deux en deux crans dans la partie courante de la poutre. Ce sont des boulons de charpente ordinaire

dont chaque écrou s'appuie sur une rondelle en fer.

La hauteur de ces poutres varie ordi-

nairement du  $\frac{1}{12}$  au  $\frac{1}{15}$  de la portée. La longueur des crans est comprise entre les  $\frac{8}{10}$  et les  $\frac{10}{10}$  de la hauteur de la poutre, et leur saillie est égale au  $\frac{1}{10}$  de cette hauteur.

Afin d'obtenir des résultats satisfaisants, tout en simplifiant le travail, on adopte quelquefois le mode de construction suivant représenté en croquis par la figure 387. Cette figure représente une poutre en crémaillère se composant, comme la précédente, d'une pièce de bois principale A et de deux autres pièces de bois B se joignant suivant deux systèmes symétriques de gradins qui vont en s'élevant jusqu'au milieu de la poutre. On laisse un peu de jeu entre les épaulements des divers crans et on les remplit, après coup, en y chassant des clefs en bois dur ou en fer dans les joints ainsi ménagés dans les

deux parties de la poutre. Les pièces de bois formant la poutre sont ensuite solidement boulonnées. La pièce inférieure est légèrement concave à l'extérieur. Ce procédé obvie à l'inconvénient d'une inégalité dans les dimensions des crans des pièces à juxtaposer. Chaque joint se recouvre d'une platebande en fer et les abouts des pièces jumellées sont séparés par une mince feuille de plomb afin que les bois debout ne pressent pas directement l'un sur l'autre.

*Tracé des crans d'une poutre à crémaillère.* Ce tracé se fait de la manière suivante. Supposons, par exemple, le cas d'une poutre composée de trois pièces. On divise la hauteur de la poutre, en 10 parties égales et on joint la division 4 de l'extrémité *a* (fig. 388) avec la division 5 de ligne milieu en *b*. On mène ensuite

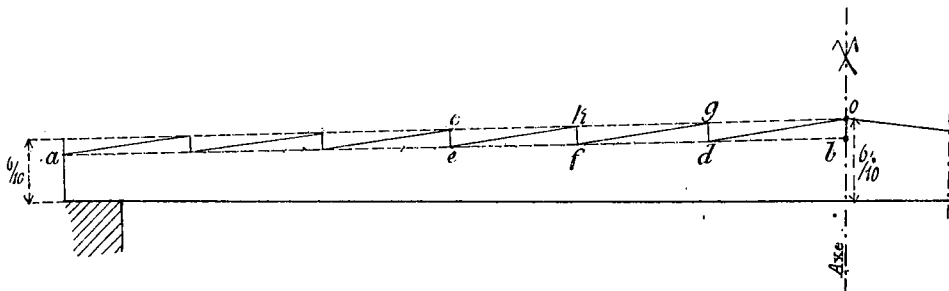


Fig. 388.

une parallèle à *ab* par le point *o*. Ces deux lignes, dont l'écartement est égal au  $\frac{1}{10}$  de la hauteur de la poutre, limitent entre elles la file de crans. La longueur de ceux-ci étant donnée (elle est, comme nous le savons, comprise entre les  $\frac{8}{10}$  et les  $\frac{10}{10}$  de la hauteur), on les tracera facilement en *cek*, *hfg*, *gdo*, etc., en ayant soin de faire les épaulements *ce*, *hf* et *gd* perpendiculaires à *ab*.

Pour augmenter la résistance de ces poutres jumellées et éviter qu'elles ne prennent trop de flèche une fois chargées, on leur donne un léger cintre. Ce cintre varie entre le  $\frac{1}{60}$  et  $\frac{1}{100}$  de la portée. On voit, par la description qui précède, que la construction de ces poutres jumellées exige beaucoup de soins et qu'elle ne peut-être confiée qu'à des ouvriers sérieux.

### 3° ASSEMBLAGES PAR SIMPLES CLEFS

**302.** La construction des poutres décrites ci-dessus donnant lieu à beaucoup de main-d'œuvre, les constructeurs se contentent souvent, par économie, de laisser unie la surface de contact des bois et d'empêcher le glissement des parties juxtaposées en enfonçant entre elles, dans des entailles ménagées à cet effet, des clefs en bois dur ou en fer. Ces clefs ont une section carrée ou rectangulaire comme en *a, b* (fig. 389). On donne à ces poutres une hauteur de  $\frac{1}{12}$  à  $\frac{1}{15}$  de la portée et un cintre d'environ  $\frac{1}{60}$ . La tendance au glissement est faible au milieu de la poutre et augmente vers les extrémités. C'est en ces derniers points qu'il faut le plus rapprocher les clefs. La forme de poutre représentée (fig. 389) ne convient

qu'aux poutres placées horizontalement, | général, les deux moitiés de poutre con-  
comme les linteaux par exemple. En | servent la même section d'un bout

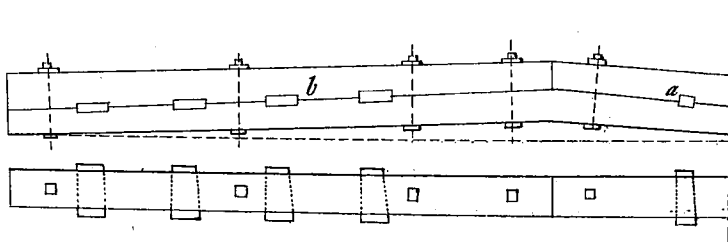


Fig. 389.

à l'autre et prennent la forme représen-  
tée (fig. 390). Les deux pièces sont jux-

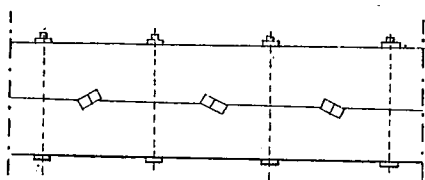


Fig. 390.

taposées suivant leurs faces planes après  
y avoir pratiqué des joints destinés à re-  
cevoir des coins.

4° POUTRES ARMÉES DIVERSES

**303.** Les figures 391, 392 et 393 donnent  
trois autres types de poutres armées

aussi employées et que la simple inspec-  
tion des figures fait bien comprendre.

Une autre disposition indiquée par Ron-  
delet peut être utilisée dans les planchers  
lorsque les bois dont on dispose n'ont pas  
les dimensions voulues pour résister à la  
charge. Il suppose qu'on ait à construire  
un plancher de 8 mètres dans œuvre, ce  
qui exigerait des solives de 33 centi-  
mètres de grosseur et qu'on n'ait à sa  
disposition que des pièces de 19 centi-  
mètres. Pour les renforcer on taillera en  
courbe le dessus de la solive *ab* (fig. 394)  
sur laquelle on en appliquera une seconde  
*cd*, qu'on fera ployer au moyen de liens  
en fer *ll*, espacés entre eux de 1<sup>m</sup>00 à  
1<sup>m</sup>20. La courbure de la première pièce  
*ab* a été formée en conservant, à son mi-  
lieu, la hauteur de 19 centimètres et en  
la diminuant vers ses extrémités aux-

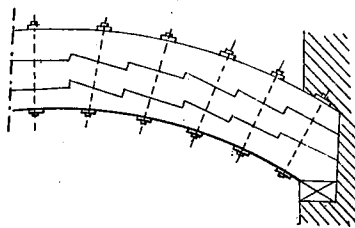


Fig. 391.

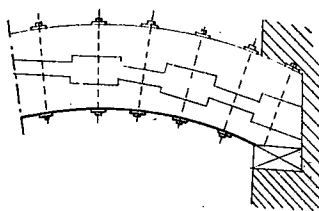


Fig. 392.

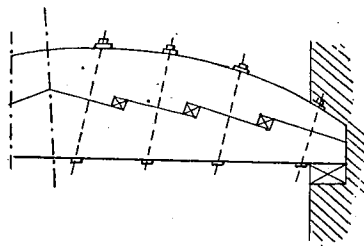


Fig. 393.

quelles on n'a laissé que 12 centimètres.  
Ainsi, la flèche ou la hauteur de la cour-  
bure à la moitié de la différence entre  
l'épaisseur de la solive, 19 centimètres, et  
celle qu'elle devrait avoir, 33 centimètres.  
On met le dessus de la poutre de niveau  
par des écoinçons ou fourrures placées

aux extrémités. Rondelet à trouvé, par ex-  
périence, qu'une solive qu'il avait fait  
courber ainsi du tiers de son épaisseur et  
dont la courbure était arrêtée au moyen  
d'une autre pièce, supportait un poids  
presque double.

On a proposé et employé bien d'autres

dispositions pour la construction des poutres armées. Ainsi, au lieu de mettre simplement les arbalétriers en contact avec les pièces latérales, comme nous l'avons

vu précédemment, on les a encastrés de la moitié de leur épaisseur dans chacune de ces pièces creusées à mi-bois à cet effet ; mais il est clair que, malgré les en-

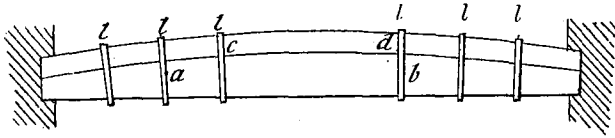


Fig. 394.

dentures plus ou moins complexes données alors aux arbalétriers, le système n'offre pas plus de résistance que les deux pièces AA et A'A' de la *figure 378* réunies simplement sans arbalétriers. On a proposé, pour armer une poutre, de la scier en trois dans le sens de sa largeur, de faire prendre à la pièce du milieu une certaine courbure vers le haut et de boulonner les trois pièces dans cette position relative. La pratique n'a pas constaté l'efficacité de ce système.

On s'est quelquefois contenté de doubler l'épaisseur de la poutre, dans le sens vertical, au moyen d'une seconde poutre assemblée à endentures avec la première. Enfin, on a réuni des pièces placées paral-

lèlement à côté l'une de l'autre par des endentures horizontales. Il est clair que, dans ce cas, la résistance à la flexion n'est pas augmentée dans le même rapport que par l'emploi du système représenté (*fig. 389*), attendu que la résistance croît comme la simple largeur, tandis qu'elle varie proportionnellement au carré de la hauteur.

#### 5° POUTRES AMÉRICAINES

**304.** On fait encore, pour supporter des charges considérables, des poutres armées composées, soit d'arbalétriers A assemblés dans un entrait (*fig. 395*) et dans un poinçon, soit de pièces horizontales

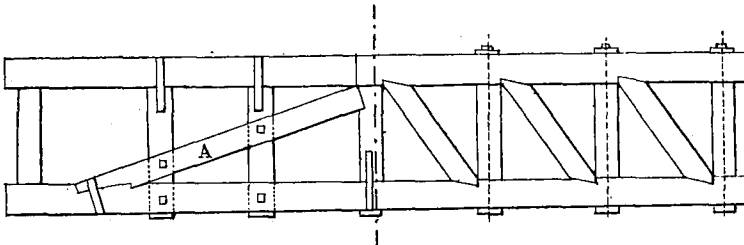


Fig. 395.

reliées entre elles par d'autres pièces verticales ou obliques. Les poutres ont alors une très grande hauteur et sont habituellement doublées. Cette disposition est fréquemment employée dans les ponts et passerelles en charpente que nous étudierons dans une autre partie du cours de construction. Chaque pièce longitudinale est, dans ce cas, remplacée par deux moises entre lesquelles viennent se placer des pièces inclinées à 45 degrés en sens inverse qui, tantôt se juxtaposent simplement,

tantôt s'assemblent à mi-bois. Des boulons maintiennent ces pièces aux points de jonction. Leur ensemble forme ce qu'on appelle une poutre en treillis.

Dans les fermes en bois à grande portée, on formait souvent les arbalétriers, avant l'emploi du fer, au moyen de pièces dont la combinaison constitue de véritables poutres armées. Certaines fermes, que nous étudierons par la suite, peuvent être considérées comme telles.

On donne aussi le nom de poutres ar-

mées à des poutres dont les extrémités A et B (fig. 396) sont reliées par des tirants AC et BC à un poinçon ou à une bielle IC placée perpendiculairement à la poutre, en son milieu I. Ces poutres offrent une résistance beaucoup plus grande que les

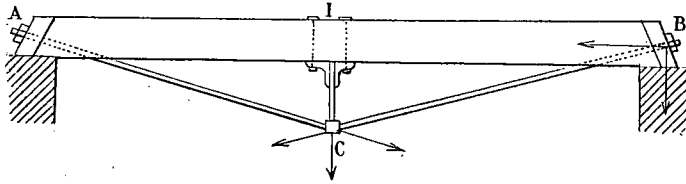


Fig. 396.

poutres simples et présentent, par conséquent, une économie notable comparativement à celles-ci. Elles constituent ce qu'on appelle les *poutres armées mixtes* et seront étudiées avec plus de détails dans un chapitre spécial.

## § VI. — STABILITÉ DES PLANCHERS EN BOIS

### I. — Définitions et notions générales.

**305.** Dans la construction des planchers, on emploie le bois de chêne et le bois de sapin. Le chêne convient principalement pour résister à la flexion et le sapin est d'un bon usage pour les poteaux et les arbalétriers qui travaillent à la compression. C'est donc, par raison d'économie, que presque tous les planchers se font en bois de sapin.

En général, on ne doit pas faire supporter à une pièce de bois plus du sixième ou du huitième de la charge de rupture si l'on veut avoir une sécurité absolue.

Pour étudier la stabilité des planchers en bois, nous aurons à nous occuper spécialement de la résistance des pièces de bois à la flexion. La flexion est, de toutes les déformations que peut subir une pièce de bois chargée, celle qui donne lieu aux phénomènes les plus apparents. Dans les constructions, par exemple, les poutres des planchers et des combles montrent immédiatement, par les flèches qu'elles prennent sous l'action de leurs charges, que certaines réactions moléculaires sont mises en jeu pour y résister, et cette déformation est d'autant plus visible qu'on

cherche d'avantage à économiser la matière dans toutes les pièces transversales de ce genre. Pour les planchers en bois, il est bon, en pratique, de donner aux solives une hauteur comprise entre deux et trois fois la largeur,  $h = 3 l$ , si  $h$  désigne la hauteur de la solive et  $l$  sa largeur.

Nous avons vu, dans la première partie, que de trois pièces de bois, l'une rectangulaire et posée debout, la seconde carrée et la troisième rectangulaire et posée à plat (ces trois pièces de bois ayant même longueur, même section et par conséquent même volume), celle qui est rectangulaire et posée debout, pour résister à la flexion, supporte un poids beaucoup plus fort que les autres. Il faut donc, dans la composition des planchers en bois, prendre des pièces ayant la forme de rectangles dont la hauteur sera sensiblement égale à trois fois la largeur et avoir soin de poser ces pièces debout ou de champ pour en obtenir le maximum de résistance à la flexion.

### II. — Moments d'inertie.

**306.** Comme nous aurons à nous occuper plus loin du moment d'inertie des pièces de bois, il est utile d'en connaître la définition.

**307. Définition.** — On appelle moment d'inertie d'une surface par rapport à une ligne tracée dans son plan, la somme des produits des petites surfaces élémentaires qui la composent par le carré de leur distance à cette ligne. Ainsi, une surface telle que CDE (Fig. 397), étant décomposée en petits éléments rectangulaires ayant

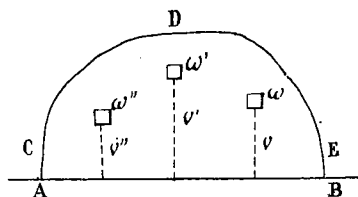


Fig. 397.

pour surfaces  $\omega, \omega', \omega'' \dots$  placés respectivement à des distances  $v, v', v'' \dots$  de la ligne AB, son moment d'inertie sera :

$$I = \omega v^2 + \omega' v'^2 + \omega'' v''^2 + \dots,$$

ce qu'on représente plus simplement par

$$I = \sum \omega v^2$$

Lorsque la ligne AB est située dans la surface même (Fig. 398) il faut prendre  $v$  avec le signe  $+$  ou  $-$ , selon que le petit élément est d'un côté ou de l'autre de la ligne ; mais comme  $v$  entre au carré, celui-ci est toujours positif et, par conséquent,

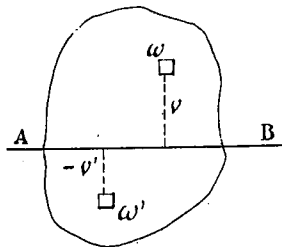


Fig. 398.

le moment d'inertie de la figure entière est la somme des moments d'inertie de chacune des parties. Si la figure est symétrique par rapport à AB, les deux moitiés auront des moments d'inertie égaux et le moment total sera le double du moment de la moitié.

MOMENT D'INERTIE DU RECTANGLE.

**308.** Les pièces de bois étant presque toujours de forme rectangulaire, il convient de dire comment on trouve le mo-

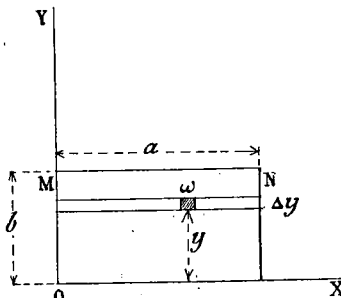


Fig. 399.

ment d'inertie d'un rectangle. Supposons en premier lieu, que l'axe des moments soit la base même du rectangle. Soient  $a$ , et  $b$  les côtés du rectangle. Il faut faire pour toute la surface  $\sum \omega y^2$ ,  $y$  sera le même pour tous les petits éléments dont la somme constitue le rectangle MN (Fig. 399). Le moment d'inertie total se composera de la somme des produits de la surface de ces rectangles par le carré de leur distance. Soit  $\Delta y$  la hauteur du rectangle MN. Sa surface sera  $a \Delta y$  et on aura :

$$I = \sum a \Delta y y^2 = a \sum y^2 \Delta y.$$

Le problème est donc ramené à trouver  $\sum y^2 \Delta y$  quand on donne successivement à  $y$  toutes les valeurs depuis 0 jusqu'à  $b$ . Mais  $y^2 \Delta y$  représente la surface d'un rec-

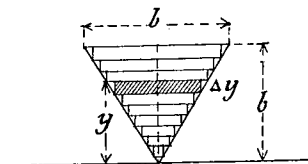


Fig. 400.

tangle de côté  $y$  et de hauteur  $\Delta y$  multipliée par  $y$  ; c'est donc le moment de ce rectangle par rapport à une droite située à la distance  $y$ . À chaque valeur de  $y$  il y aura un rectangle analogue. Si on les superpose tous par ordre de manière que leurs milieux soient sur une même ligne,

on forme un triangle de base  $b$  (fig. 400) et de hauteur égale à  $b$ , puisque, évidemment,  $\Sigma \Delta y = b$ . La somme des moments de tous ces rectangles sera égale au moment du triangle, c'est-à-dire au produit de sa surface  $b \times \frac{b}{2}$  par la distance de son centre de gravité  $\frac{2}{3}b$  : ce sera donc  $\frac{b^3}{3}$ . Le moment d'inertie cherché sera par conséquent :

$$I = \frac{ab^3}{3}.$$

On aurait pu considérer  $y^2 \Delta y$  comme le volume d'un petit parallélépipède et on aurait formé ainsi une pyramide dont on aurait pris le volume.

*Moment d'inertie du rectangle par rapport à la ligne parallèle à ses côtés passant par le centre de gravité.*

**309.** Dans ce cas, le moment cherché est le double de celui de la moitié  $I = 2i$ . D'après la formule précédente,

$$i = \frac{a}{3} \left(\frac{b}{2}\right)^3 = \frac{ab^3}{24},$$

On a donc :  $I = \frac{ab^3}{12}$ .

Pour cet exemple, dont le croquis est indiqué (fig. 401), il est facile de trouver

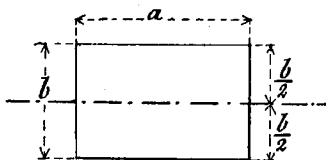


Fig. 401.

de suite le  $\frac{I}{v}$  de la pièce, car  $v$  a pour valeur maximum,  $\frac{b}{2}$ . Donc,

$$\frac{I}{v} = \frac{ab^3}{6}.$$

Si, au lieu d'un rectangle, on avait un carré  $a = b$ , les formules précédentes deviendraient :

$$I = \frac{a^4}{12} \text{ et } \frac{I}{v} = \frac{a^3}{6}.$$

*Moment d'inertie du rectangle par rapport à une parallèle à ses côtés menée extérieurement.*

**310.** Si l'on devait prendre le moment d'inertie du rectangle total IEFK, ce serait évidemment la somme du moment

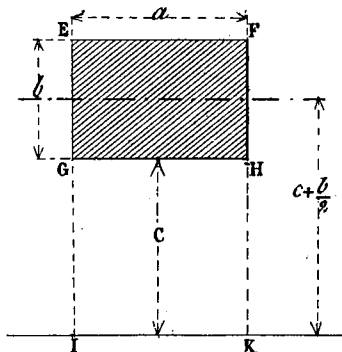


Fig. 402.

de GEFH (fig 402) et du moment de IGHK. On a donc :

$$I = \frac{a(b+c)^3}{3} - ac^3 = \frac{a}{3} [(b+c)^3 - c^3]$$

En développant cette expression, on arrive à une formule remarquable qui, du reste, est générale pour tous les profils et qu'on emploie souvent :

$$I = \frac{a}{3} [b^3 + 3b^2c + 3bc^2 + c^3 - c^3] = \frac{ab^3}{3} + ab^2c + abc^2$$

Au lieu de  $\frac{ab^3}{3}$ , mettons  $\frac{4ab^3}{12}$ , qui est la même chose et partageons cette valeur en  $\frac{ab^3}{12}$  et

$$\frac{3ab^3}{12} = \frac{ab^3}{4}. \text{ Nous aurons :}$$

$$I = \frac{ab^3}{12} + ab \left(\frac{b^2}{4} + bc + c^2\right) = \frac{ab^3}{12} + ab \left(c + \frac{b}{2}\right)^2.$$

Ainsi, le moment d'inertie d'un rectangle par rapport à une droite AB est égal au moment d'inertie du rectangle par rapport à une parallèle passant par le centre de gravité, plus le produit de sa surface par



le carré de la distance du centre de gravité à la droite.

De la formule  $\frac{I}{v} = \frac{ab^2}{6}$  correspondant au moment d'inertie par rapport à la fibre neutre d'un rectangle, on conclut qu'il y a grand intérêt à augmenter la hauteur  $b$ .

On sait que le moment de flexion et, par suite, la résistance à la flexion qui lui est égale est  $\mu = \frac{RI}{v}$ . Donc, pour une largeur  $a$  égale, la résistance croît comme le carré de la hauteur.

Pour le carré  $a = b$  :

$$\frac{I}{v} = \frac{a^3}{6} \quad \mu = 1.$$

Pour le rectangle  $b = 2a$  :

$$\frac{I}{v} = \frac{a^3}{6} \cdot 4 \quad \mu = 4.$$

Pour le rectangle  $b = 3a$  :

$$\frac{I}{v} = \frac{a^3}{6} \cdot 9 \quad \mu = 9.$$

Et ainsi de suite. Si, au lieu de faire  $a$  constant, on fait  $ab$  constant  $= c$  :

$$\frac{I}{v} = \frac{ab^2}{6} = \frac{c}{6} b.$$

Alors, la résistance est proportionnelle à la hauteur, c'est-à-dire qu'en employant la même quantité de matière, la résistance d'une pièce prismatique de section rectangulaire croît proportionnellement à la hauteur de la section. Il y aurait donc intérêt, si les propriétés de la matière et la crainte du gauchissement ne s'y opposaient, à diminuer indéfiniment la largeur au profit de la hauteur.

Pour les fers, on peut atteindre des limites assez élevées, mais pour le bois, qui se débite dans un arbre à peu près cylindrique à section circulaire, le problème se réduit à chercher, dans un bois rond, la pièce équarrée qui offre le maximum de résistance, ce que nous avons indiqué dans la première partie (page 42, n° 186). Ce procédé sera bon à employer pour les grandes pièces : poutres, arbalétriers, etc., qui exigent un arbre entier ; mais, pour les pièces plus petites, ou pour les grosses composées de plusieurs morceaux, il y a tout intérêt à augmenter le rapport de la largeur à la hauteur tant que la stabilité le permettra.

Sciences générales.

MOMENT D'INERTIE D'UN CERCLE.

**311.** Dans le cas où il y aurait nécessité de se servir de bois ronds, il est utile de connaître le moment d'inertie d'un cercle. Pour l'obtenir, cherchons le d'abord, pour le quart du cercle, et le moment total sera quatre fois plus grand.

Si nous supposons la figure divisée en anneaux infiniment minces, pour chacun d'eux, le moment d'inertie sera  $\Sigma \omega y^2$ . A

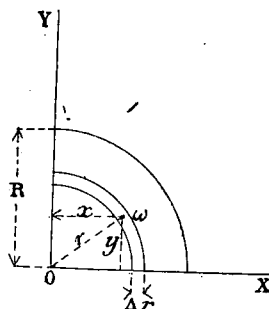


Fig. 403.

cause de la parfaite symétrie de la figure, ce serait aussi bien  $\Sigma \omega x^2$ . Donc, en appelant  $i$  le moment d'inertie de l'anneau représenté (fig. 403), on aura :

$$2i = \Sigma \omega y^2 + \Sigma \omega x^2 = \Sigma \omega (x^2 + y^2)$$

Soit  $r$  le rayon de l'anneau. On a  $x^2 + y^2 = r^2$ . Remplaçant par cette valeur, il vient :

$$2i = \Sigma \omega r^2 = r^2 \Sigma \omega$$

$\Sigma \omega$  est la surface de l'anneau. Soit  $\Delta r$  son épaisseur : ce sera  $\Sigma \omega$  pour l'anneau

$$= \frac{2\pi r}{4} \Delta r = \frac{\pi}{2} r \Delta r$$

$$2i = \frac{\pi}{2} r^3 \Delta r \quad i = \frac{\pi}{4} r^3 \Delta r$$

Le moment d'inertie sera la somme des moments d'inertie des anneaux, soit,

$$I = \frac{1}{4} \Sigma \pi r^3 \Delta r = \frac{1}{4} \Sigma \pi r^2 \Delta r \cdot r,$$

somme dans laquelle on devra donner à  $r$  toutes les valeurs depuis 0 jusqu'à  $R$  (fig. 403). Mais  $\pi r^2 \Delta r$  est le volume d'un cylindre de rayon  $r$  et de hauteur  $\Delta r$  et  $\pi r^2 \Delta r \cdot r$  est le moment de ce volume par rapport à un plan parallèle à la base situé à la distance  $r$ . En superposant tous les cylindres analogues, on forme un cône (fig. 404) et la somme des moments sera la

volume total  $\pi R^2 \frac{R}{3}$ , multiplié par la distance du centre de gravité au plan  $\frac{3}{4}R$ .

$$\text{Donc, } I = \frac{1}{4} \pi R^2 \frac{R}{3} \frac{3}{4} R = \frac{1}{16} \pi R^4,$$

Le moment d'inertie du cercle entier sera donc  $I = \frac{\pi R^4}{4}$

et la valeur de  $\frac{I}{v}$  deviendra

$$\frac{I}{v} = \frac{\pi R^3}{4}.$$

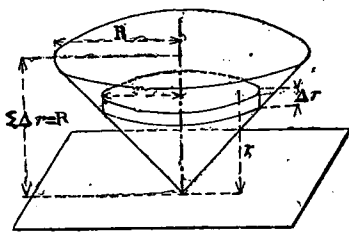


Fig. 404.

**312.** Nous résumons dans le tableau ci-dessous les valeurs du rapport  $\frac{I}{v}$  pour les trois formes de pièces de bois les plus employées.

Valeurs du rapport  $\frac{I}{v}$  pour différentes formes de pièces de bois.

SECTIONS TRANSVERSALES	SECTIONS	VALEURS DE $\frac{I}{v}$
<p>Rectangle</p>	$S = ab$	$\frac{I}{v} = \frac{ab^2}{6}$ ou $\frac{I}{v} = \frac{Sb}{6}$
<p>Carré</p>	$S = b^2$	$\frac{I}{v} = \frac{b^3}{6}$ ou $\frac{I}{v} = \frac{Sb}{6}$
<p>Cercle</p>	$S = \pi r^2$	$\frac{I}{v} = \frac{\pi r^3}{4}$ ou $\frac{I}{v} = \frac{Sd}{4}$ ou $\frac{I}{v} = \frac{Sd}{8}$

Valeurs du coefficient R à appliquer dans les formules pour le bois.

**313.** Le coefficient de résistance R dont on se sert dans les formules peut prendre différentes valeurs selon la nature des bois dont on dispose. Il est donc utile de les connaître et, pour simplifier les recherches, nous les avons groupés dans le tableau suivant :

Valeurs pratiques du coefficient R pour une section de un millimètre carré.

DÉSIGNATION DES BOIS	VALEUR DE R EN KILOGRAMMES
Chêne sans aubier, bois à vives arêtes.....	R = 1 <sup>k</sup> ,00
Chêne de choix équarri.....	R = 0,80
Chêne ordinaire, grossièrement équarri.....	R = 0,70
Chêne faible à fibres molles....	R = 0,60
Sapin rouge de première qualité.....	R = 1 <sup>k</sup> ,00
Sapin rouge de deuxième qualité.....	R = 0,90
Sapin blanc.....	R = 0,80
Sapin des Vosges, première qualité.....	R = 0,50
Sapin de médiocre qualité.....	R = 0 <sup>k</sup> ,30 à 0 <sup>k</sup> ,40
Peuplier de première qualité..	R = 0 <sup>k</sup> ,50
Peuplier de médiocre qualité...	R = 0 <sup>k</sup> ,30 à 0 <sup>k</sup> ,40

D'une manière générale, et dans les constructions ordinaires, ne pouvant pas toujours se rendre un compte exact de la qualité des bois et des défauts qu'ils peuvent cacher, lesquels diminuent beaucoup leur résistance, il sera bon de ne pas s'écarter des valeurs moyennes suivantes :

Pour les bois de chêne et de sapin de qualité ordinaire, R variant de 0<sup>k</sup>,20 à 0<sup>k</sup>,40 par millimètre carré de section.

Pour les bois de chêne et de sapin de bonne qualité, R variant de 0<sup>k</sup>,40 à 0<sup>k</sup>,60 par millimètre carré de section.

**III. — Poids des différents matériaux qui composent ordinairement les planchers en bois.**

**314.** Avant de calculer un plancher en bois, il faut se rendre compte du poids mort qui agit d'une manière permanente

sur ce plancher. Si nous prenons un plancher en bois d'une certaine importance, il y aura à compter pour le poids mort par mètre carré :

- 1° l'enduit en plâtre du plafond ;
- 2° les lattes ;
- 3° le poids des solives ;
- 4° le poids des augets ;
- 5° le poids des bardeaux ;
- 6° le poids de l'aire en plâtre placée au dessus ;
- 7° le poids des lambourdes, y compris le plâtre et les clous qui servent à les sceller ;
- 8° Enfin, le parquet ou le carrelage suivant les cas.

Pour faciliter le travail, nous donnons les poids approximatifs de chacun de ces éléments dans le tableau suivant.

*Poids approximatifs des différents matériaux qui entrent dans la composition d'un plancher en bois.*

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION	POIDS MOYEN par mètre cube	POIDS DU MÈTRE CARRÉ pour les épaisseurs suivantes :	
			Epais. Poids	
1°	Hourdis pleins en plâtras et plâtres (compris enduit en plâtre du plafond).	de 1,400 <sup>K</sup> à 1,500	0 <sup>m</sup> ,10	140 <sup>K</sup>
			0,12	168
			0,14	196
			0,16	204
			0,18	252
		0,20	280	
2°	Hourdis creux en plâtre, évalués en moyenne 2/3 des hourdis pleins.		0 <sup>m</sup> ,10	95 <sup>K</sup>
			0,12	112
			0,14	130
			0,16	136
			0,18	168
		0,20	186	
3°	Hourdis en poteries et plâtre, compris aire et plafond.		0 <sup>m</sup> ,10	136 <sup>K</sup>
			0,15	140
			0,20	150
4°	Hourdis en briques pleines de 0 <sup>m</sup> ,11 d'épaisseur.	1,800 <sup>K</sup>	0 <sup>m</sup> ,11	198 <sup>K</sup>
5°	Hourdis en briques pleines de 0 <sup>m</sup> ,22 d'épaisseur.	1,800 <sup>K</sup>	0 <sup>m</sup> ,22	396 <sup>K</sup>
6°	Augets en plâtre compris crépi et enduit du plafond.		0 <sup>m</sup> ,025	35 <sup>K</sup>
			0,050	70
7°	Aire en plâtre.		0 <sup>m</sup> ,025	35 <sup>K</sup>
			0,050	70

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION	POIDS MOYEN par mètre cube	POIDS DU MÈTRE CARRÉ pour les épaisseurs suivantes :	
			Epais. Poids	
8°	Aire bardeaux et plafond entre solives.		0 <sup>m</sup> ,05 0 <sup>m</sup> ,08	60 <sup>K</sup> 100
9°	Caissons et moulures de plafonds, lustres, ornements, etc.			Petits 40 <sup>K</sup> grands 80
10°	Carrelages ordinaires.			légers 65 <sup>K</sup> lourds 100
11°	Parquets { chène ord. chène lourd.			18 <sup>K</sup>
				20
12°	Parquets { sapin ord. sapin lourd.			13 <sup>K</sup>
				15
13°	Parquet avec faux-plancher.			50 <sup>K</sup>
14°	Scellement en plâtre des lambourdes.			petites 30 <sup>K</sup> grandes 60
15°	Lambourdes en chène.			de 6 à 10 <sup>K</sup> en moyenne
16°	Cloisons en briques creuses.		0 <sup>m</sup> ,08	90 à 100 <sup>K</sup>
17°	Cloisons en carreaux de plâtre.		0 <sup>m</sup> ,08	100 <sup>K</sup>
18°	Cloisons en briques pleines crépi et enduit aux deux parements.		0 <sup>m</sup> ,08	145 <sup>K</sup>
19°	Cloisons briques creuses et plâtre.		0 <sup>m</sup> ,12	145 <sup>K</sup>
20°	Pan de bois de refend hourdé en plâtras et plâtre.		0 <sup>m</sup> ,12	150 <sup>K</sup>
21°	Pan de bois de refend hourdé en plâtras et plâtre.		0 <sup>m</sup> ,15	200 <sup>K</sup>
22°	Cloisons en briques creuses.		0 <sup>m</sup> ,16	200 <sup>K</sup>

POIDS A COMPTER PAR MÈTRE CARRÉ DE PLANCHER SUIVANT LES PRINCIPAUX CAS DE LA PRATIQUE.

**315.** Nous donnons, dans le tableau suivant, les poids qui servent le plus souvent dans les calculs de résistance. Ces poids sont établis d'après le mode de cons-

truction à Paris, c'est-à-dire en supposant que le hourdis du plancher est fait en plâtras et plâtre et en tenant compte d'une surcharge accidentelle provenant des personnes, des meubles ou des marchan-

disés qui peuvent être réunies sur le plancher.

Dans ce tableau, le poids moyen d'une personne a été supposé de 75 kilogrammes.

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION des PIÈCES	ÉPAISSEUR moyenne DES PLANCHERS	ÉCARTEMENT des solives D'AXE EN AXE	POIDS MOYEN du hourdis par mètre carré	SURCHARGES par MÈTRE CARRÉ	POIDS TOTAL par MÈTRE CARRÉ
1°	Pièces ordinaires. — Chambres d'habitation .....	0 <sup>m</sup> ,30	0 <sup>m</sup> ,33	150 <sup>K</sup>	150 <sup>K</sup>	300 <sup>K</sup>
2°	Pièces de réception de petites dimensions, bureaux, salles de travail .....	0 <sup>m</sup> ,30	0 <sup>m</sup> ,33	150 <sup>K</sup>	200 <sup>K</sup>	350 <sup>K</sup>
3°	Salons et pièces de réception de plus grandes dimensions.....	0 <sup>m</sup> ,35	0 <sup>m</sup> ,33	175 <sup>K</sup>	300 <sup>K</sup>	475 <sup>K</sup>
4°	Salles d'assemblées .....	0 <sup>m</sup> ,35	0 <sup>m</sup> ,33	180 <sup>K</sup>	320 <sup>K</sup>	500 <sup>K</sup>
5°	Salons pour grandes réunions....	0 <sup>m</sup> ,35	0 <sup>m</sup> ,33	180 <sup>K</sup>	420 <sup>K</sup>	600 <sup>K</sup>
6°	Magasins de marchandises encombrantes mais de peu de poids...	0 <sup>m</sup> ,25 à 0 <sup>m</sup> ,30	0 <sup>m</sup> ,40 à 0 <sup>m</sup> ,50	50 <sup>K</sup>	450 <sup>K</sup>	500 <sup>K</sup>
7°	Magasins avec marchandises lourdes	0 <sup>m</sup> ,35	0 <sup>m</sup> ,30	180 <sup>K</sup>	500 <sup>K</sup>	680 <sup>K</sup>
8°	Docks et entrepôts : marchandises encombrantes mais peu lourdes. Marchandises lourdes.....	0 <sup>m</sup> ,40 0 <sup>m</sup> ,40	0 <sup>m</sup> ,30 0 <sup>m</sup> ,30	300 <sup>K</sup> 300 <sup>K</sup>	450 <sup>K</sup> 900 <sup>K</sup>	750 <sup>K</sup> 1200 <sup>K</sup>

#### IV. — Calcul des solives et des poutres d'un plancher en bois. — Formules empiriques.

**316.** Les dimensions des pièces de bois qui composent un plancher en bois doivent se calculer d'après les conditions de la résistance des matériaux. Il existe cependant quelques indications et formules empiriques qu'on pourra employer dans bien des cas et qu'il est utile de connaître.

D'après Rondelet, on doit donner à chaque solive des planchers des maisons d'habitation le  $\frac{1}{24}$  de leur longueur, quand elles sont espacées tant plein que vide et plus, si l'écartement augmente. La largeur des solives ne doit pas être moindre que la moitié de la hauteur à moins qu'on ne place des fourrures ou des liernes pour empêcher le gauchissement.

Quant aux poutres, il conseille de leur donner pour équarrissage le  $\frac{1}{18}$  de leur portée quand elles sont espacées de

3 à 4<sup>m</sup>00, ce qui se rapproche assez des dimensions que donnerait la formule,

$$\frac{pl^2}{8} = \frac{Rbh^2}{6},$$

dans laquelle  $p$ , charge par mètre de longueur de la pièce, serait calculée à raison de 200 kilogrammes par mètre carré de surface (une poutre peut même se trouver momentanément chargée d'un poids supérieur quand il y a un grand nombre de personnes en mouvement dans la pièce qu'elle supporte).

$$R = 600,000 \text{ et } b = h,$$

car les poutres ont quelquefois une section transversale carrée afin de ne pas les affaiblir en coupant les fibres pour les rendre méplates.

FORMULE EMPIRIQUE POUR CALCULER LES SOLIVES ET LES POUTRES.

**317.** Pour calculer les dimensions des solives et des poutres, on emploie souvent la formule empirique ci-après qui est due à Tredgold :

$$h = K \sqrt[3]{\frac{l^2}{b}}$$

Dans cette formule,

$h$  représente la hauteur de la pièce en mètres ;

$b$  représente la largeur de la pièce en mètres ;

$l$  représente la portée de la pièce en mètres ;

$K$  est un coefficient auquel on donne les valeurs suivantes :

Tableau donnant les différentes valeurs de  $K$

DÉSIGNATION	VALEURS DU COEFFICIENT $K$	
	SAPIN	CHÊNE
1° Planchers simples à un seul rang de solives ( $b$ n'étant pas inférieur à 0 <sup>m</sup> ,05). Calcul des solives .....	0,0363	0,0376
2° Planchers assemblés. — Poutres dont l'écartement n'excède pas 3 m. Calcul des poutres....	0,0688	0,0711
3° Petites poutres transversales assemblées aux poutres principales et d'une longueur de 1 <sup>m</sup> ,30 à 2 <sup>m</sup> ,00.....	0,0560	0,0578
4° Solives de faux-planchers qui ne servent qu'à fixer les lattes et dans lesquelles $b$ n'est pas supérieur à 0 <sup>m</sup> ,05 .....	0,0104	0,0109

NOTA. — Aujourd'hui, les solives s'espacent de 0<sup>m</sup>33 d'axe en axe et on fait à peu près  $h = 2 b$ . Certains constructeurs font même  $h = 3b$  avec un espacement de 0<sup>m</sup>30, d'axe en axe.

**V. — Calcul des solives d'un plancher en se servant de tableaux.**

**318.** — Nous donnons ci-après des tableaux renfermant le poids total de sécurité, uniformément réparti, dont on peut charger les bois de chêne ou de sapin, en barres de champ dont les dimensions (hauteur et largeur) sont inscrites dans la première et la deuxième colonne, les valeurs de  $I$  et de  $\frac{I}{v}$  dans la troisième et

la quatrième; enfin, les poids que peuvent supporter des solives de bois posées sur deux appuis de niveau et ayant des longueurs variables de 1 à 8<sup>m</sup>,00.

Pour le calcul rapide d'une pièce de bois posée sur deux appuis et chargée d'un poids uniformément réparti sur la longueur de la pièce, ces tableaux seront d'une grande utilité. Lorsque le poids n'est pas uniformément réparti sur la longueur de la pièce, on l'y ramène de la manière suivante :

1° Supposons une pièce de bois posée sur deux appuis et chargée d'un poids permanent  $P$  au milieu de sa longueur. Il suffit, dans ce cas, de doubler la charge et de la supposer uniformément répartie.

2° Si la pièce de bois est encadrée à une extrémité et chargée à l'autre extrémité d'un poids unique  $P$  (cas des solives en bois supportant un balcon), il faut quadrupler la charge et la supposer uniformément répartie sur une barre de même longueur, posée à ses deux extrémités.

3° Si la pièce est encadrée à une de ses extrémités et chargée uniformément dans toute sa longueur, il faut doubler la charge et la supposer uniformément répartie sur une barre de même longueur posée à ses deux extrémités.

4° Si la pièce est encadrée par ses deux extrémités et chargée uniformément, il faut multiplier la charge par 0,66 et la supposer uniformément répartie sur une barre de même longueur simplement posée.

**Problème.**

**319.** — Quelles seront les dimensions à donner à une solive de plancher, posée sur deux appuis, chargée d'un poids de 696 kilogrammes uniformément réparti et ayant une portée de 4<sup>m</sup>,00 ?

Nous trouvons, dans le premier tableau page 151, en cherchant le nombre 396 dans la colonne 4 m. que la solive répondant à la question devra avoir un équarrissage de 0<sup>m</sup>,22 x 0<sup>m</sup>,08. Nous trouvons également, dans le même tableau, que la solive ayant un équarrissage de 0<sup>m</sup>,18 sur 0<sup>m</sup>,12 répond à la question. C'est, dans ce cas, au constructeur à choisir le bois qu'il préfère et qui lui est le plus utile d'employer.

**Problème.**

**320.** *Quelles seront les dimensions à donner à une pièce de bois posée sur deux appuis et chargée d'un poids permanent de 528 kilogrammes au milieu de sa longueur (5<sup>m</sup>,00) par exemple?*

Nous avons vu précédemment qu'il est facile de revenir au cas précédent et de se servir des tableaux en doublant la charge en la supposant uniformément répartie. Le problème est donc ramené à celui-ci. Trouver les dimensions d'une solive posée sur deux appuis, chargée uniformément d'un poids de 1056 kilogrammes et ayant 5 m. de longueur. En cherchant le nombre 1056 dans le 1<sup>er</sup> tableau, page 151, dans la colonne 5<sup>m</sup>,00, nous trouvons que la solive répondant à la question aura un équarrissage de 0<sup>m</sup>,22 sur 0<sup>m</sup>,16.

**Problème.**

**321.** *Quelles seront les dimensions à donner à une solive de plancher encastrée à l'une de ses extrémités et chargée à l'autre d'un poids de 140 kilogrammes sur une longueur de 2<sup>m</sup>,00?*

Il sera facile de se ramener au cas d'une solive posée sur deux appuis et chargée uniformément en multipliant la charge donnée par 4, ce qui produit 560 kilogrammes et en supposant ce poids uniformément réparti sur une solive de 2<sup>m</sup>,00 de longueur. En cherchant le nombre 560 dans le 1<sup>er</sup> tableau, page 151 et dans la colonne 2<sup>m</sup>,00, nous trouvons que la solive répondant à la question devra avoir un équarrissage de 0<sup>m</sup>,12 × 0<sup>m</sup>,10.

**Problème.**

**322.** *Quelles seront les dimensions à donner à une solive de plancher encastrée à une de ses extrémités et chargée uniformément sur toute sa longueur (6<sup>m</sup>,00 par exemple) d'un poids de 1,800 kilogrammes?*

Dans ce cas, il suffit de doubler la charge, soit 3 600<sup>k</sup>,00 et de la supposer uniformément répartie sur la même longueur de 6<sup>m</sup>,00. Le problème revient donc à trouver, dans les tableaux, l'équarrissage d'une solive posée sur deux appuis et chargée uniformément d'un poids de 3 600<sup>k</sup> sur une longueur de 6<sup>m</sup>,00. En cherchant

dans le 2<sup>e</sup> tableau, page 152 et dans la colonne 6<sup>m</sup>,00 le nombre 3 600, nous trouvons que les dimensions de la solive cherchée seront 0<sup>m</sup>,45 sur 0<sup>m</sup>,15. La solive ayant un équarrissage de 0<sup>m</sup>,36 sur 0<sup>m</sup>,24 répond aussi à la question.

**Problème.**

**323.** *Quelles seront les dimensions à donner à une solive de plancher encastrée par ses deux extrémités et chargée d'un poids uniforme de 500<sup>k</sup> sur une longueur de 5<sup>m</sup>,00?*

Pour revenir au cas d'une solive posée sur deux appuis et chargée uniformément, nous avons vu qu'il suffisait de multiplier la charge 500<sup>k</sup> par 0,66, ce qui donne 330<sup>k</sup> et de la supposer uniformément répartie.

En cherchant le nombre 330 dans le 1<sup>er</sup> tableau, page 151 et dans la colonne 5<sup>m</sup>,00, nous trouvons que la solive qui répond à la question devra avoir un équarrissage de 0<sup>m</sup>,16 × 0<sup>m</sup>,10.

Lorsqu'on trouve, dans les calculs, une solive de forme carrée, on peut toujours la remplacer par une autre de forme rectangulaire satisfaisant aux mêmes conditions et s'appropriant mieux, dans certains cas, aux exigences de la pratique.

On peut aussi, en se servant des tableaux dont nous venons de parler, calculer une pièce de bois dont on connaît le  $\frac{I}{v}$ . On cherche alors, dans ces tableaux, le  $\frac{I}{v}$  qui se rapproche le plus de celui qu'on connaît et on peut en déduire facilement l'équarrissage de la pièce cherchée.

NOTA : Dans les deux tableaux de résistance que nous donnons, nous avons calculé, dans chaque cas, la valeur de  $\frac{I}{v}$  pour les premières solives n'ayant

que 0<sup>m</sup>,01 de largeur. Pour avoir le  $\frac{I}{v}$  des autres, le calcul est très simple; il suffit, en effet, de multiplier successivement le premier  $\frac{I}{v}$  calculé par les chiffres 2, 3, 4, 5, etc., de la deuxième colonne. Par exemple, le  $\frac{I}{v}$  d'une solive de 0<sup>m</sup>,06 sur 0<sup>m</sup>,05 sera: 0,000006 × 5 = 0,000030 et ainsi de suite pour les autres.



RÉSISTANCE DES BOIS A LA FLEXION (CHÊNE OU SAPIN)

Charge totale uniformément répartie dont on peut charger avec sécurité les pièces de bois dont les dimensions suivent, pour des portées variant de 1 mètre à 8 mètres (le coefficient R a été pris égal à 600,000).

Table with columns for height and width in centimeters, moment of inertia, and uniformly distributed load for spans of 1m to 8m. The table is organized into sections for different wood types and load conditions.



**VI. — Calcul des solives d'un plancher en se servant des formules de résistance des matériaux.**

**324.** Avant de rappeler ce genre de calcul, il est utile de résumer les formules usuelles des principaux cas de la flexion.

1° Pièce de longueur  $l$ , encastrée à l'une

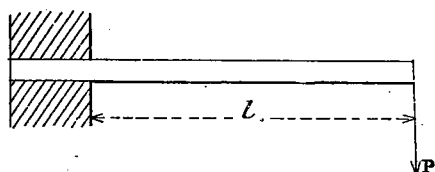


Fig. 405.

de ses extrémités (fig. 405) et chargée à l'extrémité libre d'un poids  $P$ . La formule à appliquer, dans ce cas, est :

$$\mu = \frac{RI}{v} = Pl. \quad (1)$$

Si la charge était uniformément répartie sur la pièce, on aurait :

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{1}{2} Pl. \quad (2)$$

Si la pièce était chargée d'un poids  $p$  par unité de longueur, correspondant à  $R$ , on aurait :

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{1}{8} pl^2. \quad (3)$$

Le nombre  $R$  étant exprimé par rapport au millimètre carré, il faut exprimer  $l$  en millimètres et, par suite,  $p$  est la charge par millimètre courant.

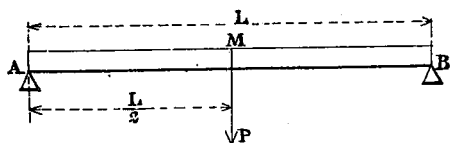


Fig. 406.

2° Pièce de longueur  $L$ , posée librement sur deux appuis  $A, B$  et chargée au milieu d'un poids  $P$  (fig. 406). La formule à appliquer, dans ce cas, est :

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{PL}{4}. \quad (4)$$

Si la charge  $P$  était uniformément répartie sur la longueur  $L$  de la pièce, on aurait :

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{PL}{8}. \quad (5)$$

Si la pièce devait être chargée d'un poids  $p$  par unité de longueur, on aurait :

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{1}{8} pL \times L = \frac{1}{8} pL^2. \quad (6)$$

3° Pièce de longueur  $L$ , encastrée à l'une de ses extrémités et posée librement sur un appui à l'extrémité opposée (fig. 407).

La pièce étant encastrée, la résistance  $Ql$  fait équilibre à la valeur de l'effort  $\frac{PL}{4}$ .

Cet encastrement d'un seul côté augmente d'un tiers la résistance de la pièce. Lorsqu'il y a encastrement de deux côtés, la résistance de la pièce est double de celle de la même pièce posée librement sur deux appuis.

NOTA. Dans les formules de résistance, si la valeur  $R$  du solide est prise par rapport au millimètre carré, il faut exprimer la longueur  $L$  ou  $l$  en millimètres, ou exprimer cette longueur en mètres et multiplier le résultat par 1000, ce qui est préférable pour l'exécution des calculs.

Les formules

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{1}{8} pL \times L$$

ou

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{1}{8} pL^2$$

deviennent, dans ce cas :

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{1}{8} \frac{p}{1000} L^2,$$

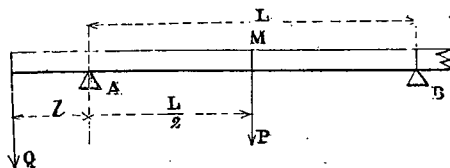


Fig. 407.

en exprimant  $L$  en millimètres, ou

$$\mu = \frac{RI}{v} = \frac{1}{8} pL^2 \times 1000,$$

en exprimant  $L$  en mètres.

N'ayant pas ici à développer toutes les formules de la résistance, nous nous bornerons à donner, sous forme de tableaux, les différents cas d'équilibre qu'on ren-

contre le plus souvent dans les applications ordinaires et qui sont extraits de l'intéressant travail de M. E. Cordier sur l'équilibre des charpentes.

325. Tableau n° 1. — Charges uniformément réparties.

DIAGRAMMES DES MOMENTS DE FLEXION	POSITION DU SOLIDE	RÉACTIONS des APPUIS	MOMENT DE FLEXION	OBSERVATIONS
	<p>Poutre posée sur deux appuis de niveau et chargée d'un poids uniformément réparti.</p>	$P' = P'' = \frac{pL}{2}$	$\frac{RI}{v} = \frac{1}{8} pL^2$ $\frac{RI}{v} = p \frac{L}{8}$	<p>Charge <math>p</math> par unité de longueur.                      P Charge uniformément répartie.</p>
	<p>Charge <math>pL</math> uniformément répartie et effort <math>P</math> agissant au milieu de la longueur de la pièce.</p>	$P' = P'' = \frac{1}{2} P + \frac{1}{2} pL$	$\frac{RI}{v} = \frac{L}{4} \left( P + \frac{1}{2} pL \right)$ $= \frac{PL}{4} + \frac{PL^2}{8}$	
	<p>Charge <math>pL</math> uniformément répartie et d'un effort <math>P</math> agissant à un point quelconque de la longueur du solide.</p>		$(1) \frac{RI}{v} = \left( P + \frac{1}{2} pL \right) \frac{l l'}{L}$ $(2) \frac{RI}{v} = \frac{Pl}{L} + \frac{1}{8} pL^2$ $(3) \frac{RI}{v} = X \left[ \frac{Pl}{L} + \frac{1}{2} p(L-X) \right]$	<p>Pour le cas général on se sert de la formule (1). Lorsque la charge uniformément répartie a une grande valeur relative c'est-à-dire lorsqu'elle est environ le double ou plus de l'effort <math>P</math>, on se sert de la formule (2). Entre ces limites et lorsqu'on désire une solution exacte, on cherche la plus grande valeur de l'expression.                      X. <math>\left[ \frac{Pl}{L} + \frac{1}{2} p(L-X) \right]</math> de l'équation (3) pour diverses sections comprises entre <math>M</math> et <math>M'</math> et on prend la grande.</p>
	<p>Charge <math>pL</math> uniformément répartie venant s'ajouter à plusieurs efforts <math>P, Q,</math> etc., agissant à différents points de la longueur du solide.</p>			<p>Si la charge <math>pL</math> uniformément répartie est faible elle aura peu d'influence sur le lieu de la section de rupture; on peut alors, après l'avoir convertie en une charge agissant au milieu l'ajouter à l'effort le plus voisin du lieu de cette charge pour simplifier les questions.                      Si cette charge à une valeur plus importante on l'introduit dans la formule comme une force <math>\frac{pL}{2}</math> agissant au milieu de la longueur du solide.</p>

326. Tableau n° 2. — Charges quelconques appliquées en divers points du solide.

DIAGRAMMES DES MOMENTS DE FLEXION	POSITION DU SOLIDE	RÉACTIONS des APPUIS	MOMENT DE FLEXION	OBSERVATIONS
	Effort vertical P appliqué en un point quelconque de la longueur L du solide.	$P' = \frac{Pl'}{L}$ $P'' = \frac{Pl}{L}$	$\frac{RI}{v} = \frac{Pl'}{L}$	
	Effort vertical P appliqué au milieu de la longueur du solide.	$P' = P'' = \frac{P}{2}$	$\frac{RI}{v} = \frac{1}{4} PL.$	Dans ce cas : $l = l' = \frac{L}{2}.$
	Cas de deux efforts P et Q appliqués aux points M et M' du solide. On suppose $l > l'.$	$P' = \frac{P(L-l) + Ql'}{L}$ $P'' = \frac{Pl + Q(L-l')}{L}$	En M : $\frac{RI}{v} = l \left( P - \frac{Pl - Ql'}{L} \right)$ En M' : $\frac{RI}{v} = l' \left( Q - \frac{Ql' - Pl}{L} \right)$	Le lieu de la section de rupture est indéterminé. Il faut calculer les moments $\mu$ des efforts extérieurs pour les deux points M et M' et évaluer le moment des résistances de la pièce au plus fort de ces deux moments.
	Cas de deux efforts P et Q appliqués aux points M et M' du solide.		$\frac{RI}{v} = Pl' \left( 1 - \frac{l-l'}{L} \right)$	Dans ce cas nous supposons : $P = Q$ et $l < l'$ la section de rupture est en M'.
	Cas de deux efforts P et Q appliqués aux points M et M' du solide.		$\frac{RI}{v} = Pl.$	Dans ce cas particulier nous supposons : $P = Q$ et $l = l'.$
	Cas de trois efforts P, Q, R agissant en des points quelconques M, M', M'' de la longueur L du solide.	$P' = \frac{Pp' + Qq' + Rr'}{L}$ $P'' = \frac{Pp + Qq + Rr}{L}$	En M : $\frac{RI}{v} = (P'' - Q - R) p' + Qq' + Rr'$ En M' : $\frac{RI}{v} = (P'' - R) q' + Rr''$ En M'' : $\mu = \frac{RI}{v} = Pr'$	Nous savons que : $P' = (P + Q + R) - P''$ et $P'' = (P + Q + R) - P'.$ Pour obtenir les dimensions de la pièce de bois, il faut évaluer le moment de ses résistances naturelles à la plus grande valeur des moments des efforts extérieurs en M, M', M''.
	Cas de trois efforts égaux P agissant en des points quelconques M, M', M'' de la longueur L du solide.	$P' = 3P - P''$ $P'' = P \left( 3 - \frac{l+l_1+l_2}{L} \right)$	En M : $\frac{RI}{v} = P \left( l' + l_1 \right) + Pl_2 \left( 1 - \frac{l'+l_1+l_2}{L} \right)$ En M' : $\frac{RI}{v} = Pl'$ $+ Pl_1 \left( 2 - \frac{l'+l_1+l_2}{L} \right)$ En M'' : $\frac{RI}{v} = Pl' \left( 3 - \frac{l'+l_1+l_2}{L} \right)$	Nous savons que : $P'' = P \frac{p+l_1+l_2}{L},$ ou en désignant $p, q, r$ par $l_1, l_2,$ $P'' = P \frac{l+l_1+l_2}{L},$ ou pour simplifier $P'' = P \left[ \frac{3L - (l+l_1+l_2)}{L} \right]$

327. Tableau n° 2 (Suite). — Charges quelconques appliquées en divers points du solide.

DIAGRAMMES DES MOMENTS DE FLEXION	POSITION DU SOLIDE	RÉACTIONS DES APPUIS	MOMENT DE FLEXION	OBSERVATIONS
	<p>Cas de trois efforts égaux également espacés entre eux mais dont les extrêmes sont à des distances <math>l</math> et <math>l'</math> des points d'appui A et B.</p>	$P' = 3P - P''$ $P'' = \frac{3}{2}P \left(1 - \frac{l' - l}{L}\right)$	<p>En M :  <math display="block">\frac{RI}{v} = \frac{3}{2}Pl \left(1 + \frac{l' - l}{L}\right)</math> <p>En M' :  <math display="block">\frac{RI}{v} = P \left[ L + 2l' - l - \frac{3}{4} \left( \frac{L + l' - l}{L} \right)^2 \right]</math> <p>En M'' :  <math display="block">\frac{RI}{v} = \frac{3}{2}Pl' \left(1 - \frac{l' - l}{L}\right)</math></p> </p></p>	
	<p>Cas de trois efforts égaux P également espacés entre eux et les distances <math>l</math> et <math>l'</math> étant égales entre elles.</p>		$\frac{RI}{v} = P \left( \frac{1}{4}L + l \right)$	<p>Dans ce cas la section de rupture est au point M' milieu de la longueur de la pièce.</p>
	<p>Cas de trois efforts égaux P distribués à des distances égales <math>l</math> sur la longueur de la pièce.</p>		$\frac{RI}{v} = 2Pl$	<p>Pour l'équilibre aux deux points M et M'', on aurait en raison de la symétrie :  <math display="block">\frac{RI}{v} = 1,5Pl</math></p>
	<p>Cas de trois efforts dont deux égaux P, R situés à des distances égales <math>l</math> des appuis et le troisième effort Q appliqué au milieu de la longueur L du solide.</p>		$\frac{RI}{v} = \frac{1}{4}QL + Pl$	<p>La section de rupture est au point M'.</p>
	<p>Cas de trois efforts P, Q, P' distribués à des distances égales <math>l</math> et agissant en des points M, M', M'' de la longueur du solide.</p>		$\frac{RI}{v} = (Q + P)l$	
	<p>Cas de quatre efforts P, Q, R, S, agissant en des points quelconques M, M', M'', M''' de la longueur L du solide.</p>	$P' = (P + Q + R + S) - P''$ $P'' = \frac{Pp + Qq + Rr + Ss}{L}$	<p>En M :  <math display="block">\frac{RI}{v} = (P'' - Q - R - S)p' + Qq' + Rr' + Ss'</math> <p>En M' :  <math display="block">\frac{RI}{v} = (P'' - R - S)q' + Rr' + Ss'</math> <p>En M'' :  <math display="block">\frac{RI}{v} = (P'' - S)r' + Ss'</math> <p>En M''' :  <math display="block">\frac{RI}{v} = P''s'</math></p> </p></p></p>	

328. Tableau n° 2 (Suite). — Charges quelconques appliquées à divers points du solide.

DIAGRAMME DES MOMENTS DE FLEXION	POSITION DU SOLIDE	RÉACTION DES APPUIS	MOMENT DE FLEXION	OBSERVATIONS
	<p>Cas de quatre efforts égaux P agissant en des points quelconques M, M', M'', M''' de la longueur L du solide.</p>	$P' = 4P - P''$ $P'' = P \left( 4 - \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{L} \right)$	<p>En M :</p> $\frac{RI}{v} = P(l + l_1 + l_2) + Pl_3 \left( 1 - \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{L} \right)$ <p>En M' :</p> $\frac{RI}{v} = P(l + l_1) + Pl_2 \left( 2 - \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{L} \right)$ <p>En M'' :</p> $\frac{RI}{v} = Pl' + Pl_1 \left( 3 - \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{L} \right)$ <p>En M''' :</p> $\frac{RI}{v} = Pl' \left( 4 - \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{L} \right)$	
	<p>Cas de quatre efforts P également espacés entre eux, les deux efforts latéraux étant séparés des points A et B par des longueurs l et l'.</p>	$P' = 4P - P''$ $P'' = 2P \left( 1 - \frac{l-l'}{L} \right)$	<p>En M :</p> $\frac{RI}{v} = 2Pl \left( 1 + \frac{l-l'}{L} \right)$ <p>En M' :</p> $\frac{RI}{v} = P \frac{1}{3L} \left[ l(3l + 6l' - 4l) + l'(L - 2l') + L^2 \right]$ <p>En M'' :</p> $\frac{RI}{v} = P \frac{1}{3L} \left[ l'(3l + 6l - 4l') + l(L - 2l) + L^2 \right]$ <p>En M''' :</p> $\frac{RI}{v} = 2Pl' \left( 1 - \frac{l-l'}{L} \right)$	
	<p>Cas de quatre efforts égaux P également espacés entre eux et les distances l, l' aux points d'appui étant égales entre elles.</p>		$\frac{RI}{v} = P \frac{1}{3} (L + 4l)$	
	<p>Cas de quatre efforts égaux à P distribués à des distances égales l sur la longueur de la pièce.</p>		$\frac{RI}{v} = 3Pl$	<p>Dans ces deux derniers cas, si l'on voulait connaître l'équilibre aux points M''' et M, on aurait, pour chacun deux, en raison de la symétrie : <math>\frac{RI}{v} = Pl</math>.</p>

329. Dans les tableaux ci-dessus, les moments de flexion, qu'on désigne ordinairement par  $\mu$ , sont donnés, pour chacun des cas particuliers, par une formule que nous pouvons représenter d'une manière générale par  $\mu = \frac{RI}{v} (1)$  dans laquelle  $\mu$  est le moment fléchissant et  $\frac{RI}{v}$

la somme des moments des forces moléculaires développées dans la section du milieu de la poutre ou en différents points de cette poutre.

Cette formule (1) peut se mettre sous les deux formes suivantes.

$$R = \frac{v\mu}{I} (2) \quad \text{ou} \quad \frac{I}{v} = \frac{\mu}{R} (3)$$

Le coefficient R peut atteindre, pour les

bois, 0 k. 600 par millimètre carré ; mais, comme ces derniers sont susceptibles de cacher des défauts qui peuvent diminuer leur résistance, il sera bon de prendre pour R une valeur comprise entre 0 k. 200 et 0 k. 400 par millimètre carré. Cependant, pour les bois de chêne et de sapin de bonne qualité employés dans les constructions, R peut varier de 0 k. 400 à 0 k. 600 par millimètre carré. I est un moment d'inertie dont nous avons donné les valeurs pour les bois. L'expression  $\frac{I}{v}$

est le rapport du moment d'inertie I à la distance v de la fibre la plus allongée ou la plus raccourcie à la ligne des fibres invariables. Nous savons que, dans le cas d'une pièce de bois symétrique par rapport à un axe horizontal et dont la hauteur est b, la valeur de v est la suivante :

$$v = \frac{b}{2}.$$

A l'aide de ces trois formules (1) (2) (3) et des tableaux ci-dessus, nous pouvons calculer une solive en bois avec facilité comme nous l'avons déjà indiqué dans la première partie.

Si, en se servant de la formule (3), on désire ne pas chercher le  $\frac{I}{v}$  dans les tableaux de résistance, mais le calculer directement, pour le cas d'une solive rectangulaire par exemple, on pourra remplacer  $\frac{I}{v}$  par sa valeur, soit  $\frac{I}{v} = \frac{ab^2}{6}$  et avoir la formule (3) sous cette forme :

$$\frac{ab^2}{6} = \frac{\mu}{R}$$

dans laquelle, si nous faisons  $b = 3a$ , nous n'aurons plus que a d'inconnue,  $\mu$  étant donné, suivant les cas, par les deux tableaux ci-dessus et le coefficient R déterminé suivant la nature du bois sur lequel on opère.

#### CALCUL DES POUTRES.

**330.** Le calcul des poutres se fera comme celui des solives, les dimensions et les charges étant plus fortes.

Pour les poutres armées, dont nous avons donné quelques croquis pour le cas de construction faite avec toutes les précautions voulues, on admet, en pratique, que ces poutres ont une résistance égale aux  $\frac{3}{4}$  de celle d'une poutre de même section formée d'une seule pièce. Pour une portée et des sections semblables, la poutre jumellée doit avoir au moins 1,1 fois la hauteur de la poutre simple pour présenter autant de résistance qu'elle. En général, on prend même un coefficient supérieur, soit de 1,1 à 1,3.

Un moyen très ingénieux de renforcer une poutre, consiste à la scier en travers dans la moitié de sa largeur et jusqu'au tiers de son épaisseur ; à la courber ensuite en plaçant son milieu sur un point d'appui et en chargeant de poids ou de fardeaux les deux extrémités. Alors, les fibres coupées par la scie, se séparent entièrement et on peut placer dans l'ouverture un coin de bois très dur ou de fer. On augmente ainsi la force de la pièce d'un sixième.

## II. — PANS DE BOIS

### § I. — DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES

**329.** On donne le nom de *pan de bois* à un assemblage de pièces de charpente susceptible de remplacer, dans une construction quelconque, un mur en pierre ou en petits matériaux. Les intervalles laissés entre les diverses pièces de charpente composant un pan de bois sont remplis de maçonnerie faite avec de petits moellons, des platras et du plâtre ou de toute autre manière en employant, dans

chaque pays où ces sortes de constructions s'exécutent, les matériaux dont on dispose.

Certaines maisons du moyen âge et de la renaissance offraient des dispositions de pans de bois fort ingénieusement combinées et d'un bel aspect. De nos jours, les pans de bois sont peu employés. Les pans de bois apparents servent encore pour les constructions pittoresques ou

champêtres. A Paris, et dans les localités où la pierre et la brique sont coûteuses, on les remplace par le bois pour les façades de maisons sur les cours, pour les petites ailes de bâtiment de peu d'importance et, surtout, pour les murs de refend. Les murs de face sur la rue et les murs mitoyens qui contiennent ordinairement les cheminées, doivent se faire en maçonnerie, comme nous l'avons déjà vu.

Nous aurons donc à nous occuper de deux espèces de pans de bois :

1° Les pans de bois extérieurs,

2° Les pans de bois intérieurs.

Ces derniers, remplaçant les murs de refend et les cloisons, sont souvent désignés sous le nom de *cloisons en pan de bois*.

Les pans de bois sont moins durables que les murs en pierres ; mais, comme on peut les former en leur donnant moins d'épaisseur, ce qui est un grand avantage lorsqu'on est restreint par les dimensions du terrain sur lequel on construit et comme ils coûtent moins cher, on en fait assez souvent usage à Paris et dans certaines villes de France où l'on peut se procurer du plâtre de bonne qualité. L'emploi des pans de bois donne lieu à des inconvénients qui n'existent pas en se servant de pierres ou d'autres matériaux. Le pan de bois garantit toujours moins bien contre les intempéries des saisons qu'un bon mur en maçonnerie qu'il ne saurait remplacer dans bien des circonstances. Ainsi, on ne peut y adosser des tuyaux de cheminée et, à plus forte raison, en loger dans leur épaisseur.

Comparés aux murs en maçonnerie, les pans de bois ont l'avantage d'être légers, élastiques, d'occuper peu de place et de s'élever très rapidement ; mais de nombreux inconvénients (instabilité, combustibilité, protection insuffisante contre les variations extérieures de la température ou contre les attaques du dehors) les font presque toujours rejeter des constructions soignées, sauf, dans certains cas, pour l'établissement des cloisons intérieures. En France, il est interdit de construire en pans de bois sur la voie publique.

Toutes les pièces qui composent un pan de bois ou une cloison en charpente

doivent être assemblées entre elles à tenons et mortaises entrés de force et chevillés. Les tenons et les épaulements des décharges et des autres pièces inclinées doivent être coupées à angle droit du côté de l'angle aigu. On appelle cette coupe *tenon à bout* ou *tenon en about*.

Dans les anciennes constructions, les tournisses étaient presque toujours assemblées à houlice avec les décharges ; mais, aujourd'hui, on se contente de les couper obliquement en sifflet et de les arrêter avec de fortes broches, appelées *dents de loup* ou *rappontis* ; il est bon, du reste, de les embrever pour empêcher le glissement.

Afin de garantir le bois de l'humidité on établit, comme nous le verrons plus loin, les pans de bois sur des soubassements en moellons, en briques ou en pierres de taille, nommés aussi *parpaings* et s'élevant, au minimum, de 0,50 à 0,60 au dessus du sol.

Nous avons dit plus haut que les pans de bois en bordure sur la voie publique étaient défendus. Cependant, cette prohibition ne s'étend pas aux bâtiments dont la profondeur ne dépasse pas 8<sup>m</sup>,00. Dans ce cas, la façade pourra être montée en pierres de taille ou en moellons jusqu'au premier étage et le reste en pan de bois. La hauteur à laquelle on peut élever un pan de bois sur la voie publique ne peut excéder 15<sup>m</sup>,60. Le dernier étage en retraite d'une maison, élevée à toute hauteur, peut toujours être monté en pan de bois sur la voie publique.

Une ordonnance du 18 août 1667 dit qu'il est enjoint aux propriétaires de faire couvrir les pans de bois de lattes, clous et plâtre, tant en dedans qu'en dehors, de manière qu'ils soient en état de résister au feu. D'après un autre règlement, les lattes des pans de bois doivent être faites avec des lattes en cœur de chêne dont l'écartement ne peut être de plus de 0<sup>m</sup>,08 à 0<sup>m</sup>,11. En outre, l'espacement des poteaux ne doit pas être de plus de 0<sup>m</sup>,25 à 0<sup>m</sup>,27. Il est également interdit :

1° De faire des entablements en pierre sur des pans de bois (ceux qu'on fera en plâtre ne devront pas excéder 0<sup>m</sup>,16 de saillie) ;

2° D'adosser contre un pan de bois une cheminée ou ses tuyaux ; mais on peut l'établir, ainsi que son mur dossier, en laissant un isolement complet entre ce mur et le pan de bois. L'espace vide, appelé *tour du chat*, doit être au moins de 0<sup>m</sup>,16.

Hors Paris, les pans de bois, quoique défendus par la législation ancienne, sont actuellement considérés comme permis, en l'absence d'un arrêté municipal qui en prononce l'interdiction.

Les règlements ne s'opposent pas à ce que deux propriétaires voisins construisent le mur mitoyen de leurs propriétés en pan de bois ; mais, à défaut d'un accord commun, il est bon de ne pas faire en pan de bois la clôture séparative entre deux bâtiments, pour la sûreté publique d'abord et ensuite pour cette raison que le droit qu'a tout voisin d'acheter une mitoyenneté ne pourrait être exercé utilement, puisqu'il ne pourrait s'en servir, dans cet état, pour y adosser une cheminée, par exemple.

Si la construction d'un pan de bois mitoyen ne résulte pas d'une convention

spéciale entre les deux propriétaires, l'un des voisins peut toujours le faire considérer comme n'étant pas bon pour lui. Si le pan de bois est en mauvais état, le mur par lequel on le remplace doit être construit à frais communs. Si ce mur ne doit pas recevoir de surcharge, on peut lui donner une épaisseur égale à celle du pan de bois qu'il remplace. Si, au contraire, il doit porter charge, on le fait alors en briques de 0,22 sans compter les enduits, la ligne mitoyenne restant la même. Le propriétaire qui voudrait donner au mur une plus grande épaisseur devrait prendre l'excédent de son côté sans changer la ligne mitoyenne.

Tout particulier peut construire, sans autorisation, un pan de bois qui ne borde pas la voie publique. Il en est de même pour les pans de bois intérieurs d'un bâtiment, lors même que ce bâtiment touche à la voie publique. Les pans de bois mitoyens étant de véritables murs ; les règlements de mitoyenneté s'y appliquent comme aux murs mêmes.

## § II. — NOMS DES DIFFÉRENTES PIÈCES QUI COMPOSENT UN PAN DE BOIS

**332.** Les pièces de charpente qui entrent dans la composition des pans de bois se font le plus ordinairement en bois dressés et prennent différents noms, suivant la place qu'elles occupent et la nature de leurs fonctions.

Nous donnons (*fig.* 408) un croquis d'ensemble où les diverses pièces que nous allons étudier sont indiquées.

A — *Sablières*. — Ce sont des pièces de bois placées de niveau, au rez-de-chaussée et à la hauteur de chaque étage, dans lesquelles toutes les pièces verticales s'assemblent à tenons et mortaises. Celles du rez-de-chaussée se nomment *sablières basses*. Celles qui sont au-dessus des planchers, en A', se nomment *sablières de chambrées*. Enfin, celles qui sont au-dessous des sablières de chambrées se nomment *sablières hautes*. Certaines sablières, comme A'', surmontant une large ouverture, prennent souvent le nom de *poitrail*.

B — *Poteaux corniers*. — Ce sont des poteaux placés debout aux différents angles des pans de bois. Dans certains cas, ils montent de fond dans la hauteur de plusieurs étages. On en place également aux endroits où les pans de bois de refend ou de distribution viennent se rencontrer avec ceux de façade. Ils sont ordinairement d'un plus fort équarrissage que les autres poteaux des pans de bois.

C — *Poteaux d'huissierie*. — L'ensemble des poteaux d'huissierie et du *linteau* L, pièce horizontale qui couronne une porte ou une croisée, se nomme l'*huissierie* de la porte ou de la croisée. Le remplissage des vides, au-dessus et en dessous, se fait avec d'autres petits poteaux *p* moins forts que ceux d'huissierie et qu'on nomme *potelets de remplissage*.

D — *Guettes*. — On désigne sous ce nom des pièces de bois faisant un angle de plus de 60 degrés avec les sablières. On les



incline en sens inverse, afin d'obvier aux inconvénients qui résultent du relâchement des assemblages, par suite de la dessiccation des bois.

E — *Décharges*. Ce sont des pièces de bois dont l'inclinaison sur les sablières ne dépasse pas 60 degrés et qui sont posées en sens contraire les unes des autres. Elles servent à consolider les assemblages, à éviter le relâchement de ces assemblages, à maintenir d'aplomb les pièces principales en les contrebutant; enfin, à reporter sur les poteaux d'huisserie le poids des trumeaux qui se trouvent au-dessus d'un grand vide, de manière à soulager le poitrail couronnant

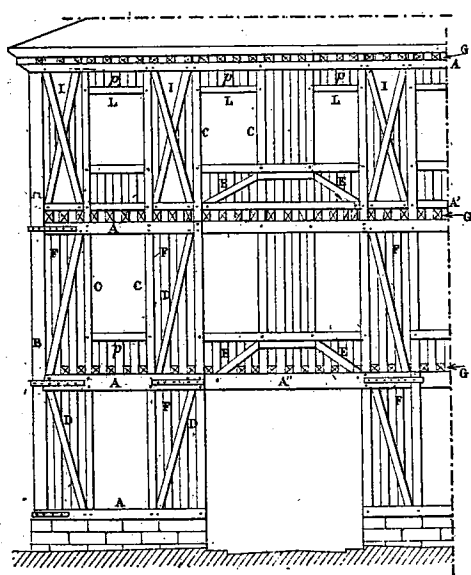


Fig. 408.

cette ouverture, ce qui est surtout nécessaire quand le pan de bois porte plancher.

Les guettes et les décharges s'assemblent à tenons en about dans les pièces horizontales auxquelles elles aboutissent, c'est-à-dire que les tenons et leurs épaulements sont coupés à peu près en retour d'équerre du côté de l'angle aigu, de manière qu'ils pénètrent à angle droit dans les pièces qui les reçoivent.

On remplace souvent les simples guettes ou décharges, afin de donner plus de solidité aux trumeaux d'encoignure, par des *croix de Saint-André* I formées par des pièces s'assemblant à mi-bois au point où elles se rencontrent et à tenons en about dans les sablières.

F — *Tournisses*. — On donne le nom de *tournisses* à des pièces de bois assemblées dans les sablières hautes et basses, dans les guettes ou dans les décharges et dont le but est de remplir les vides formés par ces dernières. Leur assemblage avec les décharges se fait assez généralement en *fausse-coupe* afin de moins les affaiblir. Quelquefois, elles sont coupées obliquement à la demande des guettes ou des décharges sans faire de tenons. On les arrête seulement avec de grands clous appelés *dents de loup*, ou avec des chevillettes. Afin de ne pas fendre les tournisses, on prépare les trous des clous ou des chevillettes à l'aide d'une vrille.

G — *Solives de plancher*. — Nous remarquons encore, dans le croquis de pan de bois que nous donnons, comment sont posées les solives du plancher sur les sablières du pan de bois. Lorsque ces solives sont placées sur des cloisons, elles ne sont pas apparentes sur la façade.

I — *Croix de St-André*. Ces croix, qui remplacent quelquefois les décharges, sont entaillées à mi-bois à l'endroit où elles se croisent.

### § III. — DISPOSITIONS DIVERSES DES PANS DE BOIS

333. Les pans de bois, dans les pays où ces matériaux sont très abondants comme en Russie, pourraient, à la rigueur, être composés avec des blocs de bois de diverses grosseurs, superposés et reliés

d'une manière analogue aux pierres; mais on conçoit que, en raison de la grande quantité de bois qu'entraînerait cette disposition, on doit y renoncer dans les pays où le bois a une certaine valeur

et composer alors les pans de bois avec des pièces placées verticalement, espacées les unes des autres et s'assemblant dans d'autres pièces horizontales. Les intervalles laissés entre ces différentes pièces sont remplis avec des matériaux plus grossiers et de moindre valeur.

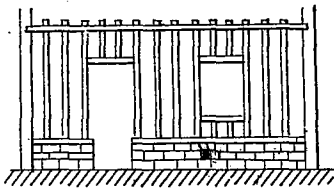


Fig. 409.

La figure 409 montre la disposition d'un pan de bois simple encastré entre deux murs ou deux pignons en maçonnerie. La figure 410 indique une disposition analogue, mais insérée entre des poteaux corniers en bois. Elle ne diffère de l'autre disposition que par l'addition de contre-

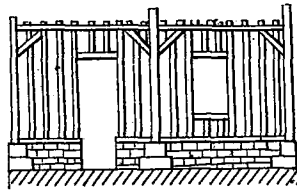


Fig. 410.

fiches qui relient les poteaux à la sablière supérieure. Pour donner aux pans de bois plus de solidité, on y insère des pièces

### Pans de bois extérieurs.

**334.** La disposition la plus généralement adoptée pour ces pans de bois est

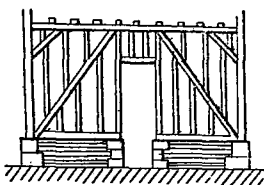


Fig. 411.

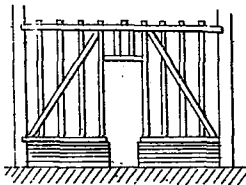


Fig. 412.

de bois obliques, qu'on appelle *écharpes*, *décharges* ou *guettes*, sur lesquelles on assemble des potelets taillés obliquement par un bout et nommés *tournoises*. Ce mode permet l'utilisation de pièces plus courtes pour les bois de remplissage. Les figures 411 et 412 en montrent la disposition dans chacun des deux cas que nous avons spécifiés ci-dessus.

Enfin, les pans de bois se font encore en croix de Saint-André, procédé très solide et même économique par la quantité de bois nécessaire. Ces deux pièces sont assemblées à mi-bois dans l'endroit où elles se croisent.

Les dispositions simples que nous venons d'indiquer sont utilisées pour les bâtiments de peu d'importance et ne comportant pas un grand nombre d'étages. Lorsque le pan de bois prend de l'importance, soit comme largeur, soit comme hauteur ou nombre d'étages, il faut alors étudier d'autres dispositions que nous allons indiquer.

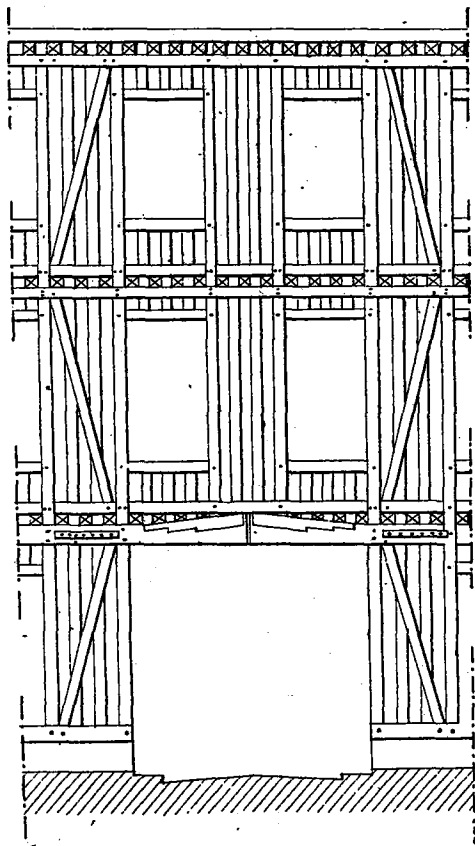


Fig. 413.

représentée en croquis (fig. 408). Sur

un soubassement en pierre ou en petits matériaux, on place une première sablière devant recevoir les assemblages des potelets verticaux et des décharges. Les poteaux corniers sont placés aux différents angles; ce sont les plus fortes pièces des pans de bois. A hauteur du plancher bas du premier étage, on pose une sablière assez forte qui, comme le montre le croquis, doit servir de linteau pour la grande baie du rez-de-chaussée. Au-dessus de cette sablière, le pan de bois se continue jusqu'à une autre sablière placée également au niveau du plancher bas du premier étage. Les solives de ce plancher, comme celles des autres étages, sont comprises entre deux sablières et sont ainsi solidement maintenues. Dans ce croquis, et comme variante, nous donnons au troisième étage

la disposition avec croix de Saint-André au lieu de simples décharges.

Une autre disposition de pan de bois extérieur est indiquée (fig. 413). La simple inspection de la figure en fait comprendre la disposition. Le linteau au-dessus de la porte d'entrée est plus compliqué que dans le cas précédent et nous montre l'application d'une espèce de poutre armée que nous avons étudiée précédemment. Ces deux exemples de pans de bois résumement les diverses variantes qu'on peut combiner pour les pans de bois extérieurs.

### Détails d'exécution

**335.** Une partie très intéressante à étudier dans les pans de bois, c'est

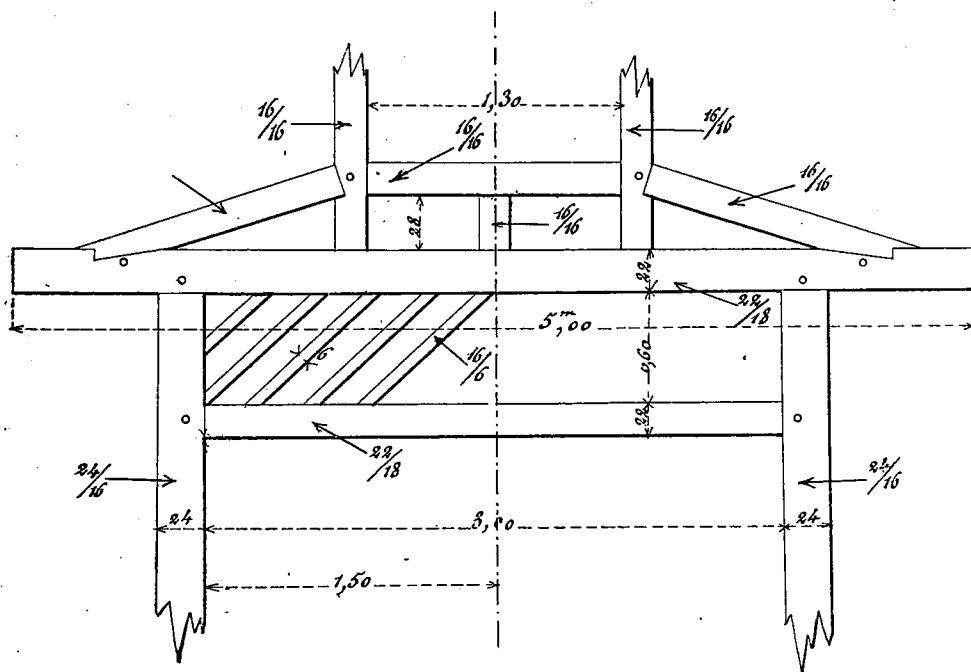


Fig. 414.

le moyen de construire les portes charretières. Les deux croquis précédents nous en montrent bien deux exemples; mais, lorsque la charge est assez grande, il est utile de prendre d'autres dispositions.

La figure 414 donne un exemple de pan de bois avec armature, destiné à une porte d'entrée. L'inspection de la figure fait bien comprendre la disposition à adopter. La figure 415 donne également une autre disposition de porte charretière.

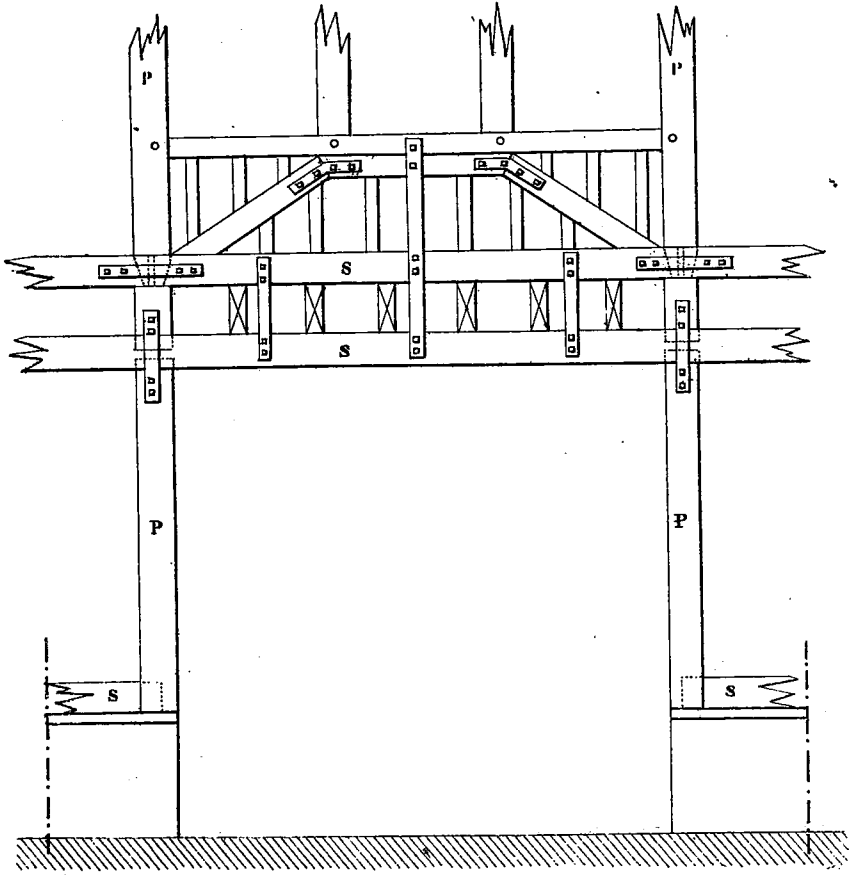


Fig. 415.

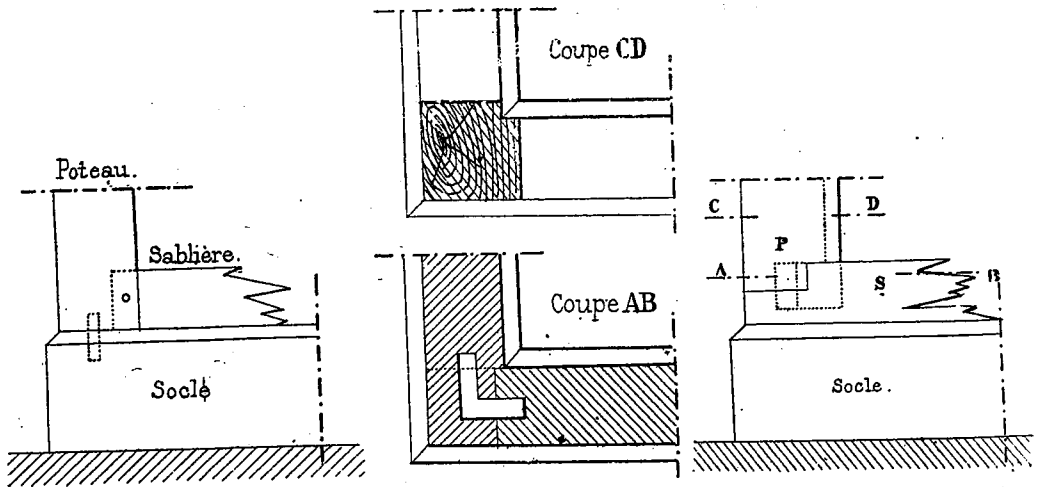


Fig. 416.

Fig. 417.

Dans les pans de bois, l'assemblage des poteaux corniers avec la sablière inférieure peut se faire des deux manières ainsi que l'indiquent les croquis (fig. 416 et 417). Dans le premier cas (fig. 416), l'assemblage est très simple. La sablière

est assemblée avec le poteau cornier par un simple tenon retenu au moyen d'une cheville en bois. Dans le deuxième exemple, l'assemblage est un peu plus compliqué et le poteau repose entièrement sur la sablière basse.

#### § IV. — DISPOSITIONS SPÉCIALES POUR LES APPUIS ET LES BAIES

**336.** Les baies de croisées peuvent, dans les pans de bois, se faire de différentes manières. La figure 418 donne le détail d'une baie avec les noms et les di-

mensions ordinaires des pièces qui entourent cette baie. Dans cette disposition, le poteau cornier de droite est, comme le montre la coupe *a b*, disposé pour rece-

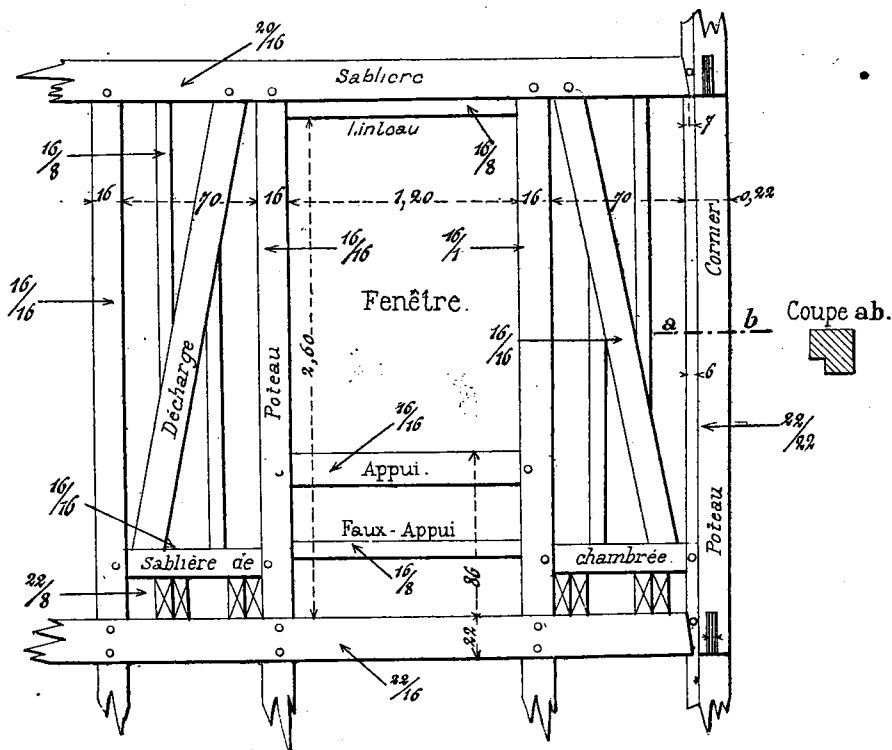


Fig. 418.

voir le retour d'un pan de bois. A la partie haute de l'ouverture, on place un linteau comme le montre le croquis. Ce linteau L peut être posé directement sous la sablière, ou, comme dans l'exemple (fig. 419), placé à une certaine distance. Dans ce cas, pour remplir le vide entre ce

linteau et la sablière, on ajoute une pièce de remplissage R. A la partie basse de la baie, on place un appui et, lorsque cet appui est à une distance trop grande de la sablière inférieure, on met un faux appui comme pièce de remplissage. Dans l'exemple (fig. 419), il n'y a ni appui ni

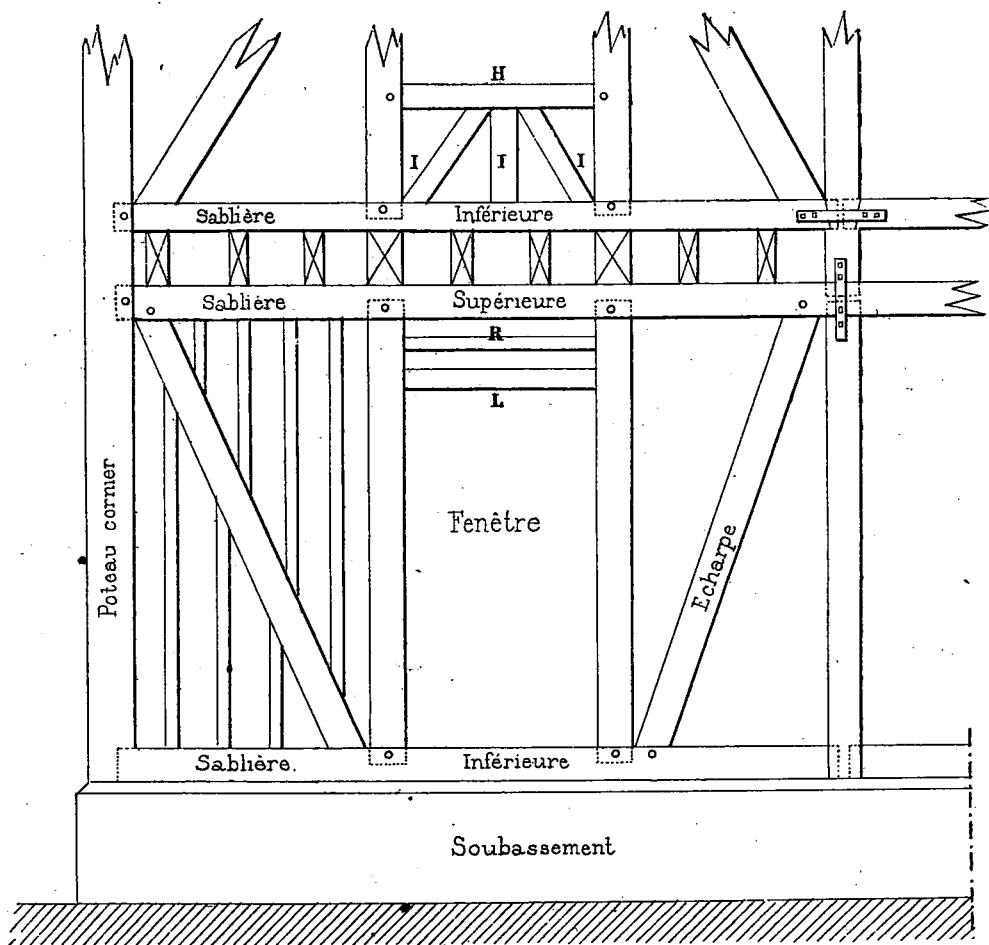


Fig. 419.

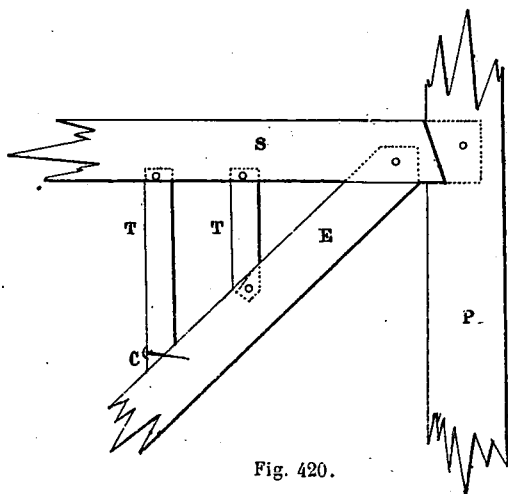


Fig. 420.

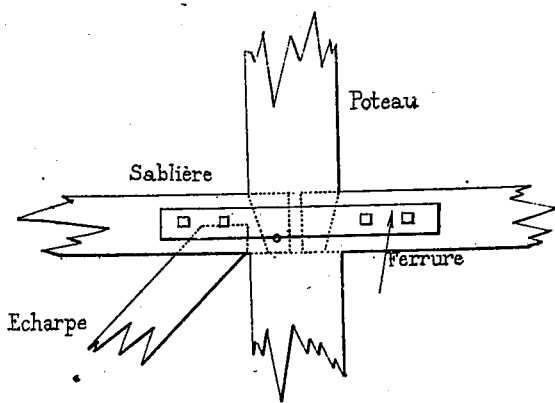


Fig. 421.

aux appui et la baie descend directement jusque sur le socle en maçonnerie. Dans cette même figure, nous trouvons, au premier étage, un autre exemple d'appui de croisée. Cet appui est formé d'une pièce horizontale H soutenue par trois autres pièces I reportant les pressions sur la sablière et servant en même temps de pièce de remplissage.

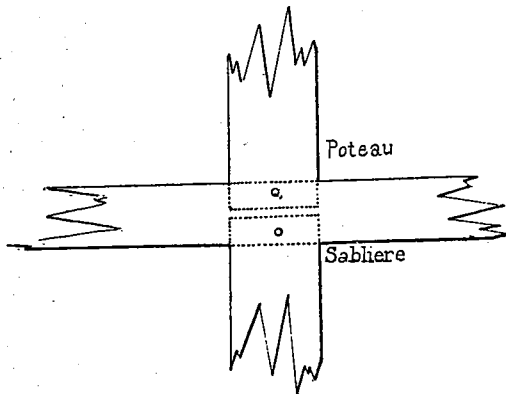


Fig. 422.

l'écharpe, soit au moyen d'un assemblage à *houlicé*, soit simplement avec un clou C.

Les figures 421 et 422 donnent des exemples d'assemblage de poteaux d'huissierie avec des sablières et des écharpes.

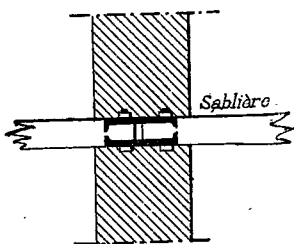


Fig. 424.

Lorsqu'un pan de bois vient buter d'équerre sur un mur mitoyen, on n'encastre que la sablière supérieure S (fig. 423) et on la maintient par un ancrage. Lorsque deux sablières se rencontrent sur un mur, on les assemble comme nous l'indiquons (fig. 424).

### Assemblages des différentes pièces

**337.** La figure 420 donne un exemple de l'assemblage d'une sablière S avec un poteau d'huissierie P, d'une écharpe E avec une sablière; enfin, des tournisses T avec la sablière et l'écharpe. Comme le montre la figure, les tournisses s'assemblent avec

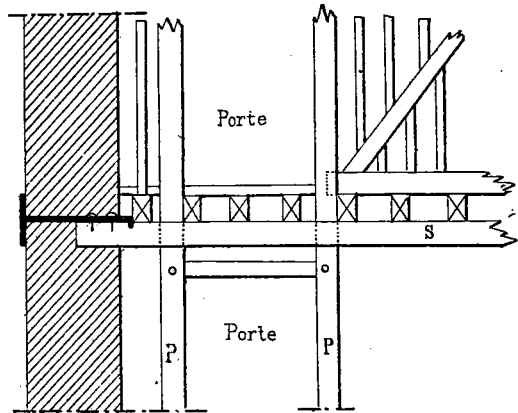


Fig. 423.

### Pans de bois intérieurs

**338.** Les pans de bois intérieurs, ou cloisons de pan de bois, ne diffèrent des pans de bois en façade que par leur épaisseur qui est moindre. Les poteaux d'huissierie ont généralement 0<sup>m</sup>,15; ceux de remplissage, 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,12. Dans ces dispositions de pans de bois à l'intérieur, les matières composant le hourdis sont maintenues par des lattes clouées sur les bois, le tout recouvert de chaque côté d'un enduit en plâtre. Si les cloisons intérieures portent plancher, on donne aux poteaux d'aplomb une épaisseur égale au 1/12 de leur hauteur. Les décharges et les sablières ont une épaisseur plus forte de 0<sup>m</sup>,027 environ. Aux simples cloisons de séparation, qui n'ont pas besoin de monter de fond, on donne des dimensions qui sont moitié des précédentes. Souvent même, on les laisse creuses et on pose seulement un enduit sur des lattes clouées l'une à côté de l'autre sur les poteaux. Lorsqu'une cloison est en porte-à-faux, c'est-à-dire lorsqu'elle

porte simplement sur une sablière A (fig. 425) ayant le vide en dessous, il sera bon de mettre des décharges D reportant la pression sur les murs. Dans un pan de

bois en porte-à-faux, les tournisses ne doivent pas s'assembler à tenons avec les sablières et les décharges. On les cloue simplement sur ces dernières et on emploie

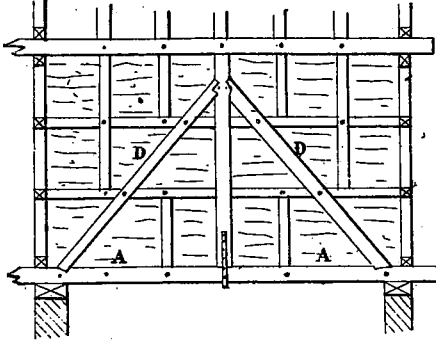


Fig. 425.

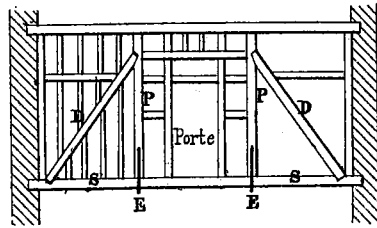


Fig. 426.

des traverses combinées comme remplissage. Lorsqu'il y a une porte dans le pan de bois en porte-à-faux, on prend alors

la disposition donnée par le croquis (fig. 426). Les poteaux P sont reliés à la sablière S à l'aide d'étriers E.

## § V. — DIMENSIONS PRATIQUES ADOPTÉES POUR LES PANS DE BOIS

**339.** La stabilité d'un pan de bois, quelle que soit son épaisseur, fût-il hourdé et ravalé en plâtre, est toujours infiniment moindre que celle d'un mur. On augmente cette stabilité en reliant les pans de bois aux murs mitoyens et aux planchers par des tirants ou des harpons en fer.

Lorsqu'on substitue un pan de bois en charpente à un mur en maçonnerie, ce pan de bois étant hourdé en plâtras et plâtre et ravalé des deux côtés pour ne former qu'une seule pièce, il suffit, en général, de lui donner la moitié de l'épaisseur que devrait avoir le mur qu'il remplace. Pour une cloison légère, qui ne porte pas de plancher,  $1/4$  de l'épaisseur suffit.

L'épaisseur d'un pan de bois élevé de trois à quatre étages est ordinairement de  $0^m,20$  à  $0^m,25$ . Les poteaux corniers ont de  $0^m,25$  à  $0^m,30$  d'équarrissage. Cet équarrissage est le même pour les poteaux formant les piédroits d'une grande ouverture et l'angle des trumeaux dits d'étriers. Les sablières ont de  $0^m,22$  à

$0^m,25$  et les pièces de remplissage, poteaux, tournisses, potelets, guettes, décharges, croix de Saint-André, ont de  $0^m,16$  à  $0^m,19$ .

Quant aux dimensions du poitrail d'un pan de bois, elles doivent être proportionnées à la charge qu'il devra supporter et en rapport avec l'ouverture de la baie. En général, on donne à un poitrail une dimension verticale égale au  $1/12$  environ de la largeur de l'ouverture qu'il couronne.

Quant les cloisons intérieures portent les planchers, les poteaux d'aplomb ou verticaux de ces cloisons doivent avoir une épaisseur égale au  $1/12$  de leur hauteur. Les décharges et les sablières auront une épaisseur plus forte de  $0^m,027$  à  $0^m,030$  que ce douzième. Pour les cloisons séparatives n'ayant pas besoin de monter de fond, il suffit que leurs dimensions soient moitié des précédentes. Pour les rendre plus légères, au lieu de les hourder plein, on se contente de les laisser creuses et on



pose seulement un enduit sur des lattes clouées les unes à côté des autres sur les poteaux. Si les poteaux sont trop espacés l'un de l'autre, on évitera les chances de flexion de ces derniers en les réunissant, en leur milieu ou en d'autres points si cela est nécessaire, par des liernes horizontales.

Pour un pan de bois élevé de quatre à cinq étages, les dimensions pour les parties inférieures seront un peu plus fortes que celles données ci-dessus. Les poteaux d'angle et les poteaux corniers auront de 0<sup>m</sup>,25 à 0<sup>m</sup>,32 d'équarrissage; les sablières, de 0<sup>m</sup>,19 à 0<sup>m</sup>,32; les décharges, guettes, branches de croix de Saint-André, poteaux d'huissierie de portes et de croisées, de 0<sup>m</sup>,18 à 0<sup>m</sup>,21; enfin, les poteaux de remplissage, les tournisses et les potelets auront de 0<sup>m</sup>,16 à 0<sup>m</sup>,18. Ces dimensions peuvent être diminuées de 0<sup>m</sup>,03 pour les bois placés au dernier étage et être réduites à moitié dans les cloisons qui ne sont que des cloisons de distribution intérieure.

Pour terminer la question des quelques dimensions pratiques ordinairement admises pour les pans de bois, nous résumons ci-après, sous forme de tableaux, les dimensions données par Emy dans son traité de l'art de la charpenterie. Ce tableau contient les grosseurs de bois que les praticiens donnent le plus communément au rez-de-chaussée, aux pièces qu'ils emploient dans les pans de bois de 3<sup>m</sup>,25 à 4<sup>m</sup>,00 sous plancher et pour des constructions de trois à quatre étages.

Les pans de bois en façade se montent d'aplomb à l'intérieur; mais, à l'extérieur, ils ont un léger fruit pour résister à la poussée des planchers. Ce fruit permet, à mesure que le pan de bois s'élève, de pouvoir diminuer l'équarrissage des pièces des parties supérieures.

**340.** *Tableau des épaisseurs des pans de bois et dimensions des différentes pièces qui les composent.*

Pans de bois dans des façades de 4 <sup>m</sup> 00 de hauteur. Épaisseur du pan de bois variant de 0 <sup>m</sup> 217 à 0 <sup>m</sup> 244.	
DÉSIGNATION DES PIÈCES DE BOIS	ÉQUARRISSAGE
Poteaux corniers et poteaux de fonds.....	m. m. de 0,244 à 0,271
Poteaux d'étrière.....	0,217 0,244
Sablières hautes et basses.....	0,217 0,244
Poteaux d'huissierie.....	0,189 0,217
Poteaux de remplage ou de remplissage.....	0,162 0,217
Ecartement des poteaux de remplissage.....	0,271 0,325
Guettes, décharges et Croix de Saint-André.....	0,162 0,217
Tournisses et potelets.....	0,135 0,217
Pans de bois intérieurs ou cloisons.....	de 4 <sup>m</sup> 00 de haut. 0 <sup>m</sup> 162 d'ép. au dessus de 4 <sup>m</sup> 00 de hauteur... 0,189 —
Poteaux ne portant pas plancher.....	{ portant plancher Equarr. de 0 <sup>m</sup> 135 à 0 <sup>m</sup> 162 — 0 <sup>m</sup> 108 à 0 <sup>m</sup> 135
Cloisons légères de refend ou en porte-à faux.	Épaisseur de 0,081 à 0,135.

NOTA : Dans ce tableau, nous donnons les épaisseurs des cloisons légères ou en porte-à-faux. Il faut, dans l'installation des pans de bois, éviter autant que possible ce qu'on nomme le porte-à-faux, c'est-à-dire de placer des pans de bois ayant du vide au-dessous et ne portant que par leurs extrémités.

Quand la portée d'un pan de bois n'est pas étendue, on pratique quelquefois le porte-à-faux; mais il faut des précautions spéciales pour ne pas compromettre la solidité du plancher en le faisant fléchir, ce qui entraînerait, pour le plafond qui est au dessous, des gerces et des fendillements. Nous avons donné précédemment dans l'étude des pans de bois, le moyen employé pour soulager les cloisons en porte-à-faux.

## § VI. — FERRURES EMPLOYÉES POUR LA CONSOLIDATION DES PANS DE BOIS

**341.** Les ferrures employées pour la consolidation des pans de bois sont peu nombreuses. Elles consistent :

1° En *plates-bandes* dont nous donnons un croquis (*fig. 427*). Ces plates-bandes, d'un poids moyen de 1<sup>k</sup>,300, sont fixées sur les

pièces de bois à l'aide de clous mariniers. Elles sont surtout employées pour relier des pièces de bois situées dans un même plan ou pour relier les deux parties d'une

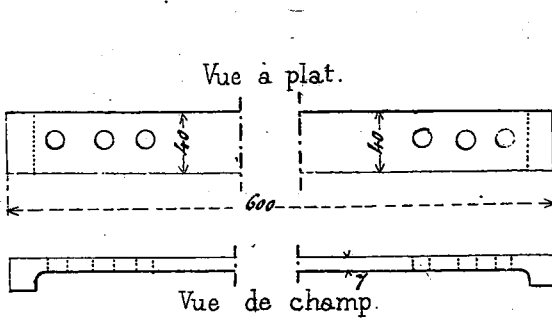


Fig. 427.

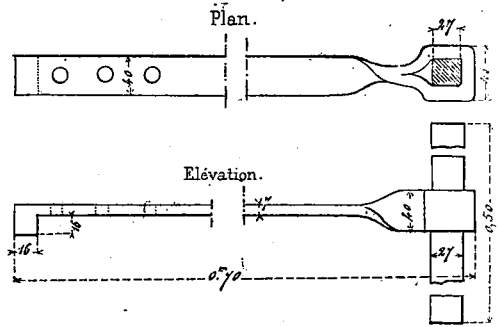


Fig. 428.

pièce coupée dans sa longueur. On les exécute ordinairement, comme le montre le croquis, en fer plat de 40/7 avec talon à chaque extrémité. Ce talon s'encastre

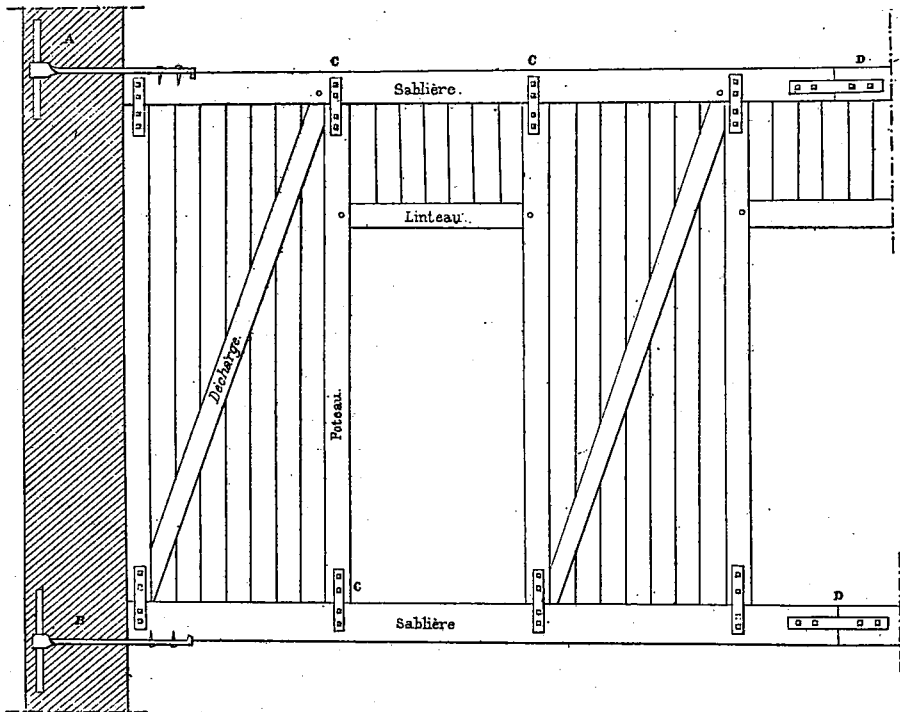


Fig. 429.

dans le bois et empêche les pièces jointes de s'écarter ;

2° En *tirants en fer avec ancrés* servant à relier un pan de bois à un mur. La figure 428 donne l'élevation et le plan d'un tirant à ancre. Ces tirants se font en fer au bois et doivent être bien soudés

pour former l'œil d'extrémité. Leur poids, ancre comprise, est d'environ 6<sup>rs</sup>,00. Ils portent, comme le montre la figure, un talon pour s'assembler avec le bois et éviter de tirer sur les clous mariniers qui les maintiennent ;

3° En *équerrres en fer* de diverses formes.

Quand deux pans de bois se rencontrent, soit d'équerre, soit sous un angle quelconque, on relie leurs plates-formes par des équerres en fer plat de 40/7 et de 0<sup>m</sup>,400 de longueur de branches avec talons à chaque extrémité. Ces équerres sont fixées sur les pièces de bois à l'aide de clous mariniers.

Nous donnons (*fig. 429*) le croquis d'une partie de pan de bois montrant l'emploi des plates-bandes et des tirants à ancre.

En A et en B se trouvent des tirants à ancre fixés sur les sablières haute et basse et scellés dans le mur. En C, nous voyons les diverses applications des plates-bandes réunissant des pièces de bois placées dans un même plan. En D, la réunion par des plates-bandes de deux pièces de bois placées bout à bout. On se sert également d'étrier en fer dont nous avons donné les différentes formes dans l'étude des planchers.

## § VII. — REMPLISSAGE DES PANS DE BOIS

**342.** La construction d'un pan de bois se divise en deux parties bien distinctes. La première, qui consiste à mettre les bois en place de manière à former pour ainsi dire la carcasse du pan de bois, rentre dans les attributions du charpentier. La seconde, qui comprend le remplissage, le lattis, le hourdis et le ravalement, est faite par le maçon. C'est de cette dernière partie que nous allons parler.

Les pans de bois sont presque toujours construits sur des socles en pierre de taille ou en maçonnerie de petits matériaux reposant sur une fondation en bonne maçonnerie de moellons de meulrières ou de briques hourdées en mortier de chaux. Le remplissage des intervalles des bois placés sur ce socle ou parpaing se fait de différentes manières :



Fig. 430.

Pour l'extérieur, le meilleur procédé consiste à rainer les poteaux sur le champ, comme l'indique le croquis (*fig. 430*), ou, ce qui est moins bon mais plus économique, à clouer des tasseaux sur toute la longueur des poteaux, comme le montre la figure 431, et à



Fig. 431.

construire, dans le vide laissé entre deux poteaux, une cloison en briques, revêtue d'un enduit à l'intérieur et à l'extérieur affleurant les deux faces du pan de bois, ou, ce qui est préférable, un enduit à l'intérieur et les matériaux, régulièrement disposés, restant apparents à l'extérieur. Il en résulte un aspect très

agréable, comme on peut l'observer dans nos anciennes villes de Normandie, de Bretagne, et d'Alsace. Paris même était presque entièrement bâti en pans de bois. C'est seulement au commencement du XVII<sup>e</sup> siècle qu'on a commencé à construire en pierres des habitations particulières.

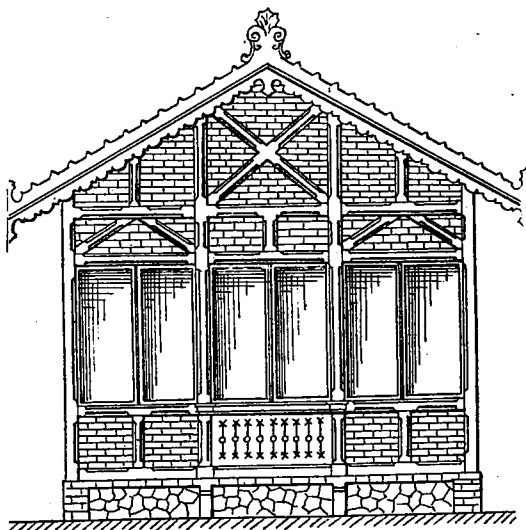


Fig. 432.

Les maisons de la place Dauphine passaient pour les plus anciennes. Nous donnons (*Fig 432*) un exemple de construction moderne faite en pan de bois apparent, avec remplissage en briques, telle qu'il en est fréquemment établi dans les dépendances de grandes propriétés. Ce

Le système est le plus favorable à la conservation des bois et le plus convenable à tous égards ; mais, il exige des bois bien équarris, ce qui augmente notablement la dépense.

Pour l'intérieur, lorsque la charpente du pan de bois est établie, on procède de la manière suivante pour le remplissage des intervalles. On cloue sur l'une des faces du pan de bois des lattes espacées entre elles de 0<sup>m</sup>,06 à 0<sup>m</sup>,11 comme le montre la figure 433. On remplit ensuite l'épaisseur du pan de bois avec des plâtras blancs (1), des recoupes de pierres ou des déchets de moëllons hourdés avec du gros plâtre en ayant soin que le plâtre du hourdis affleure le lattis, puis on place un lattis du côté où le hourdis a été fait, comme sur l'autre face. Afin de bien maintenir les plâtras et le plâtre, on larde les tournisses et les poteaux de clous à bateaux comme le montre la figure 433. Le hourdis étant achevé et les lattes posées, le maçon, après avoir nettoyé la poussière et arrosé le hourdis, procède au *gobetage*, opération qui consiste à appliquer du plâtre liquide sur le lattis, avec un balai ou avec la main. Le gobetage terminé et sec, le maçon continue le pan de bois en crépissant les deux côtés, c'est-à-dire en appliquant, sur chaque face, un crépi qui se fait avec du plâtre gâché plus serré. Ce crépi se jette à la main et s'étend avec le côté de la truelle, afin que sa surface, restant raboteuse, l'enduit ou dernière couche terminant le *ravalement* adhère mieux.

L'enduit se fait avec du plâtre fin passé au tamis de crin, tandis que le crépi s'exécute avec du plâtre écrasé passé au panier.

D'après Larocque et Claudel, pour exécuter un mètre carré de pan de bois de 0<sup>m</sup>,18 d'épaisseur hourdé en plâtras avec plâtre et latté, crépi et enduit des deux côtés, il faut :

9 lattes clouées à 0<sup>m</sup>,18 de vide entre elles.

(1) Dans les constructions soignées, il faut éviter l'emploi de plâtras noirs poussant au bistre en très peu de temps et qui ont l'inconvénient de tacher les enduits en leur communiquant une couleur jaunâtre. Ces plâtrages doivent être rejetés pour la construction des pans de bois, à moins, cependant, que ces pans de bois ne fassent partie de bâtiments de peu d'importance.

5 décagrammes de clous d'épingle de 0<sup>m</sup>,027.

0<sup>m</sup>,080 de plâtras blancs.

0<sup>m</sup>,020 de plâtre pour hourder les plâtras.

0<sup>m</sup>,040 de plâtre pour les deux crépis et enduits, de chacun 0<sup>m</sup>,02 d'épaisseur.

2 h, 10 d'un maçon avec son garçon, y compris échafauds partiels.

Pour les pans de bois à pièces de charpente apparentes, il n'y a que le remplissage, le hourdis et l'enduit des deux faces à compter. Pour l'exécution de ces pans de bois, on réserve sur la face des pièces de bois, une retraite de 0,025, pour la

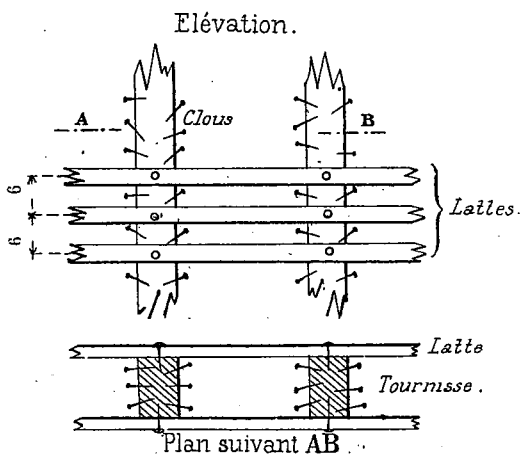


Fig. 433.

place de l'enduit qui doit venir affleurer les poteaux d'huissierie. Il est indispensable, dans l'exécution des enduits des pans de bois, d'obtenir une surface bien plane et bien unie, on arrive à ce résultat en se servant de la truelle brettée.

Dans certaines cloisons en pan de bois, on supprime le hourdis entre les pièces de bois qui forment la charpente. Dans ce cas, le lattis doit être jointif et on applique successivement dessus le gobetage le crépi et l'enduit comme nous l'avons indiqué précédemment.

### Revêtements en planches sur pans de bois.

**343.** On exécute aussi des pans de bois sans hourdis et sans lattes en plaçant d'un poteau à l'autre, des revête-

ments en planches qui peuvent s'exécuter de différentes manières. Les planches peuvent être, comme le montrent les deux dispositions (fig. 434) assemblées dans des rainures ou des feuillures pratiquées dans

les poteaux montants ou simplement clouées contre les pièces de charpente. Elles s'assemblent elles-mêmes à plat joint ou à rainures et languettes. Ces planches peuvent être placées verticale-

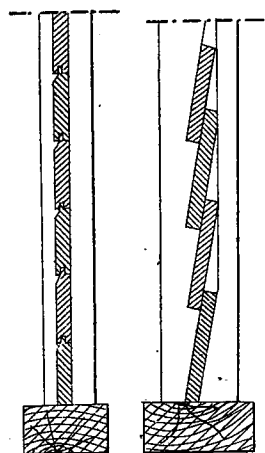


Fig. 434.

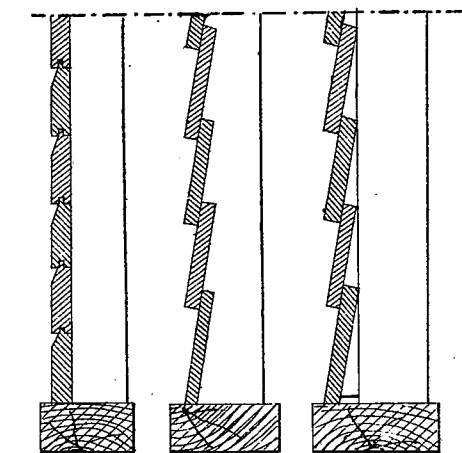


Fig. 435.

ment ou horizontalement. Dans ce dernier cas, elles sont assez fréquemment posées en recouvrement l'une sur l'autre. La figure 435 donne plusieurs dispositions à adopter.

Dans les pays froids, on fait souvent un

double revêtement en planches : un à l'extérieur, l'autre à l'intérieur. L'intervalle laissé libre entre ces deux revêtements est alors rempli de terre pilonnée ou de sable.

## § VIII. — DES LUCARNES EN BOIS

## I. — Définitions et notions générales.

**344.** On donne ordinairement le nom de *lucarne* à une ouverture pratiquée dans le rampant d'un comble pour éclairer ou pour aérer une chambre ou un grenier ménagé sous le toit. On dit aussi que *c'est une fenêtre verticale en saillie sur la pente d'un toit.*

Nous plaçons l'étude des lucarnes avec celle des pans de bois parce que, comme nous allons le voir, les lucarnes sont de véritables petits pans de bois.

Les lucarnes datent du XIII<sup>e</sup> siècle. On les fit alors, soit avec devanture en maçonnerie, soit entièrement en charpente apparente, recouverte de plomb ou d'ardoises. Au XV<sup>e</sup> et au XVI<sup>e</sup> siècle, les lucarnes ont joué un grand rôle dans la décoration des façades. Sur les immenses combles en ardoises de cette époque, on élevait alors de gigantesques lucarnes de pierre découpée, entourées de clochetons et de balustrades du plus merveilleux effet. Les lucarnes du palais de Justice de Rouen passent, à bon droit, pour des chefs-d'œuvre de ce genre. Il existe aussi de très belles lucarnes décoratives, soit en pierre, soit en charpente, à l'hôtel Cluny, à l'hôtel de Jacques - Cœur à Bourges, etc.

Dans les grandes villes, notamment à Paris, la construction et l'emplacement des lucarnes sur les toits sont soumis à des règlements qu'il est utile de connaître. En vertu du décret du 27 juillet 1859, la façade extérieure des lucarnes à établir dans un comble doit être placée en arrière du parement extérieur du mur de face donnant sur la voie publique et à une distance d'au moins 30 centimètres. Les lucarnes ne peuvent s'élever, y compris leur toiture, à plus de 3 mètres au-dessus de la base des combles. Leur largeur ne peut excéder 1<sup>m</sup>,50 hors œuvre. Les intervalles compris entre deux lucarnes auront au moins 1<sup>m</sup>,50, quelle que soit la largeur de

ces ouvertures. La saillie de leur corniche ne doit pas dépasser 0<sup>m</sup>,15. Dans certains cas, on peut établir un second rang de lucarnes, mais en se renfermant toujours dans le périmètre fixé par les règlements de voirie.

## II. — Principaux types de lucarnes, noms des pièces qui les composent.

**345.** Les lucarnes en charpente apparentes sont, tantôt de petites dimensions

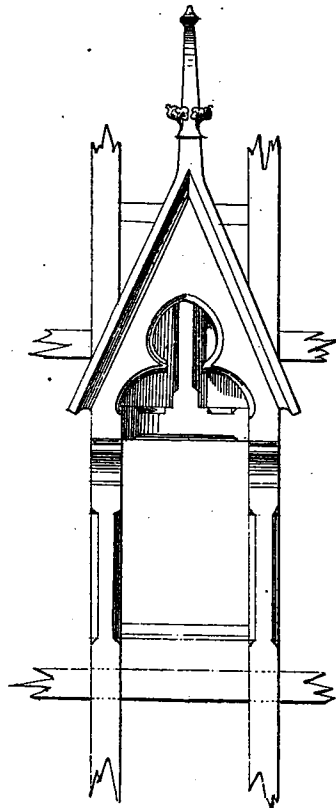


Fig. 436.

et constituent alors de simples *chiens-assis* destinés à éclairer les combles (fig. 436),

tantôt de véritables fenêtres. En général, les lucarnes sont composées de deux portions triangulaires en pans de bois, qu'on nomme *joues* ou *jouées*, assemblées dans les chevrons latéraux de l'ouverture, appelés *chevrons de jouées* et auxquels on donne plus d'épaisseur qu'aux autres chevrons. Les jouées de la lucarne supportent le toit de la baie, terminée sur le devant par un châssis dormant qui forme, du côté de la façade, une fenêtre pouvant être fermée par des châssis vitrés ou par des volets. Pour le passage de la lucarne, on coupe les pannes en face des jouées

des *noulets*, tandis que les deux autres aboutiront au long des sablières de jouée.

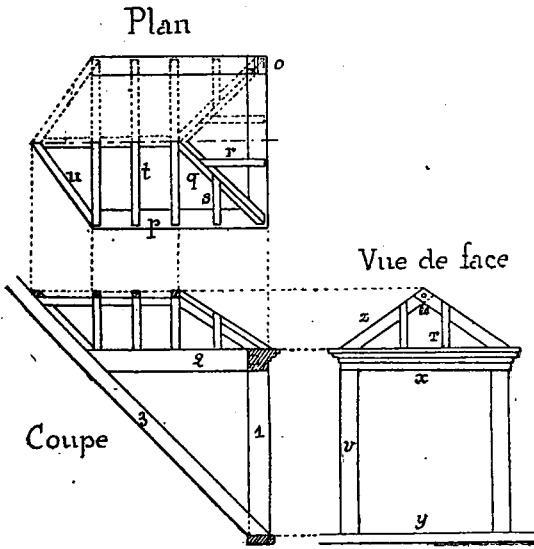


Fig. 437.

et, si les fermes sont trop écartées pour qu'on puisse laisser sans soutien les bouts de la pièce qui restent en bascule, on assemble ces extrémités de la panne dans deux *linçoirs* établis sous les chevrons portant sous les jouées de la lucarne. Ces linçoirs s'assemblent dans la panne et portent sur les blochets de sablière ou sur la sablière elle-même.

La lucarne, dont nous donnons le croquis (fig. 437), est dite à la *capucine*. Ces sortes d'ouvertures se pratiquent sur le rampant des combles et on a soin que la disposition des chevrons soit telle que l'un d'eux s'arrête en haut, à la jonction

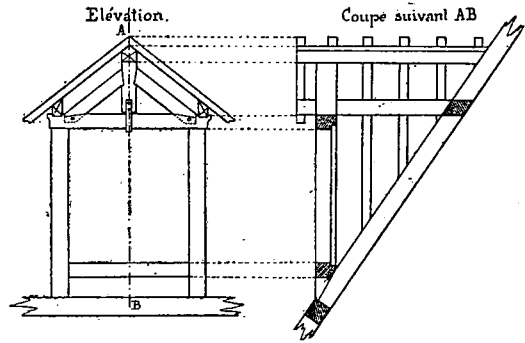


Fig. 438.

Les principaux noms des pièces sont :  
*o*, poteaux sur la plate-forme;  
*p*, sablière de jouée;  
*q*, arêtier;  
*r*, empanon de croupe;  
*s*, empanon de long pan;  
*t*, fermette;  
*u*, noulets ou chevalets.

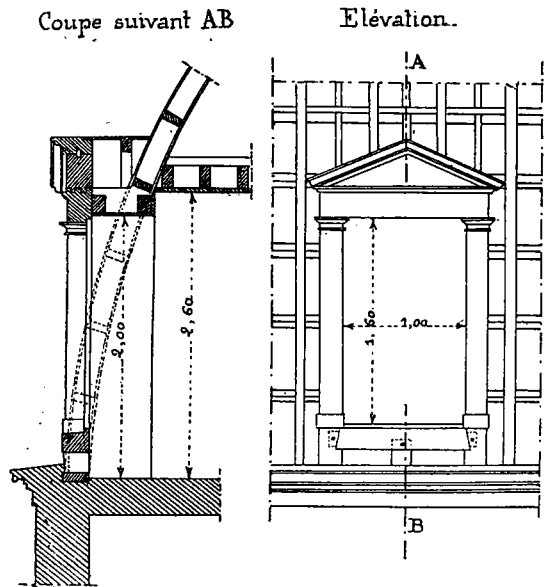


Fig. 439.

La vue de face de la lucarne montre, en *v*, l'élévation du poteau; en *x*, le chapeau de la lucarne; en *y*, la plate-forme;

en *z*, la fermette; en *r*, l'empanon de croupe. La coupe ou vue de profil de la lucarne montre : en 1, le poteau; en 2, la sablière de jouée; en 3, le chevron de jouée.

Ces lucarnes, dites à la *capucine*, ne sont

pas toujours pourvues, comme le montre la figure 437, d'une croupe sur le devant. Ordinairement, cette croupe n'existe pas et la lucarne prend la forme donnée par la figure 438. Cette lucarne se nomme alors *lucarne à chevalet*.

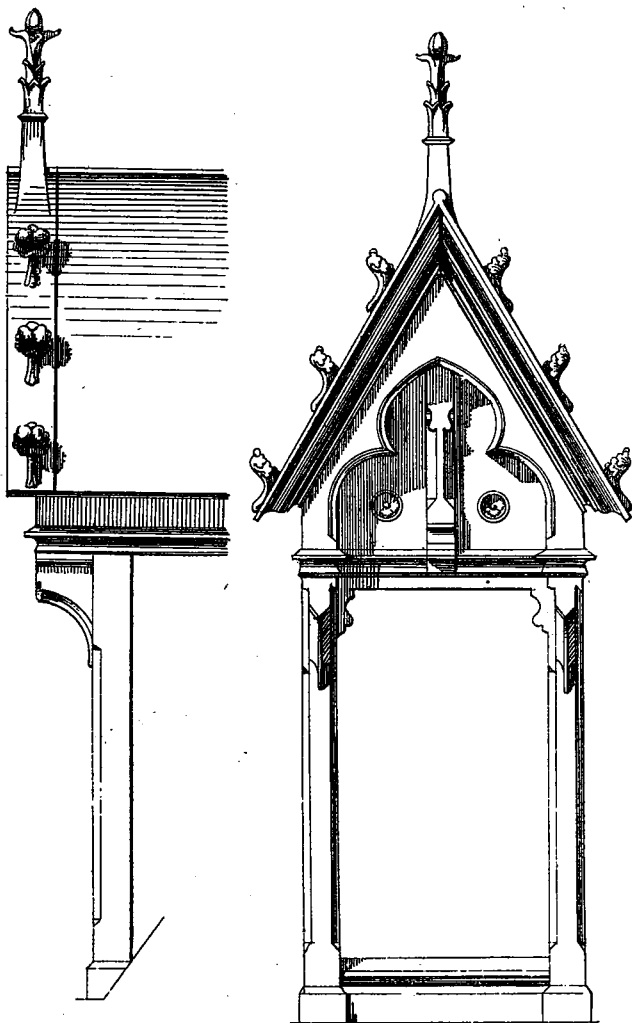


Fig. 441.

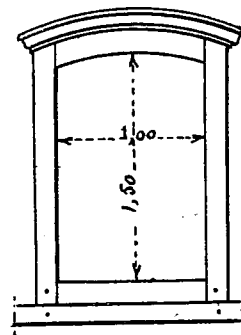


Fig. 440.

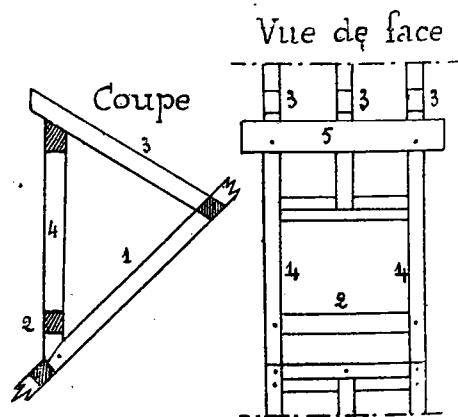


Fig. 442.

On distingue encore :

1° La *lucarne flamande* ou à fronton triangulaire dont la figure 439 donne un exemple;

2° La lucarne avec *fronton cintré*, appelée aussi *lucarne bombée* (fig. 440), lorsque le toit suit la courbure du fronton.

(Ces lucarnes sont souvent soutenues

latéralement par des contreforts en consoles renversées).

3° Les *lucarnes à toit saillant*, dont nous donnons un exemple (fig. 441), avec cha peau et consoles en bois découpé;

4° Les *lucarnes retroussées*, ou à *demoiselle*, employées sur les toits de peu d'importance et représentées en croquis.



(fig. 442). En 1, chevrons de jouée; en 2, appui; en 3, chevrons; en 4, poteaux; en 5, chapeau;

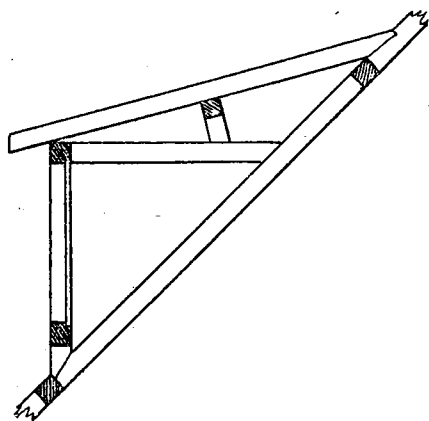


Fig. 443.

5° Les *lucarnes rampantes*, dont le comble est plat et suit une inclinaison di-

rigée dans le même sens que celle du grand comble (fig. 443).

Dans les greniers, on établit souvent des lucarnes permettant une entrée facile aux marchandises montées de la partie basse du bâtiment. Une lucarne de ce genre est indiquée en croquis (fig. 444). Ces lucarnes font ordinairement saillie sur la façade du bâtiment et sont munies d'un palier souvent soutenu par des consoles en bois ou en fer. On ajuste à la charpente de la lucarne une poulie P qui sert à monter les fardeaux.

On donne encore le nom de lucarne aux ouvertures rondes ou ovales pratiquées dans un comble et connues sous le nom d'*œil de bœuf*.

Dans la construction des lucarnes, on donne le nom de *guitare* à un assemblage de charpente composé surtout de pièces courbes. Cet assemblage est employé pour soutenir les toits en saillie des lucarnes ou pour empêcher la pluie, poussée par le vent, de pénétrer dans une fenêtre.

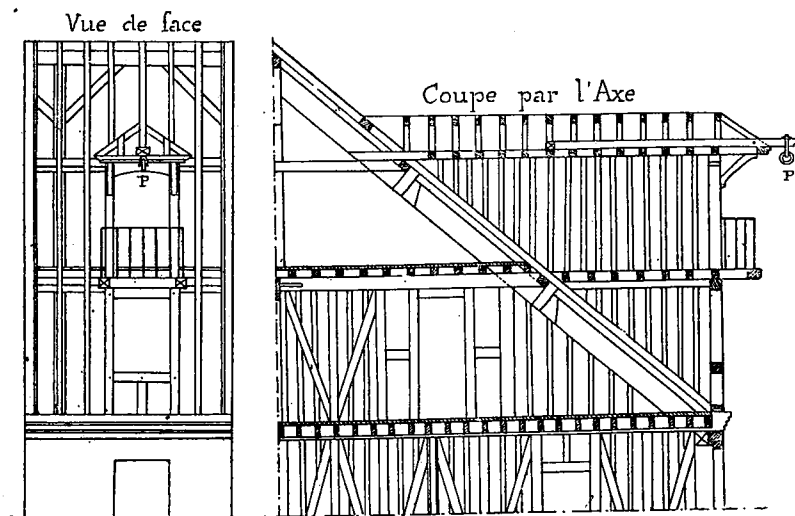


Fig. 444.

Afin de bien faire comprendre les différentes positions des pièces d'une lucarne, nous donnons (fig. 445), la perspective cavalière d'une lucarne en bois montrant bien la position relative de chacun des bois. Le toit de cette lucarne et le comble nous fournissent un exemple de pénétra-

tion de deux toits n'ayant pas même hauteur. Lorsque le faitage de la lucarne ne correspond pas à une panne, on fait, comme le montre la figure, un gousset entre deux pièces assemblées d'une panne à une autre, dans lesquelles s'assembleront aussi les pannes coupées par la

lucarne. Ces pièces jouent le même rôle | sembleront les poteaux des deux faces  
que les chevêtres. C'est sur elles que s'as- | latérales.

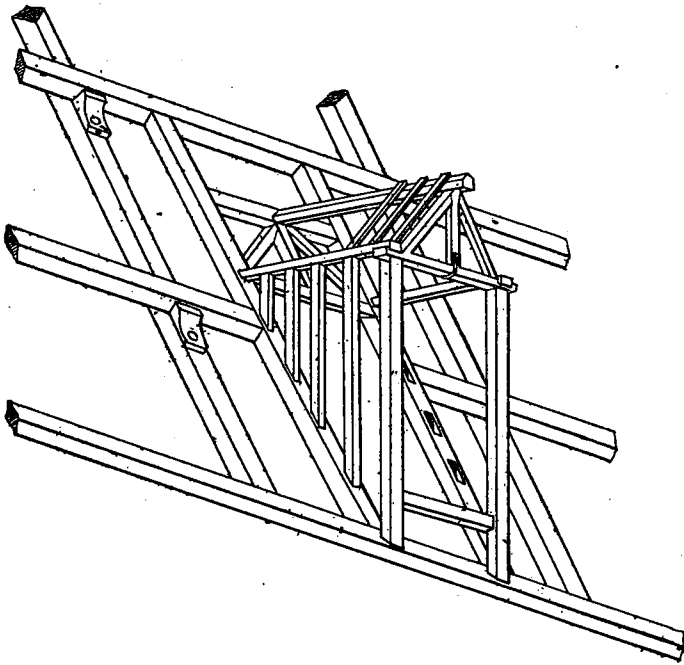


Fig. 445.

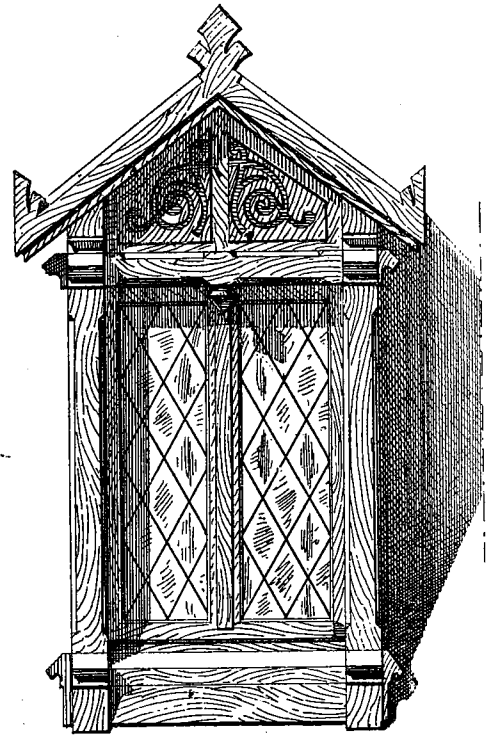


Fig. 446.

Enfin la figure 446 donne un type de lucarne qu'on exécute le plus souvent dans les petits chalets en bois découpé des environs de Paris.

### III. — Détails d'exécution des lucarnes en bois. — Assemblages.

**346. I. — Lucarne rentrante.** — Nous prendrons, comme premier type, la lucarne qui est représentée en coupe verticale et en plan (fig. 447). Cette figure présente un exemple de *lucarne rentrante* qu'on exécute presque toujours dans les maisons à loyer de Paris. Elle offre l'avantage de donner des pièces carrées dans l'intérieur des appartements. Elle se compose de deux poteaux verticaux *e* ayant un équarrissage de 0,16 sur 0,16; d'un chapeau *h* composé de deux

pièces boulonnées et moulurées suivant les besoins de la décoration du bâtiment; d'une traverse en bois *i* de  $\frac{16}{12}$  servant d'appui. Cet ensemble repose sur une sablière *s* posée sur le plancher. Afin de relier la lucarne au mur de face, on exécute ce qu'on nomme un *terrasson*, lequel est formé de cinq pièces de bois *a* dont nous donnons le détail. Ces pièces de bois sont fixées, d'un côté, sur une traverse *b* maintenue sur les poteaux et, de l'autre, clouées sur une petite sablière *g* qui est elle-même soutenue en son milieu par une pièce de bois *f* ayant 0,30 de longueur et reposant sur une sablière *c*. Cette dernière, placée sur le mur de face, reçoit les abouts de tous les chevrons du comble. En *d*, se trouvent les chevrons de jouées ayant un équarrissage de  $\frac{12}{8}$ . De petits potelets *x* servent au remplissage des jouées. La lucarne est maintenue sur le



une ferrure de forme spéciale représentée en *f*. La même figure nous montre, en *x*, l'assemblage du lincoir et du chevron de jouée. Elle nous fait voir aussi, l'assem-

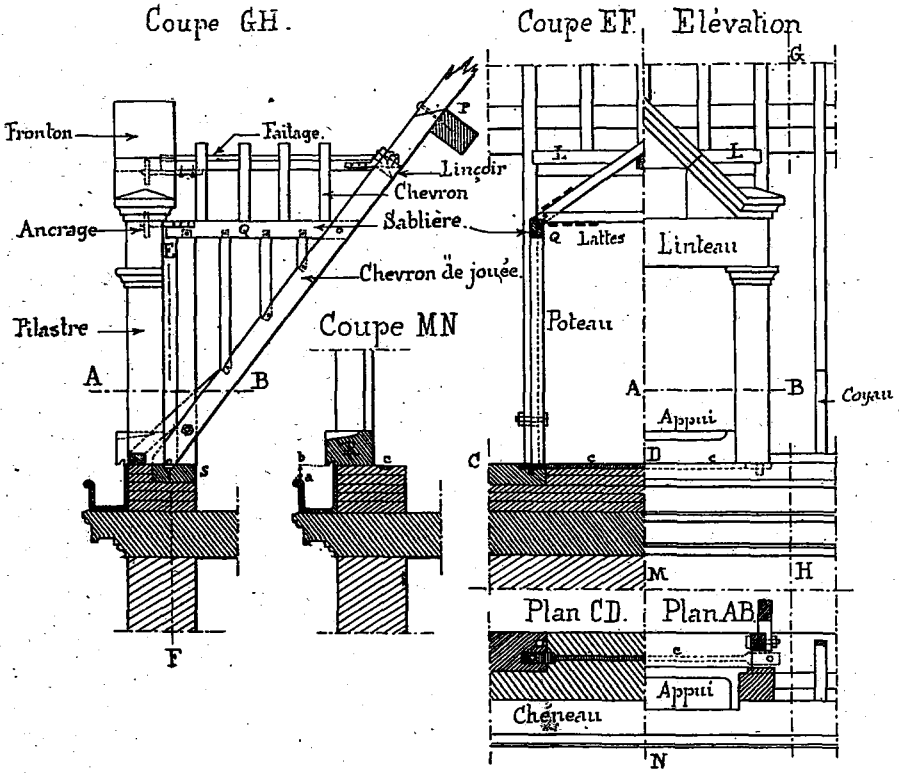


Fig. 448.

blage à mi-bois de la sablière et du chevron de jouée.

La figure 450 nous montre comment se fait l'encastrement du faitage dans le

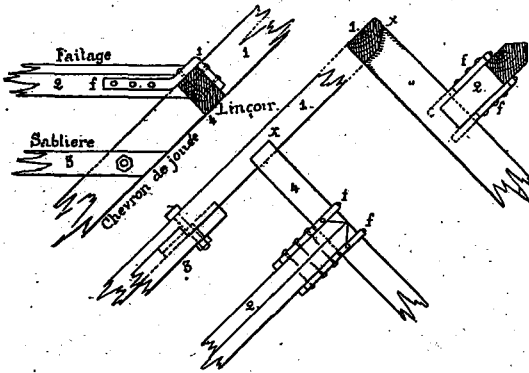


Fig. 449.

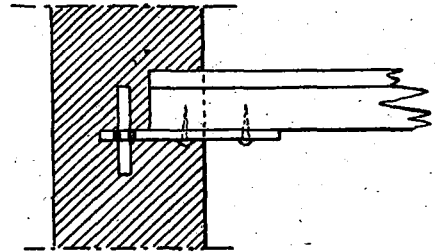


Fig. 450.

fronton en pierre et le moyen de chaînage à employer:

349. Assemblage d'un chevron de jouée et d'un poteau. — La figure 451 montre, en croquis, comment se fait l'assemblage du chevron de jouée et du poteau. Les trois

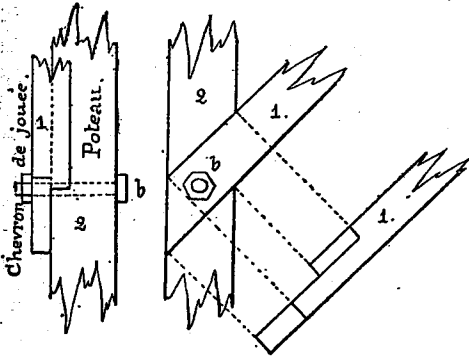


Fig. 451.

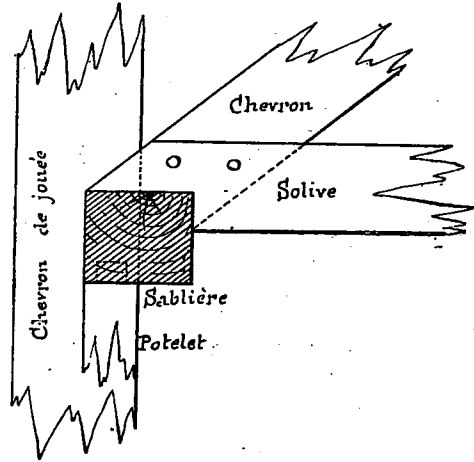


Fig. 452.

projections que nous donnons suffisent pour faire bien comprendre cet assem-

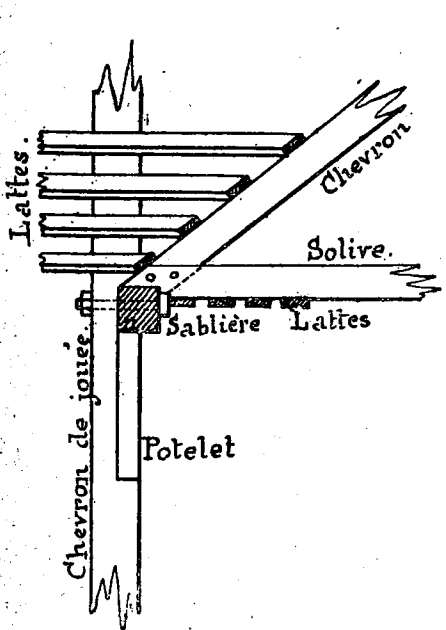


Fig. 453.

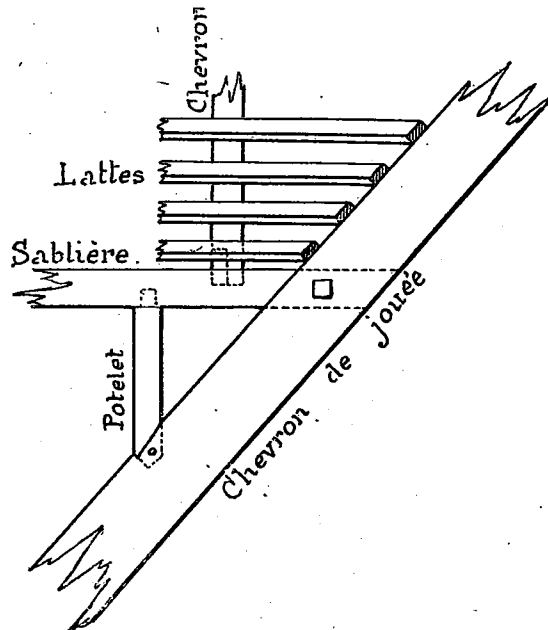


Fig. 454.

blage. Les deux pièces sont maintenues rigides par un boulon b. La figure 452

montre l'assemblage de la solive et des

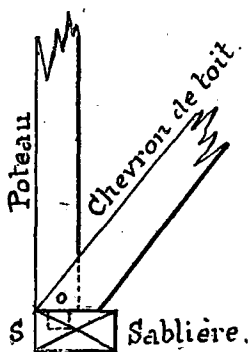


Fig. 455.

chevrons du toit de la lucarne sur la sablière Q (fig. 448).

Enfin, les figures 453, 454, 455 et 456, donnent les autres assemblages utiles pour bien faire comprendre la compo-

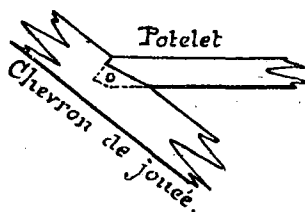


Fig. 456.

sition de la charpente de la lucarne. Ces assemblages étant très simples, nous n'insisterons pas davantage.

## CHAPITRE IV

### ESCALIERS EN BOIS

#### § I. — DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES

**350.** On donne le nom d'*escaliers* à des constructions composées de plans horizontaux, formant des degrés élevés les uns à la suite des autres et sur lesquels on pose le pied, en montant ou en descendant, pour communiquer aux différents étages d'un bâtiment. Ces degrés sont aujourd'hui connus sous le nom de *marches*.

Les escaliers servant à monter au sommet des édifices religieux du moyen âge étaient souvent installés dans des tourelles intérieures ou extérieures et ajourées. Ils étaient parfois pratiqués dans l'épaisseur des murailles.

Les escaliers des châteaux de la Renaissance sont de véritables merveilles au double point de vue de l'art et de la construction. Il suffit de citer le célèbre

escalier de Chambord et l'escalier extérieur du palais de Fontainebleau.

Au xvii<sup>e</sup> et au xviii<sup>e</sup> siècle, on trouve aussi des escaliers d'une habileté de coupe et d'une hardiesse remarquables. Enfin, au xix<sup>e</sup> siècle, l'escalier du grand Opéra doit être cité pour son superbe développement, la beauté et la richesse des matériaux qui y ont été employés.

Il existe quelques principes généraux qui s'appliquent indistinctement à toutes sortes d'escaliers de quelques matériaux qu'ils soient exécutés.

L'escalier doit être situé à peu de distance de l'entrée de la maison. Son extension doit être en rapport avec l'usage auquel il est destiné et, principalement, assez vaste pour permettre le passage des

objets d'ameublement qui doivent y entrer. Il doit non seulement être construit solidement, mais, en même temps, avoir aussi l'apparence d'une sérieuse solidité, caractère principal de cette partie la plus fréquentée du bâtiment.

L'entrée d'un escalier doit se présenter dans de bonnes conditions à la personne qui y arrive. Pour que son ascension soit facile, il faut placer la main courante à la droite de la personne qui monte et que la courbure de l'escalier soit aussi tournée du même côté, afin que l'ascension se fasse en tournant à droite.

Les paliers de repos, quand on ne peut pas les éviter, doivent être éclairés; mais la lumière est encore plus essentielle aux paliers d'arrivée, où est placée l'entrée des appartements. Le contour de la ligne de giron est toujours plus agréable à parcourir quand il est arrondi, que quand il est angulaire. Les plafonds lisses conviennent principalement aux petits escaliers, mais le travail en doit être proprement soigné, car les moindres imperfections ou défauts sont trop visibles, principalement quand on descend.

La décoration des escaliers doit être simple, avec des ornements ayant peu de relief. Il faut adoucir les angles rentrant. On proscrie presque toujours les poteaux et noyaux pleins, parce qu'ils ont de la ressemblance avec les étalements et que, avec eux, il est plus difficile d'atteindre une forme élégante et agréable. Les statues ornent très bien les grands escaliers.

Comme nous le verrons plus loin, l'escalier peut être simplement composé de marches (les paliers de repos et ceux d'arrivée pouvant être considérés comme des marches ayant une grande surface horizontale) ou de marches soutenues, soit avec des noyaux, soit avec des limons; mais, à toutes les sortes d'escaliers dits *avec noyaux à jour*, il faut un garde-corps ou appui, nommé *rampe*, composé de balustres ou de barreaux.

Il faut apporter à la conception, à la position et à l'exécution des escaliers un soin tout particulier; car, de leur perfection, dépendent la sécurité et la commodité des habitants d'une maison. Souvent, on a l'habitude de négliger de donner aux

escaliers les dimensions indispensables pour les rendre convenables. Il ne faut pas, dans l'étude d'un plan de maison et surtout dans la mise au net et à l'échelle, laisser en blanc l'emplacement de l'escalier en écrivant, dans le rectangle réservé, le mot *escalier*; mais, au contraire, y tracer les marches et voir s'il y a assez d'espace pour le développement de la quantité de marches nécessaires, afin de passer du rez-de-chaussée au premier étage et de celui-ci aux autres étages, etc.

Dans les constructions neuves, on peut facilement choisir la forme et les dimensions de la base de l'escalier à exécuter. Dans ceux qu'on appelle *escaliers imprévus*, il est rare qu'on ait la même faculté. La destination de l'escalier, les localités ou les conditions demandées par le propriétaire, etc., seront, dans ce cas, la règle que doit suivre le constructeur pour créer son plan.

La forme d'un escalier et sa disposition dépendent, en général, des localités et des points de départ et d'arrivée auxquels cet escalier est assujéti. Aussi, les seules règles fixes qu'on puisse donner à ce sujet sont-elles fort restreintes et ne peuvent guère concerner que l'entendement général de leur disposition et les dimensions des diverses pièces qui les composent, mais qui sont le moins susceptibles de varier, comme, par exemple, la forme, la hauteur et la largeur des marches ou girons et des contre-marches.

Dans les pays où le bois est abondant et à bon marché, on exécute quelquefois les escaliers avec des marches pleines. Ces marches sont évidemment préférables à celles qui sont composées de plusieurs parties parce qu'elles sont moins susceptibles de *jouer* ou de *se gauchir*. Leur prix augmente en raison de leur cube; mais, lorsqu'il s'agit de bien faire et d'avoir de bonnes constructions, cette considération ne saurait être un motif suffisant pour faire employer préférablement les marches non pleines qui sont composées de planches alternativement verticales et horizontales. Dans les maisons ordinaires où l'économie doit entrer en ligne de compte, on fait toujours les marches non pleines; il faut alors, pour avoir un

bon travail, faire le giron d'un seul morceau et ne pas lui donner moins de 0<sup>m</sup>,034 d'épaisseur. Quant à la contre-marche, son épaisseur minima doit être de 0<sup>m</sup>,027.

Les marches pleines se soutiennent les unes et les autres par leur simple coupe. Dans ce cas, le limon fait en quelque sorte partie de la marche.

Dans les constructions rurales et dans les usines, on n'emploie que les escaliers droits, car les escaliers tournants sont difficiles à franchir et mêmes dangereux

pour des hommes chargés de fardeaux. La largeur de ces escaliers varie de 0<sup>m</sup>,75 à 1<sup>m</sup>,00. Cette dernière dimension est nécessaire pour le passage d'un homme chargé d'un fardeau.

Les escaliers droits peuvent être construits, soit d'une seule volée, c'est-à-dire monter d'une seule pièce à l'étage supérieur, soit à plusieurs volées, c'est-à-dire qu'ils sont coupés en deux ou trois sections par de petits planchers droits servant de repos et qu'on nomme *paliers*.

## § II. — PRINCIPAUX TERMES EMPLOYÉS DANS L'ÉTUDE ET DANS LA CONSTRUCTION DES ESCALIERS

### I. — Marches.

**351.** On donne, dans un escalier, le nom de *marche* à la partie horizontale sur laquelle on pose le pied. La première marche se nomme *marche de départ*; la dernière, *marche d'arrivée*. La marche qui correspond à la hauteur d'un palier se nomme *marche palière*. La première marche d'un étage intermédiaire, placée immédiatement au-dessus du sol d'un palier, est la *marche de remonloir*.

#### DIFFÉRENTES PARTIES D'UNE MARCHÉ

**352.** Dans une marche, on distingue :

- 1° la *contre-marche* qui en forme le devant;
- 2° le *giron* qui est le dessus, où l'on pose le pied ;
- 3° l'*emmarchement* ou la largeur de la marche.

On peut donc distinguer à chaque marche, trois surfaces principales :

1° L'horizontale A (fig. 457) qui est toujours plane et que nous avons désignée sous le nom de *giron* ;

2° La surface verticale B, connue sous les différents noms de *pas*, *devant de la marche*, *hauteur de la marche* ou *contre-marche*, qui peut être plane, B, ou courbe dite *entrée en plan*, C. Lorsqu'une partie seulement est courbe, D, E, on dit que la marche est *adoucie sur son plan*. Cette face verticale peut, dans les escaliers à

marches pleines, être terminée à sa rencontre avec la face horizontale ou giron

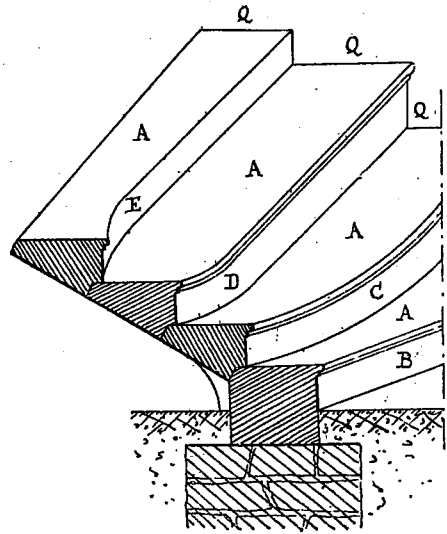


Fig. 457.

par des moulures nommées *astragales* et ayant ordinairement, pour profil, un *quart de rond*, un *réglet* et un *congé*. La marche est alors dite *marche astragalée* ;

3° La surface du dessous F (fig. 458) d'une marche pleine est appelée *plafond* ; elle peut être plane ou hélicoïdale. Les bouts des marches ont aussi reçu des noms particuliers. Celui qui est scellé dans le mur Q (fig. 457) est appelé la *queue de la*



*marche*. Celui qui est apparent dans le noyau à jour, ou non-apparent dans le noyau plein, se nomme *collet*.

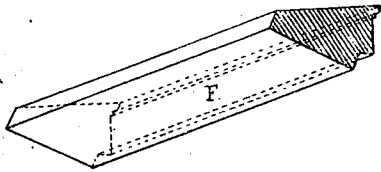


Fig. 458.

**353. Différents noms donnés aux marches suivant leurs formes**

I. — *Marche carrée*. On appelle *marche carrée*, celle qui offre partout la même largeur (fig. 459). On nomme aussi *marche droite*, celle dont le giron est compris entre deux lignes parallèles. La *portée* (largeur

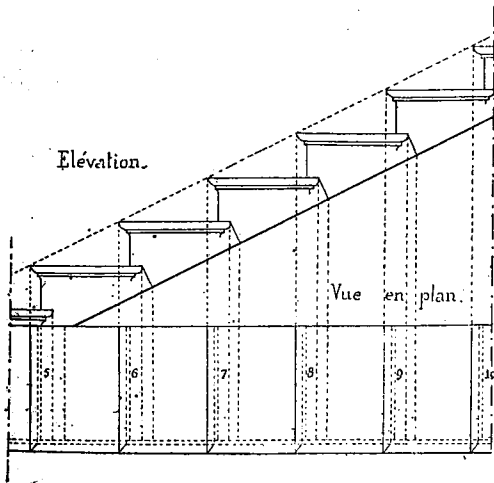


Fig. 459.

de la marche à l'endroit de son scellement dans la cage) le *giron* et le *collet* sont égaux dans les marches droites. Dans les marches dansantes, dont nous allons parler, le collet est la dimension la plus petite et le giron est l'intermédiaire. Le giron est constant pour un même escalier, que les marches soient droites, biaises ou dansantes.

Les marches ou degrés donnant accès aux temples de l'antiquité étaient presque

toujours des marches carrées et souvent dépourvues d'*astragale*.

II. — *Marche dansante*. On donne ce nom aux marches dont le devant coupe obliquement la ligne de giron (fig. 460). Les deux lignes n'étant pas parallèles,

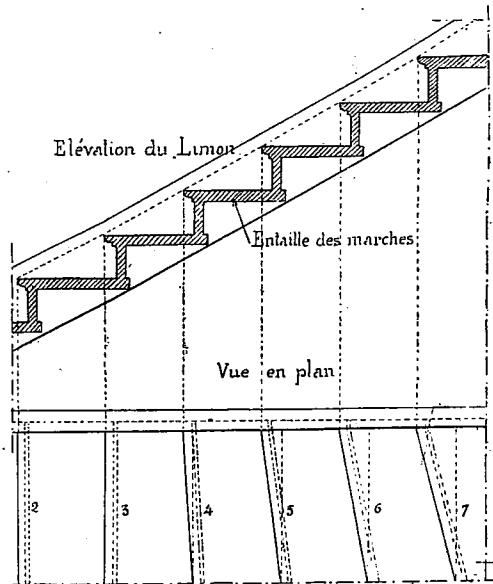


Fig. 460.

la marche a plus de largeur à un bout qu'à l'autre, comme nous le verrons dans les quartiers tournants des escaliers. Dans les marches droites, le dessous du plafond est une surface plane; mais, dans les marches dansantes, le dessous est gauche et prend le nom de *débillardement*.

III. — *Marche biaise*. C'est celle qui a partout la même largeur, mais dont les extrémités ne sont pas coupées d'équerre à la face antérieure.

IV. — *Marches rayonnantes*. On donne le nom de marches *rayonnantes*, ou marches *gironnées*, à des marches placées suivant les rayons d'un cercle (fig. 461). On les nomme aussi marches *tournantes*. La plupart des escaliers modernes établis, soit dans des cages circulaires, soit dans des cages rectangulaires à coins arrondis, offrent de nombreux exemples de marches gironnées.

V. — *Marches courbes*. Ce sont des mar-

ches dont les bords décrivent une courbe. On les nomme aussi marches cintrées.

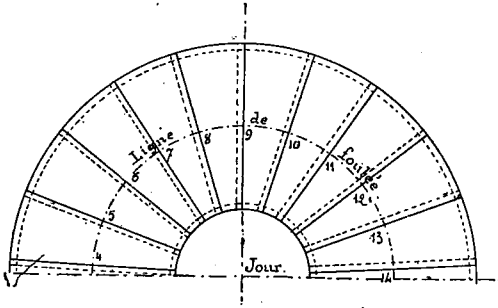


Fig. 461.

VI. — *Marche d'angle.* Les marches d'angle sont des marches tournantes et de plus grande largeur que les marches supérieures. Les marches de *demi-angle* sont les marches placées immédiatement au-dessus ou au-dessous de ces marches d'angle.

On donne aussi le nom de *marche d'angle*, à celle qui détermine le milieu d'un quartier tournant ou d'un escalier à jour rectangulaire.

VII. — *Marche moulée ou moulurée.* Se dit d'une marche bordée d'une moulure.

VIII. — *Marche rampante.* Marche dont la surface supérieure est inclinée au lieu d'être horizontale.

IX. — *Marches contrepfilées.* On désigne ainsi les marches d'un escalier sans limon. L'astragale des marches se retourne pour former tête de marche. C'est le cas des *escaliers à crémaillère* que nous étudierons plus loin.

X. — *Marche palière.* On donne le nom de marche palière à celle formant le rebord d'un palier de repos, qui se trouve au sommet d'une rampe ou d'une volée d'escalier et qui est de plein pied avec le palier.

XI. — *Marche de départ.* On donne ce nom à la première marche d'un escalier, à celle qui commence l'escalier au rez-de-chaussée. Cette première marche doit avoir assez d'étendue pour recevoir la naissance du limon ou de la crémaillère. Elle doit être posée sur un massif qui lui donne une stabilité durable, car c'est un grand

défaut de la placer sur des garnis corrompibles. Aujourd'hui, on fait presque toujours les deux premières marches des escaliers en bonne pierre bien assise sur un massif en meulières, hourdées, avec du mortier de ciment.

## II. — Limons et faux-limons.

354. On donne le nom de *limon* à la partie d'un escalier qui reçoit les marches du côté du *jour* et sur laquelle on pose la rampe. Le limon prend généralement naissance avec les premières marches lesquelles, lorsqu'elles sont construites avec les mêmes matériaux que le limon, sont désignées sous le nom de *marches de limon*.

On appelle *faux-limon*, un limon posé contre un mur et sur lequel l'extrémité des marches vient poser, au lieu de s'encasturer dans les parois de la cage de l'escalier.

De quelque manière qu'un escalier soit développé au moyen de ses limons, et quelle que soit l'inclinaison de ses rampes et quartiers tournants, le limon a une épaisseur verticale et une épaisseur horizontale constantes. Le solide qu'il forme, rectiligne ou courbe, peut toujours être regardé comme engendré par un rectangle vertical. Les limons les plus simples sont les madriers inclinés qui supportent les marches d'une échelle de meunier, par exemple.

Les limons d'escaliers ordinaires sont souvent plus épais et font saillie au-dessus des marches et au-dessous du plafond. Ils sont ordinairement ornés, sur les angles, de moulures plus ou moins riches dont les profils sont tracés dans ce même rectangle, pour que leur génération soit assujettie à la même loi que celle des limons. Dans les escaliers susceptibles de plus de décoration, et notamment dans ceux dont la grande largeur exige de forts limons, on orne ces limons avec des espèces de caissons creusés dans leur face verticale. Ces caissons sont entourés de moulures.

Nous donnons (*fig. 462*) les profils simples les plus usités pour les limons d'escaliers.

On dissimule souvent le limon en l'entaillant en face des marches de façon à ce

qu'il présente une suite de gradins sur lesquels reposent les extrémités des marches qui y sont fixées par de fortes vis ou de toute autre manière. Le limon est alors dit *limon taillé en crémaillère*. Quand les

Dans le cas de limon taillé en crémaillère, les contremarches seules s'y encastrent, tandis que chaque giron recouvre successivement l'une des parties horizontales de la crémaillère. Les marches sont alors profilées en retour, comme dans les escaliers suspendus, et la rampe est fixée en dehors.

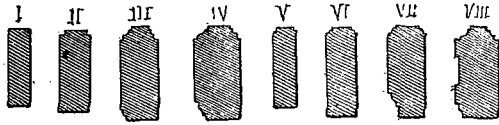


Fig. 462.

crémaillères ne contiennent qu'un collet de marche, elles prennent le nom de *parclose*. Dans le cas de limons apparents, les girons ou marches et les contremarches y sont encastrés dans la face intérieure verticale et le dessous reste apparent.

**355.** Les limons, par rapport à leur plan, sont *droits*, *courbes* ou *mixtes*.

I. — *Limon droit* est le nom de toutes les bordures de marches dont la projection horizontale marque un plan droit, comme le montre le plan des figures 463 et 464; mais ces limons, quoique sur plan droit, ne forment une bordure rampante droite que quand les collets des marches

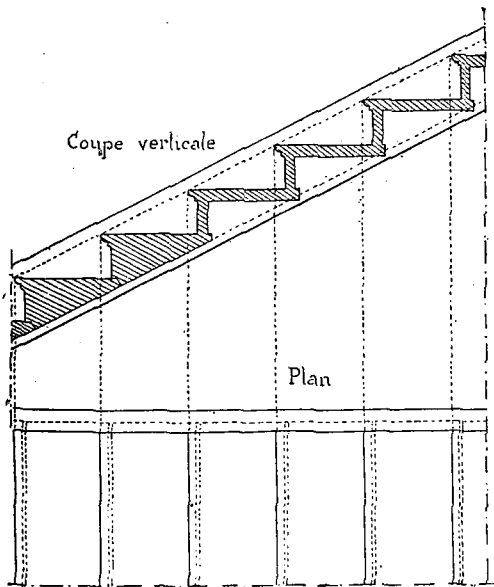


Fig. 463.

sont égaux (coupe verticale, *fig. 463*) et leurs formes sont courbes, quand les collets sont inégaux (*fig. 464*) ou quand ils se raccordent à une partie horizontale.

II. — *Limon courbe* est le nom aussi généralement usité pour indiquer les bor-

dures des marches dont les projections horizontales forment des plans courbes, (*fig. 465*); cependant, ceux qui sont très courts (*fig. 466*), prennent le nom de *sabot*.

III. — *Limon mixte* est le nom qui conviendrait aux bordures de marches dont

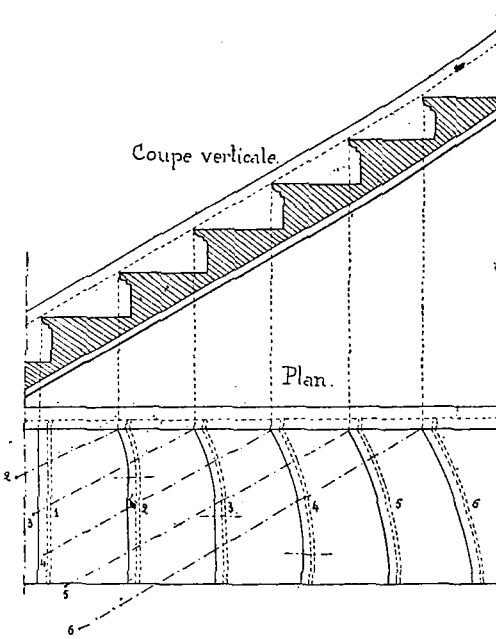


Fig. 464.

le plan est en partie droit et en partie courbe. On les nomme ordinairement *limons-crosses* (fig. 467).

Un limon (fig. 465), contient quatre faces, savoir :

I. — La face *supérieure* qui reçoit la rampe A.

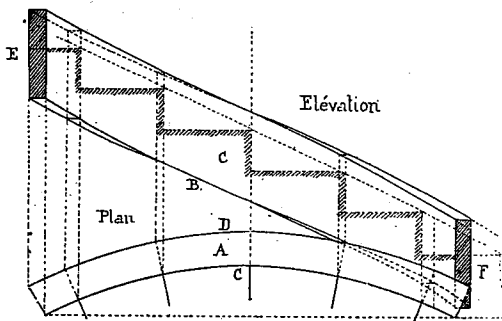


Fig. 465.

II. — La face *inférieure*, ou de *plafond* B, l'une des verticales recevant les collets des marches C que nous appellerons *intérieure*.

III. — La face verticale apparente D, que nous appellerons *extérieure*.

Chaque limon droit ou courbe a aussi deux bouts E, F qui doivent être façonnés, soit pour commencer la continuité, soit pour être assemblés à d'autres pièces.

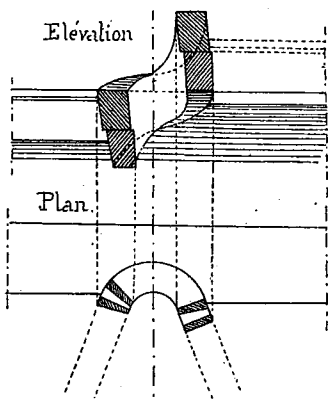


Fig. 466.

Les portions de la surface intérieure non occupée par les têtes des marches

ont aussi reçu des noms. La portion qui s'élève au-dessus des marches est appelée *socle*; celle au-dessous, *ressocle*.

L'espèce d'enroulement qui orne souvent le bas d'un limon est nommé, par les pra-

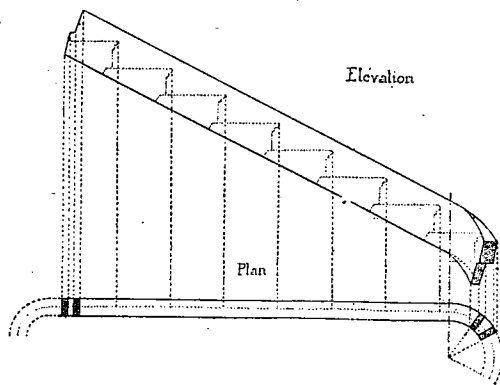


Fig. 467.

ticiens, *colimaçon* ou *volute* d'échiffre. Cette naissance de limon a ordinairement pour base une spirale. Cette masse, réservée au commencement du limon, permet de placer le premier barreau de rampe, connu sous le nom de *pilastre*, au delà de la surface extérieure, ce qui donne un meilleur aspect et plus d'étendue à l'entrée de l'escalier. Le tracé des spirales placées à la base des escaliers est assujéti à la règle générale des autres courbes usuelles, laquelle règle dit que les rencontres ou points extrêmes des arcs doivent toujours se confondre sur la direction de leurs centres.

Les dimensions ordinaires des limons sont de 0<sup>m</sup>,32 à 0<sup>m</sup>,35 de hauteur sur 0<sup>m</sup>,08 d'épaisseur. Ils doivent toujours être établis parallèlement aux murs d'échiffre de l'escalier, suivant la longueur des marches.

### III. — Paliers.

**356.** On donne le nom de *palier* à des portions de planchers plus ou moins étendues distribuées à diverses distances dans la hauteur d'un escalier. Les paliers qui donnent accès aux appartements avec lesquels ils sont de plein pied se nomment *paliers principaux*. Les paliers intermé-

diaires sont appelés *paliers de repos*. Les escaliers à repos sont ceux dont les rampes droites et parallèles, formant entre elles des angles droits, sont terminées par des paliers carrés. Dans les escaliers à cage rectangulaire, les paliers principaux sont des rectangles dont le plus grand côté est égal à la largeur de la cage et le plus petit à l'embranchement.

On donne le nom de *demi-palier* à un palier carré ayant comme côté, la longueur des marches et situé à demi-étage.

Il ne convient pas de placer de suite plus de 21 marches sans les séparer par un palier de repos.

Les escaliers à un palier sont les plus usités, car ils exigent moins de place que ceux à deux paliers. Pour les installer, on établit à mi-étage un plancher dont une solive, posée sur la rive et un peu plus forte que les autres, reçoit les limons des deux parties de l'escalier. Celles-ci sont ordinairement de longueur égale, sauf dans quelques emplacements particuliers où l'on est obligé de donner plus de développement à l'une des branches qu'à l'autre. Les escaliers à deux paliers ou à trois parties, ont l'inconvénient d'exiger un intervalle au milieu de leurs deux branches extrêmes.

L'établissement de ces paliers oblige aussi à sceller de biais dans les murs, une solive sur laquelle on appuie, en croix, une autre solive qui est scellée par un bout seulement dans le muret s'emmanche par l'autre avec les limons.

Les escaliers à deux paliers laissent un intervalle entre leurs trois parties, permettant de monter des fardeaux à l'aide d'une poulie suspendue au-dessus du milieu de la cage. La distance verticale de deux paliers successifs ne doit pas dépasser 2<sup>m</sup>,50 à 3 mètres.

Nous donnerons plus loin les différentes dispositions employées pour la construction des paliers dans les escaliers.

**IV. — Giron.**

**357.** On donne, comme nous l'avons déjà vu, le nom de *giron*, à la partie horizontale d'une marche d'escalier, sur laquelle on pose le pied. Ce nom s'applique

de préférence aux marches des quartiers tournants. La largeur d'un giron se mesure sur la ligne de foulée. Le giron ou la largeur des marches doit être assez grande pour recevoir le pied de la personne qui monte ou qui descend. La largeur nécessaire pour poser le pied est 0<sup>m</sup>,30. On descend peu au-dessous de ce nombre.

Le *giron* est *droit*, lorsqu'il a la même largeur sur toute la longueur de la marche. Il est dit *giron triangulaire*, lorsqu'il va en s'élargissant depuis le collet de la marche jusqu'à l'extrémité engagée dans le mur. Ces derniers s'emploient dans les quartiers tournants des escaliers carrés ou à vis.

**V. — Ligne de giron ou ligne de foulée.**

**358.** On désigne sous le nom de *ligne de foulée* une ligne tracée sur la projection horizontale d'un escalier parallèlement à la projection de la rampe. Elle est ainsi

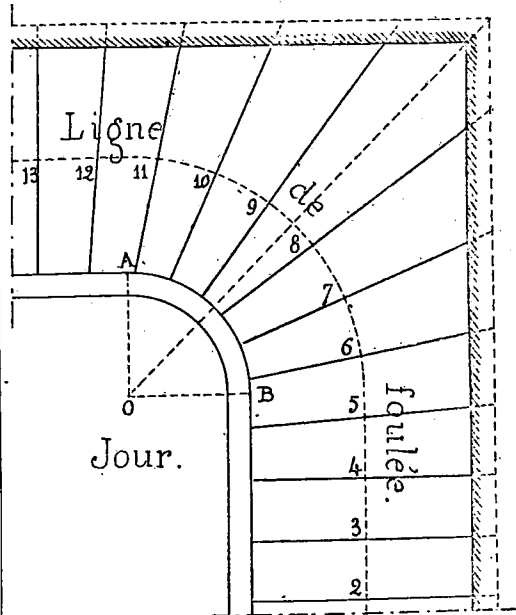


Fig. 468.

nommée parce qu'elle est la projection de la ligne suivie en montant ou en descendant, quand on s'appuie sur la rampe. Cette

ligne, supposée tangente à l'arête supérieure des marches, est placée au milieu de la largeur des marches dans les petits escaliers, non compris cependant la partie qui entre dans le scellement, ni celle des tenons, quand elles sont avec assemblages.

Dans les grands escaliers, elle est placée à une distance de 0<sup>m</sup>,50 de la rampe. C'est, en effet, à cette distance qu'une personne qui, d'une main tient la rampe, met continuellement les pieds, soit en montant, soit en descendant. Cette ligne de foulée se trouve un peu modifiée aux angles rectilignes des quartiers tournants, lorsque ceux-ci contiennent des marches. On ne peut, dans ce cas, pour les petits escaliers, prendre la ligne de foulée au milieu des marches qui sont, par suite du quartier tournant, beaucoup plus longues que les autres. On raccorde alors, comme le montre la figure 468, la fin de la partie précédente de la ligne de foulée avec le commencement de la partie suivante, par un quart de cercle ou par une autre courbe analogue à l'angle du quartier tournant, de façon qu'il y ait continuité dans la totalité de la ligne de foulée, et cela parce que, en montant ou en descendant ces marches, on tourne graduellement et sans s'arrêter. C'est sur la ligne de foulée qu'on mesure la largeur des marches, largeur qui doit être la même pour toutes afin que la pente reste constante. C'est donc une de ces divisions qui forme la largeur de la surface dite *giron des marches*.

A toutes les espèces d'escaliers, la largeur de la surface supérieure des marches est la même dans le milieu de leur longueur. Pour les grands escaliers, elle est la même à une distance de 0<sup>m</sup>,50 de la rampe; car c'est, comme nous l'avons vu, sur la ligne de foulée qu'on en fait la division. Quand on retrouve cette largeur au collet, ce ne peut donc être qu'aux marches droites; car, aux marches rayonnantes ou dansantes des escaliers qui ont des noyaux pleins ou des noyaux à jour, la largeur des collets diffère de celle de la ligne de foulée.

On donne quelquefois le nom de ligne d'embranchement à la ligne de foulée. Cette ligne doit être tracée dans l'étude de tous les escaliers.

## VI. — Emmarchement.

**359.** La longueur d'embranchement, ou simplement *embranchement*, dans le langage pratique, désigne la plus grande dimension de la marche ou sa longueur. Cette étendue n'est pas susceptible d'une règle générale, car diverses considérations influent sur la fixation de cette mesure indéterminée. Ce sont la surface plus ou moins grande de la base de l'escalier et d'autres motifs semblables qui doivent la déterminer. Cependant, cette longueur ne peut être inférieure à 0<sup>m</sup>,65, qui est à peu près la largeur minimum des passages étroits.

## VII. — Echappée.

**360.** On donne le nom d'échappée à la hauteur comprise : 1° entre le dessus des marches d'un escalier tournant et le dessous de la révolution supérieure; 2° entre la voûte et les marches d'un escalier de cave.

La hauteur de passage dans la totalité de l'escalier est une condition rigoureusement nécessaire; elle ne tolère aucune modification. On doit donner à cette hauteur, dite *échappée*, au minimum de 1,95 à 2<sup>m</sup>,00 pour qu'un homme de taille moyenne puisse y passer librement. Quand on est debout sur la première marche, on se trouve sous celle qui commence une deuxième révolution; mais le plafond qui va obliquement de la marche précédente à celle sous laquelle on est, ne laisse de libre, pour l'échappée, que la somme des hauteurs des marches formant une révolution, moins une de ces hauteurs et l'épaisseur du plafond.

Soit  $h$  la hauteur d'une marche,  $n$  le nombre de marches qui composent une révolution entière de l'escalier,  $e$  l'épaisseur du plafond et  $H$  la hauteur totale de l'étage. L'échappée sera

$$E = H \times (n - 1) - e = H - h - e.$$

*Observation.* On établit assez communément, principalement dans les maisons de commerce, de petits escaliers qui ne contiennent qu'une hauteur d'étage. Dans ces sortes de projets, il est souvent des cas où n'ayant pas la faculté d'établir, dans un plancher ancien, une ouverture de dimen-

sions ou de forme convenable, par rapport à la composition dudit plancher, ou par rapport à d'autres causes, on rencontre des obstacles difficiles pour l'échappée; alors, si aucune combinaison de marches ne la fait obtenir, l'exécution est impossible.

**VIII. — Cage d'escalier.**

**361.** On donne le nom de cage d'escalier à un espace vide compris entre les murs droits ou courbes d'un édifice et réservé pour la construction d'un escalier.

**IX. — Volée.**

**362.** On donne ce nom à la partie d'un escalier qui se projette horizontalement en ligne droite; celle qui est courbe se nomme *quartier tournant*.

**X. — Rampe d'escalier.**

**363.** On donne le nom de *rampe* à une suite de degrés ou de marches en ligne droite ou circulaire par son plan et comprise entre deux paliers. On appelle *rampe par ressaut*, une rampe dont le contour est interrompu par des paliers ou quartiers tournants.

On donne aussi le nom de rampe à la balustrade d'appui qui repose sur le limon ou sur les extrémités des marches du côté du jour.

**XI. — Jour.**

**364.** L'espace vide, qui répond au centre de la cage et qui est, dans la projection horizontale, entouré par celle des limons, se nomme le *jour de l'escalier* (fig. 468).

**XII. — Échiffre.**

**365.** On donne ce nom à un mur dont

la partie supérieure est rampante et qui porte les marches d'un escalier. On le nomme alors *mur d'échiffre*.

On désigne aussi, sous le nom d'échiffre, le commencement d'un escalier. C'est l'assemblage en charpente qui soutient le premier limon servant de base à l'escalier. Dans ce cas, il est ordinairement formé,

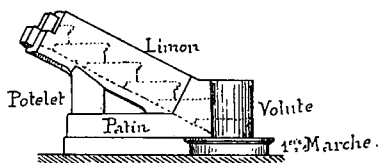


Fig. 469.

comme le montre le croquis (fig. 469) de plusieurs pièces : *patin, potelet, limon*.

**XIII. — Balancement.**

**366.** On nomme *balancement* dans les escaliers en partie droits et en partie courbes, la répartition de la diminution de largeur des marches du côté de la rampe, c'est-à-dire au collet. On diminue graduellement la largeur des marches au collet en répartissant la diminution sur un plus ou moins grand nombre de marches. C'est ce qu'on appelle faire le *balancement* ou le *gironnement* d'un escalier.

**XIV. — Calibres.**

**367.** Dans la pratique de la coupe des pierres, les châssis en bois, les cartons, etc., qui servent à tracer les profils sur les pierres, sont appelés *panneaux*. Les ouvriers qui travaillent les bois se servent de pièces analogues qu'ils nomment *calibres*.

## § III. — DIMENSIONS ET PROPORTIONS DES MARCHES

## FORMULE SIMPLE POUR TROUVER LA LARGEUR ET LA HAUTEUR DES MARCHES

**368.** Il existe deux principes qu'il est bon de rappeler avant de donner les dimensions ordinaires des marches d'escaliers :

1° Une marche d'une certaine largeur ou giron doit avoir moins d'élévation qu'une marche dont la largeur serait moindre et cela par cette raison que ce que l'homme perd en montant par une enjambée, il peut le regagner s'il n'est pas obligé de lever trop fortement le pied ;

2° La hauteur doit être invariablement la même pour toutes les marches d'un même escalier.

L'expérience a fixé, comme proportions les plus convenables des marches des escaliers, 0<sup>m</sup>,325 pour la largeur horizontale et 0<sup>m</sup>,1625 pour la hauteur verticale. Ce qui montre que, moyennement, la hauteur des marches est égale à la moitié du giron. Cette proportion donne une pente de deux de base pour un de hauteur. On choisit des pentes d'autant plus douces que la hauteur à franchir est plus considérable.

On est souvent obligé, à défaut d'espace, d'augmenter ou de diminuer le rapport entre ces deux quantités, quand la longueur développée de la ligne de foule se trouve, avec la hauteur qui sépare verticalement les points de départ et d'arrivée, dans un rapport plus grand ou plus petit. Certains constructeurs observent souvent la règle suivante : Quelle que soit l'inclinaison de l'escalier, la somme de la hauteur et de la largeur d'une marche doit être de 0<sup>m</sup>,487. Par exemple, des marches de 0<sup>m</sup>,135 de hauteur devront avoir une largeur de 0<sup>m</sup>,352. Si la hauteur est 0<sup>m</sup>,189, la largeur devra être 0<sup>m</sup>,298 et ainsi de suite. Il est d'usage, pour que les escaliers soient commodes, de s'écarter peu des rapports qui fixent la hauteur des marches à 0<sup>m</sup>,16 et leur largeur à 0<sup>m</sup>,30, parce qu'on a reconnu que les escaliers dont la pente est très

douce, comme ceux dont la pente est trop raide, sont d'un usage également fatigant.

Pour les escaliers les plus habituels, on donne aux marches de 0<sup>m</sup>,25 à 0<sup>m</sup>,27 de giron ou de largeur et 0<sup>m</sup>,16 d'élévation ou de hauteur. Pour les escaliers de service, la hauteur peut atteindre 0<sup>m</sup>,19, mais il est convenable de ne jamais dépasser cette hauteur, parce que des marches plus élevées deviennent de véritables casse-cou, surtout pour la descente. Il faut n'atteindre cette limite de 0<sup>m</sup>,19 que lorsque la place est restreinte et qu'il est impossible de faire autrement.

La longueur des marches varie de 1<sup>m</sup>,62 à 1<sup>m</sup>,95 pour les grands escaliers, de 1<sup>m</sup>,30 à 1<sup>m</sup>,46 pour les moyens, de 0<sup>m</sup>,97 à 1<sup>m</sup>,14 pour les petits et de 0<sup>m</sup>,65 à 0<sup>m</sup>,81 pour les escaliers de dégagement.

**369.** *Formule empirique.* — On peut déterminer la hauteur ou la largeur des marches d'escaliers, quand l'une de ces dimensions est connue, à l'aide de la formule empirique suivante :

$$l + 2h = 0^m,65$$

dans laquelle  $h$  est la hauteur de la marche,  $l$  la largeur ou giron. Le nombre 0<sup>m</sup>,65 est la longueur ordinaire du pas d'infanterie.

Si nous supposons un plan horizontal, il faut faire, dans la formule précédente,  $h = 0$  et on trouve  $l = 0^m,65$  qui est la longueur du pas moyen de l'homme. Si nous supposons  $l = 0$ , la formule donne

$$2h = 0^m,65 \text{ ou } h = 0^m,325$$

C'est alors le cas d'une échelle verticale. Nous savons, en effet, que l'écartement ordinaire des échelons d'une échelle est de 0<sup>m</sup>,32 à 0<sup>m</sup>,325.

Si, dans la formule précédente, nous faisons successivement :

$l = 0^m,27, 0^m,30, 0^m,32, 0^m,35$  et  $0^m,38$ , nous trouvons, pour valeurs correspondantes de  $h$  :

$h = 0^m,19, 0^m,175, 0^m,165, 0^m,15$  et  $0^m,135$ , valeurs qu'on peut employer en pratique.



§ IV. — ESCALIERS TRÈS SIMPLES

PLAN INCLINÉ. — ÉCHELLE. — ÉCHELLE DE MEUNIER

I. — Plan incliné.

370. Le cas le plus simple est celui où il s'agit de raccorder deux plans parallèles par un chemin permettant d'aller de l'un à l'autre.

La première solution est évidemment le plan incliné représenté en croquis (fig. 470) Il se compose, comme le montre la figure, de fortes planches assez épaisses, ou,

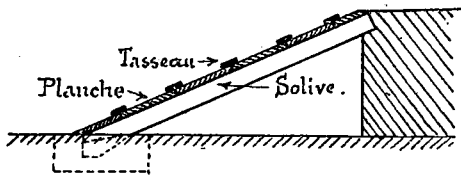


Fig. 470.

mieux, de solives inclinées, placées parallèlement les unes aux autres et sur lesquelles on cloue des planches. Pour éviter le glissement, on cloue sur ces planches une série de tasseaux et, de préférence, à l'endroit des joints.

L'inconvénient du plan incliné est qu'il est peu facile et qu'il prend trop de place.

II. — Échelle.

371. L'échelle ordinaire (fig. 471) que

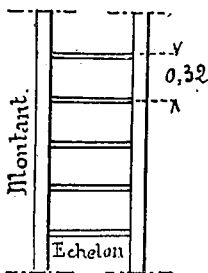


Fig. 471.

tout le monde connaît et qui se compose de deux longues pièces de bois, ou mon-

Sciences générales.

tants, réunis entre eux par une série de barres transversales appelées échelons, distribués à des distances égales, est un escalier portatif des plus simples. On a remarqué que la distance la plus convenable à donner entre deux échelons est de 0<sup>m</sup>,32 pour une échelle verticale. Cette distance est, comme nous le savons, la moitié de la longueur du pas moyen d'un homme marchant sur un plan horizontal.

III. — Échelle de meunier.

372. Si, dans l'échelle simple, nous remplaçons les échelons par des planches et les montants par des madriers, nous aurons l'échelle de meunier. Ce n'est autre chose qu'un escalier droit qui sert généralement à monter dans un grenier et qui,

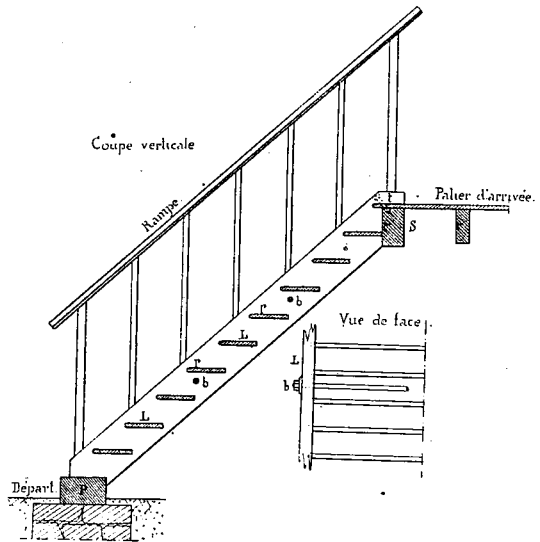


Fig. 472.

le plus souvent, se compose de deux fortes planches ou limons posés de champ, parallèlement et suivant l'inclinaison convenable et dans lesquels s'assemblent, par leur bout, à tenon et mortaise, d'autres planches plus courtes n'ayant que la lar-

geur strictement nécessaire pour qu'on y puisse poser le pied.

Nous donnons (fig. 472) un exemple d'échelle de meunier partant du sol pour aboutir à un plancher de grenier situé au premier étage. Cette échelle de meunier est formée par deux limons L de 22/8 d'équarrissage retenus à la partie inférieure sur une pierre de taille P posée sur un massif de fondation en petits matériaux. A la partie supérieure, ces deux limons, s'appuient sur unesaubière S et y sont solidement maintenus par de forts tirefonds t. Des boulons b maintiennent l'écartement des deux madriers.

Des planches p arrondies d'un côté forment les marches. Une rampe en bois, dont les barreaux sont fixés sur les limons, complète cette simple installation.

Nous donnons (fig. 473) un deuxième exemple d'échelle de meunier installée, comme le montre le croquis, sur le plancher d'un étage et destinée à faire communiquer cet étage avec un grenier placé au-dessus.

Cette échelle de meunier est construite tout entière en sapin.

Les marches ont 0<sup>m</sup>,034 et les limons ont 0<sup>m</sup>,041 d'épaisseur et sont appuyés, comme le montre le plan, contre deux cloisons de 0<sup>m</sup>,08 d'épaisseur. Ces limons forment pour ainsi dire des crémaillères placées contre un mur. Afin de ne pas laisser vide le fond des marches, on a placé un lambris formant plafond cloué sur chaque marche et ayant 0<sup>m</sup>,02 d'épaisseur. On peut ainsi utiliser le dessous de cette échelle de meunier. Une porte basse sous tenture, permet d'y accéder et de faire du dessous de cette échelle un débarras utile.

La hauteur totale à franchir est 3<sup>m</sup>,07, ce qui peut se faire avec quinze marches de 0<sup>m</sup>,205 de hauteur chacune. Cette hauteur de marche est grande, mais comme cette échelle sert peu, on peut sans crainte adopter ce chiffre.

Cette figure nous montre également les dimensions de la trémie à réserver dans

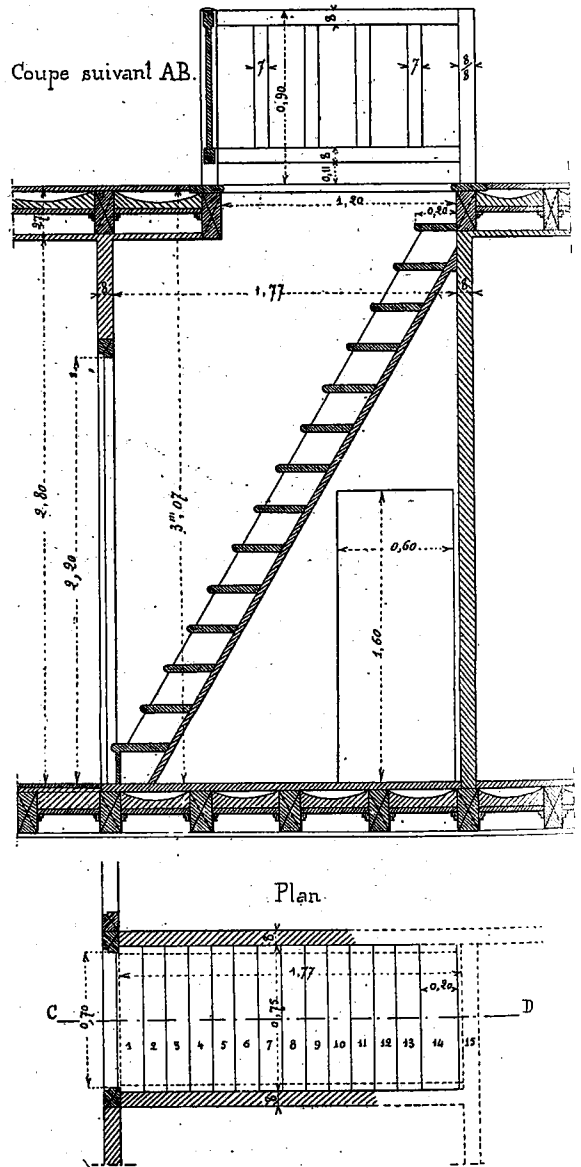


Fig. 473.

le plancher supérieur pour le passage facile d'une personne.

§ V. — DIFFÉRENTS TYPES D'ESCALIERS

I. — Définitions et notions générales.

**373.** Il existe des escaliers de formes et de constructions très diverses. Le constructeur doit, dans chaque cas particulier, étudier la forme qu'il faut donner à l'escalier à construire pour atteindre le but auquel on le destine.

Les escaliers peuvent être à rampe droite ou à rampe circulaire.

Dans le premier cas, les marches ou degrés sont parallèles et on monte devant soi, sans se détourner, ni à droite, ni à

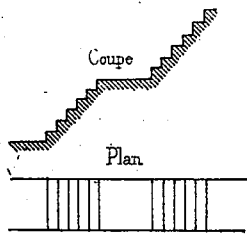


Fig. 474.



Fig. 475.

gauche. Quand on emploie les escaliers à rampe droite, on place ordinairement un palier vers le milieu de l'escalier, comme le montre la figure 474.

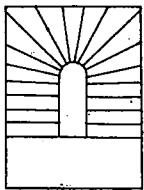
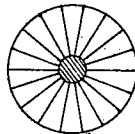


Fig. 476.



Fig. 477.



Cette sorte d'escalier n'étant pas gracieuse, n'est généralement employée que pour les ateliers, magasins, greniers, etc.

Les escaliers à deux rampes contraires sont ceux qui commencent par un palier, tournent, soit à gauche, soit à droite et se

terminent par un autre palier ou par le plancher d'un étage supérieur (fig. 475).

L'escalier à deux rampes contraires et à marches tournantes (fig. 476) est celui qui est le plus employé dans les maisons à loyer de Paris. Cet escalier a deux rampes comme les précédents, mais les marches tournent en se continuant et remplacent le palier.

L'escalier à repos est celui dont les rampes sont droites et parallèles, forment des angles droits entre elles et sont terminées par des paliers carrés.

**374.** Parmi les escaliers à rampe droite, on distingue :

1° les escaliers à jour, dans lesquels on a laissé un vide entre les rampes ;

2° les escaliers à quartiers tournants, dont les rencontres des limons de chaque rampe sont curvilignes ou circulaires ;

3° les escaliers en biais, ou ceux qui n'ont point d'ouverture ou de vide et dont les rampes, la balustrade et l'élévation progressive, ainsi que les contours, retombent dans les mêmes plans.

**375.** Parmi les escaliers à rampe circulaire, on peut citer :

1° les escaliers ronds, dont les marches portent par un bout au mur de la cage et par l'autre au noyau du centre ;

2° les escaliers ronds suspendus dont le limon du centre décrit une ligne en spirale en laissant un jour au milieu ;

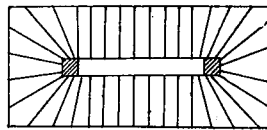


Fig. 478.

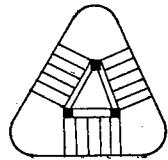


Fig. 479.

3° les escaliers en fer à cheval, dont la rampe est un peu plus que semi-circulaire, avec rampe des deux côtés qui, en montant, se réunissent à un palier commun.

**376.** Les escaliers en charpente se



maçonnerie ou reçues dans les entailles d'un limon spécial placé dans le pan de bois circulaire. A l'autre bout, elles s'assemblent à tenon et mortaise sur le poteau (fig. 477) qui peut être décoré de moulures en hélice de manière à former main courante. Dans ce genre d'escalier, le dessous des marches est délardé.

On fait encore aujourd'hui de petits escaliers circulaires dont chaque marche porte une partie du noyau. Un grand boulon traverse le centre et réunit fortement les différents morceaux.

2° *Escaliers à plusieurs poteaux.* On peut ne mettre que deux ou trois poteaux (fig. 478 et 479); mais la disposition la plus usitée est celle à quatre poteaux (fig. 480) sur lesquels s'assemblent, à tenon et mortaise, les limons dans lesquels les marches entrent à entaille. Cette disposition permet de donner aux escaliers une grande solidité, mais elle manque de hardiesse et n'est guère usitée aujourd'hui.

Les escaliers actuellement les plus employés sont les escaliers à *limon suspendu* et les *escaliers à crémaillère* ou *escaliers anglais*, que nous étudierons en détail.

On distingue encore les diverses espèces d'escalier en les désignant par la forme de leur cage, savoir : Escalier à base triangulaire (fig. 481), à base carrée (fig. 482), à base parallélogrammique (fig. 497), en hémicycle (fer à cheval), circulaire (rond) (fig. 483), elliptique (sur un plan ovale), à double courbure, etc...

## II. — Escaliers sans limon.

**377.** Ces escaliers, dont nous donnons (fig. 484) la coupe de quelques marches, se font comme ceux en pierre.

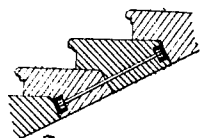


Fig. 484.

Les marches sont pleines, taillées en crossettes et fortement encastrées dans le

mur. Cette disposition ne convient guère à la nature des bois dont les assemblages s'ouvrent au bout d'un certain temps. Nous verrons, en parlant des différentes formes de marches massives, les principales dispositions qui ont été adoptées.

Cette disposition de marches pleines peut aussi être appliquée aux escaliers avec limons, destinés à subir une grande fréquentation, comme ceux des casernes.

## III. — Escaliers à limon.

**378.** Nous étudierons avec plus de

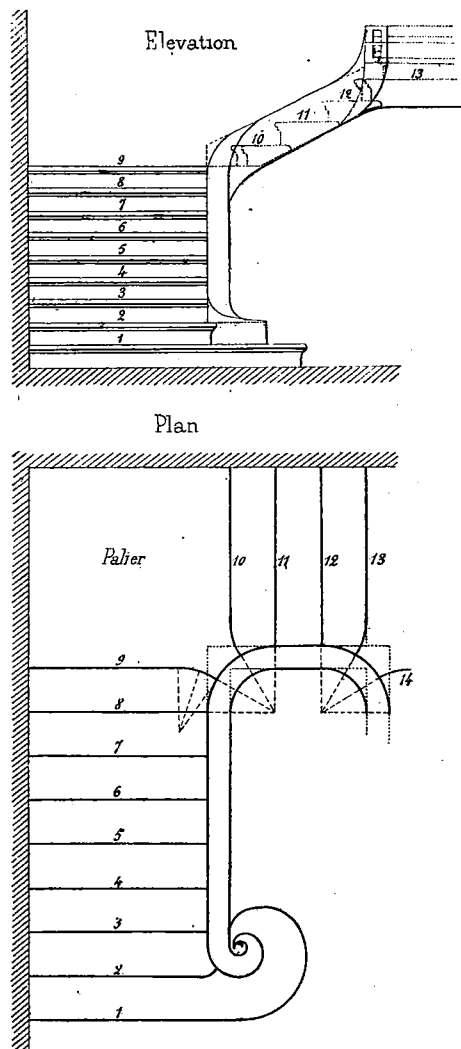


Fig. 485.

détails les escaliers à limon, les escaliers

à crémaillère et les escaliers à jour circulaire, ces trois espèces d'escaliers étant les plus employés aujourd'hui.

Nous donnons (fig. 485), en élévation et en plan, l'indication d'un escalier à limon. Les marches s'encastrent d'un côté dans le mur et de l'autre dans une entaille pratiquée dans le limon. Ce limon est, comme nous l'avons déjà vu, une pièce de chêne ordinairement en plusieurs morceaux qui, le plus souvent, s'assemblent à la partie inférieure à tenon et embrèvement sur un patin en chêne, représenté (fig. 486), scellé sur la première marche

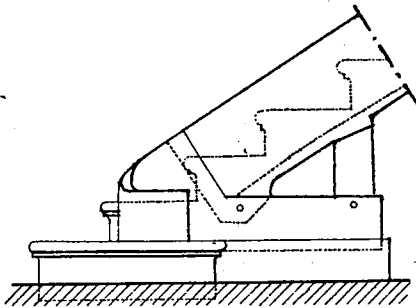


Fig. 486.

en pierre. On ajoute quelquefois une jambette. Le patin se recourbe en volute pour recevoir le départ de la rampe. Après la première volée, le limon s'arrondit dans l'angle si le plan de la cage est rectangulaire et il s'assemble à endants et à tenons sur la marche palière (fig. 487). Les différents morceaux de limon s'assemblent

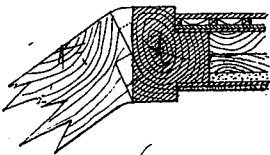


Fig. 487.

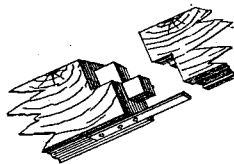


Fig. 488.

aussi entre eux à endants et à tenons, comme le montre le croquis (fig. 488). On fortifie souvent l'assemblage par des plates-bandes en fer vissées sur les faces supérieure et inférieure et entrant dans des entailles. L'entaille faite dans le limon,

pour recevoir chaque marche, a de 0<sup>m</sup>,03 à 0<sup>m</sup>,04 de profondeur.

Les marches peuvent être pleines et se recouvrir; elles sont alors délardées par-dessous, puis on y cloue des bardeaux ou des lattes et on plafonne. Le limon fait saillie en dessus et en dessous.

Le plus souvent, les marches sont composées de deux pièces, marche et contremarche, qui se disposent comme nous allons le voir. La marche palière est scellée à ses deux extrémités dans les murs de la cage; elle reçoit l'assemblage des solives lorsqu'elles sont dirigées dans l'autre sens et est entaillée de façon à ne laisser en saillie, en dessus et en dessous, que la largeur du limon qui semble se retourner. Quelquefois, les solives sont parallèles à la marche palière, ce qui permet de diminuer l'équarrissage de cette pièce. Dans ce cas, on fera bien de mettre des cales ou une lierne en face de l'assemblage du limon pour contrebuter la poussée.

#### DÉTAILS D'EXÉCUTION D'UN ESCALIER A LIMON

**379.** La figure 489 montre la disposition de la face intérieure d'un limon. Dans la partie inférieure de la coupe AB, les marches sont supposées enlevées. Dans la partie haute, les marches sont indiquées en place et la figure montre comment se fait le hourdis rampant de ce genre d'escalier.

Le joint de deux parties de limon peut se faire comme nous l'avons indiqué par la figure 488, c'est-à-dire les traits de joint perpendiculaires aux arêtes supérieure et inférieure du limon; ou, comme le montre la figure 489, par deux traits verticaux réunis au moyen d'un trait horizontal. Deux parties de limon, ainsi mises en joint, sont solidement maintenues par un boulon dont les têtes sont noyées dans l'épaisseur même de ce limon. Des plates-bandes en fer plat de 0<sup>m</sup>,60 de longueur, 7 millimètres d'épaisseur et 0<sup>m</sup>,04 de largeur sont placées sur les joints et sont maintenues, comme le montre la figure, par quatre vis solidement fixées.

La coupe CD de la figure 489 donne une idée de la coupe transversale d'un escalier à limon. On y trouve :

1° Le moyen de faire le hourdis rampant à l'aide de bardeaux et d'une couche de plâtre ;

2° La manière dont sont soutenues les marches contre le mur.  
Pour éviter la pourriture de ces marches

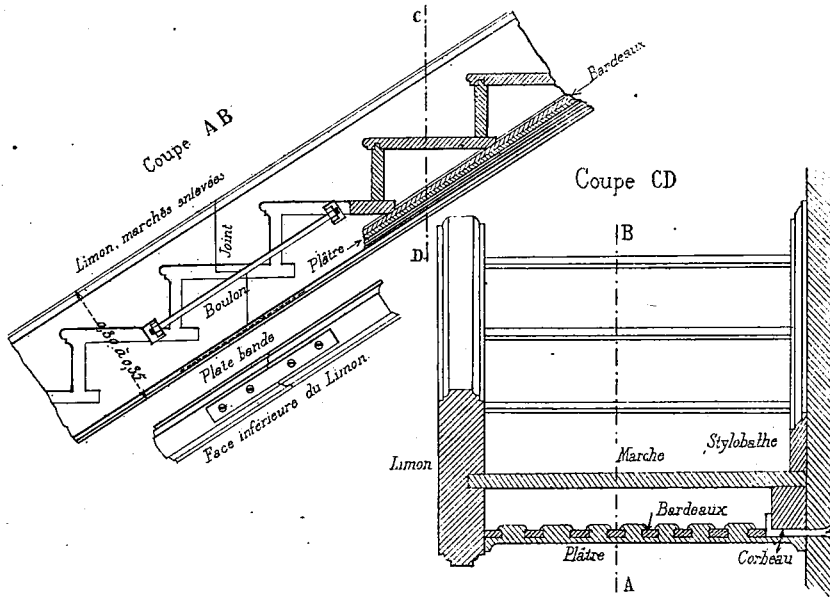


Fig. 489.

ainsi que l'affaiblissement du mur par de nombreux scellements, on reçoit quelquefois les marches dans un contre-limon, nommé aussi *faux-limon*, boulonné sur le mur comme les lambourdes des planchers ou maintenu par des équerres. Ce contre-limon est souvent à crémaillère,

0<sup>m</sup>,22 sont, suivant l'importance de l'escalier, placés contre le mur pour cacher l'intersection des marches avec le dit mur. Cette plinthe ou ce stylobathe suit la pente de l'escalier.

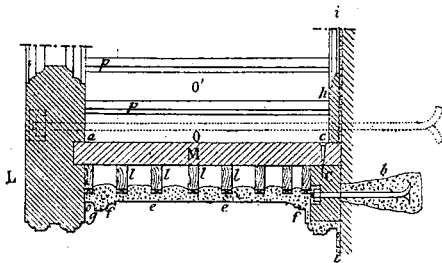


Fig. 490.

c'est-à-dire qu'il prend la forme des redants successifs formés par les marches pour ne pas empiéter sur ces marches et leur enlever de leur largeur. Une plinthe de 0<sup>m</sup>,41 de hauteur ou un stylobathe de

On s'oppose au déversement du limon d'un escalier en mettant, de distance en distance, des tiges en fer ou des boulons représentés en pointillés dans la figure 490, terminés en queue de carpe, scellés dans le mur et dont la tête est noyée dans l'épaisseur du limon. Cette coupe transversale d'un escalier à limon nous montre :

En C, le faux limon taillé en crémaillère et retenu solidement dans le mur de la cage d'escalier par le boulon b ;

En M, la coupe d'une marche encastrée en a dans le limon et fixée en c dans le faux limon au moyen d'un grand clou ;

En L, la coupe du limon mouluré suivant l'importance de l'escalier ;

En l, les lattes clouées sur le dessous des marches et recevant l'enduit en plâtre e ;

En *f*, se trouvent les moulures en plâtre tracées sur le rampant de l'escalier ;

En *g*, la position d'un tuyau de gaz dissimulé dans la moulure ;

En *h*, le stylobathe appliqué contre l'enduit en plâtre *i* placé sur le mur ;

En O et en O', la figure montre deux marches en élévation dont les astragales sont profilées en *p*.

#### DÉPART D'UN ESCALIER A LIMON

**380.** Dans un escalier, on fait presque toujours les deux premières marches plus importantes que les suivantes :

1° Pour bien accuser le départ ;

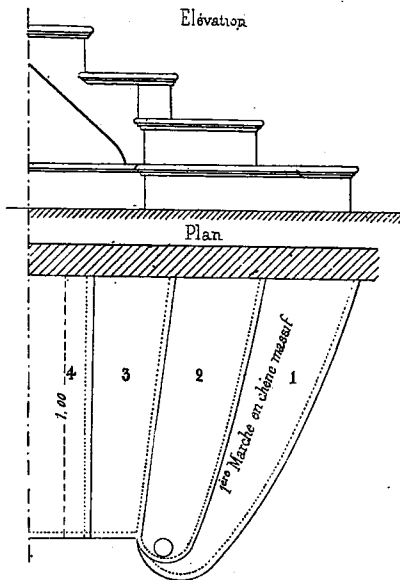


Fig. 491.

2° Pour avoir l'emplacement nécessaire au pilastre de départ de la rampe.

Par économie, on fait souvent la première marche de *d* part en bois massif ; elle prend alors la forme indiquée par le croquis (fig. 491). Afin d'éviter la pourriture *d* ; cette première marche qui, par suite de lavages fréquents, se trouve souvent mouillée, on la remplace avantageusement par une première marche en pierre comme le montre le croquis (fig. 486). Aujourd'hui, dans presque tous les escaliers, les deux premières marches se font

en pierre et on adopte la disposition indiquée par le croquis (fig. 492). Dans ce croquis, la marche inférieure A est encastree dans un massif de béton ou de maçonnerie de petits matériaux.

La deuxième marche B s'emboîte à embrèvement dans la première marche A ; cette disposition a pour but de l'empêcher de glisser sous l'effort exercé sur elle par le reste de l'escalier. Le prolongement P des pierres A et B est destiné à soutenir le limon de l'escalier auquel il sert de

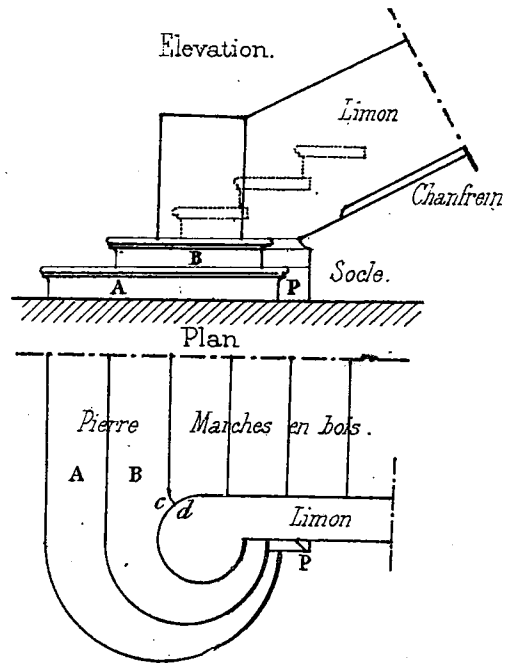


Fig. 492.

socle. La partie *cd* de la troisième marche doit venir rencontrer normalement le limon en *d*. Les parties extérieures des marches A et B sont terminées en volute pour donner plus de facilité à l'entrée de l'escalier.

#### DISPOSITION DES PALIERS

**381.** La disposition des paliers d'un escalier à limon est la même que pour les escaliers à crémaillère. Nous les étudierons en parlant des paliers de ces derniers escaliers.



L'escalier à limon, dont nous avons donné le plan (fig. 483), présente un palier de repos dans le quartier tournant. Il est intéressant de montrer comment, dans un palier de repos, on trace les collets des marches.

**Problème.**

**382.** Déterminer, dans un quartier tournant, les collets d'un palier de repos et des marches attenantes ainsi que les cintres de raccordements dits adoucis en plan.

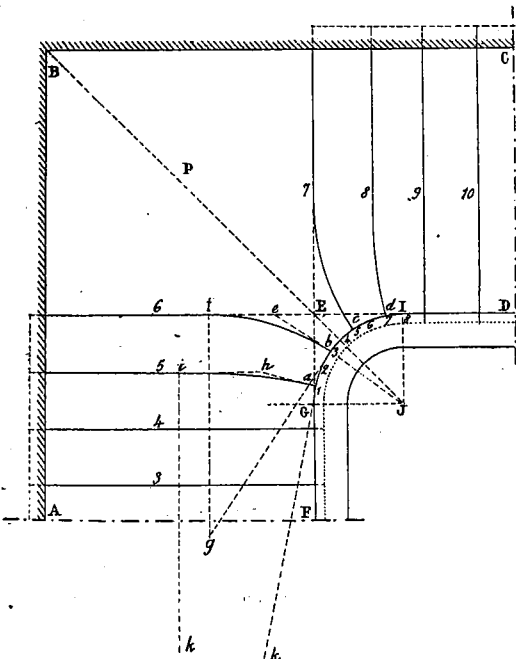


Fig. 493.

Soit (fig. 493), la projection horizontale d'un quartier tournant avec palier de repos P.

Les lignes AB, BC, indiquent les parements des murs qui reçoivent le scellement du palier de repos et les scellements des queues des marches attenantes audit palier. Soit DEF l'angle rentrant qu'il faut raccorder par un quart de cercle, pour éviter la difformité des ressauts et agrandir le collet de la marche palière sans perdre de place. Après avoir déterminé par quel nombre de marches on veut

faire le radouci, on prend, de part et d'autre, la moitié de ce nombre de marches plus une 1/2 marche de chaque côté, ce qui nous donne les deux points G et I. Par ces points, on mène deux perpendiculaires GJ et JI, aux limons qui forment l'angle.

Leur point de rencontre J sera le centre du quart de cercle de raccord. Ceci fait, on divise ce quart de cercle en un nombre de parties égales double de celui des marches qu'il doit contenir et, pour largeur des collets, on prend les espaces compris entre les nombres impairs 1, 3, 5, 7 etc., de ces divisions. Les largeurs des collets des marches dansantes ayant été ainsi fixées aux points a, b, on trace la droite rayonnante Jb, qu'on prolonge jusqu'en e. On reporte la longueur be de e en f, puis on mène fg perpendiculairement sur ef et bg perpendiculairement sur eJ. Le point g, ainsi déterminé, est le centre de l'arc de raccordement bf.

En procédant de même, on obtiendrait le point k, centre de l'arc de raccordement ahi. On opère ainsi pour les deux arcs des marches 7 et 8.

**BALANCEMENT DES MARCHES D'UN ESCALIER A QUARTIERS Tournants**

**383.** L'opération graphique que nous allons décrire, et qui est connue sous le nom de *balancement des marches*, a pour résultat, non seulement de donner de la grâce à la courbe de l'escalier, mais encore, comme nous le savons, d'augmenter la largeur des marches tournantes à leur collet et de rendre ainsi l'escalier d'un parcours plus facile. De plus, le tracé des courbes rampantes des limons et mains courantes doit satisfaire à la condition d'être sans changement de direction brusque ou sans jarrets.

Pour effectuer le balancement des marches d'un escalier, on trace d'abord, en son milieu, la ligne médiane que nous connaissons sous le nom de ligne de foulée. On divise ensuite cette ligne en autant de parties égales que l'escalier devra avoir de marches, depuis son point de départ jusqu'à son point d'arrivée, représentés tous deux en projections. Nous savons que pour obtenir la ligne de foulée defg (fig. 494), le plan de la cage et la largeur

de l'escalier étant donnés, on trace, par le milieu des marches, deux droites  $de$  et  $fg$ ; puis, par le point de rencontre  $o$  de ces dernières, on mène une ligne  $oK$  qui divise en deux parties égales l'angle qu'elles forment, quelle que soit d'ailleurs son ouverture. Enfin du point  $K$ , comme centre, avec un rayon égal à l'une des perpendiculaires abaissées de ce point sur les droites  $do$  et  $og$ , on décrit la portion de cercle  $do$  et  $og$ , on décrit la portion de cercle  $ef$  tangente à ces droites. On obtiendra ainsi la ligne  $defg$  qui sera la ligne médiane cherchée. Après cela, du point  $K$ , comme centre, et avec un second et un troisième rayon  $KC$  et  $KB$ , on trace deux autres raccords pour former l'arrondissement du limon. C'est sur la ligne intérieure  $ABD$  qu'on devra porter les points de division obtenus par le balancement des marches. L'arrondissement du limon peut être circulaire, elliptique ou formé à la fois par une ligne droite

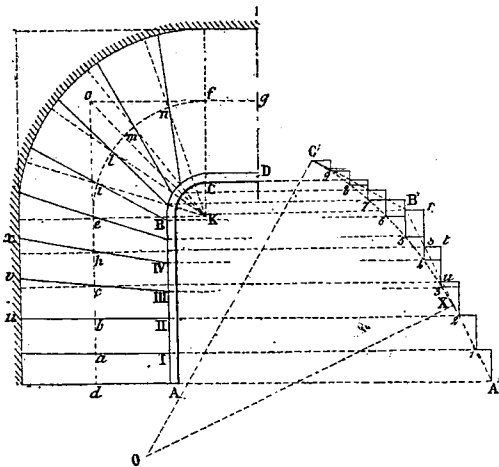


Fig. 491.

et par une ou deux courbes; mais, dans tous les cas, il doit toujours être disposé de manière que les extrémités des marches qui doivent y aboutir aient la plus grande largeur possible. C'est aussi d'après cette considération qu'on détermine la position du centre  $K$ .

Les marches, avant le balancement, sont indiquées en pointillé dans la figure. Pour opérer le balancement, on trace (fig. 494) en  $A'B'$  le développement de la

rampe  $AB$  et en  $B'C'$  celui de la rampe  $BC$ . Les deux lignes forment entre elles un angle qu'il s'agit de faire disparaître. Pour cela, on porte de  $B'$  en  $X$  une longueur égale à  $B'C'$  et, par  $C'$  et  $X$ , on élève deux perpendiculaires qui viennent se rencontrer en un point  $O$ . De ce point  $O$ , comme centre, et avec un rayon égal à  $OC'$  ou  $OX$ , on trace un arc de cercle qui est le raccordement cherché. En prolongeant jusqu'à cette courbe les traces horizontales  $rs$ ,  $tu$  des girons des marches, on obtient, en projection verticale, une suite de points 1, 2, 3, etc., qu'il ne sera pas difficile de rapporter sur la projection horizontale. En effet, partant du point 2, dont la position sur la rampe n'a pas varié par suite du tracé dont la projection horizontale est  $II$ , on porte donc  $II$ ,  $III$  égal à 2, 3,  $III$ ,  $IV$  égal à 3, 4 et ainsi de suite, et on obtiendra la projection horizontale de la rencontre des arêtes saillantes des marches avec le limon. Ces mêmes arêtes doivent aussi passer par les points de division marqués primitivement sur la ligne de foulée. Les lignes  $II u$ ,  $III v$ ,  $IV x$ , etc., seront les projections horizontales de ces arêtes et l'escalier dont les marches sont balancées aura pour projection, en plan, les arêtes tracées en lignes pleines.

Le tracé que nous venons d'indiquer peut se faire directement sur la coupe verticale d'un escalier. Si, dans un escalier, on développe la ligne qui passe par les arêtes supérieures des marches, on aura (fig. 495) deux droites  $1n$  et  $n14$  faisant un angle en  $n$ . L'une représentera la pente des marches droites et l'autre celle des marches tournantes dans la partie correspondante à  $BC$  (fig. 494). On porte ensuite la distance  $n14$  de  $n$  en  $p$ . On élève les perpendiculaires  $14 q$  et  $pq$ . Par leur point de rencontre  $q$ , on décrit un arc de cercle avec  $pq$  pour rayon et la ligne  $1p$  plus l'arc  $p14$ , formeront le développement cherché. Ce développement rencontre les horizontales des arêtes supérieures des marches en des points tels que 7, 8, 9, indique la division ou le balancement qu'il faut adopter. Pour reporter ces points sur le plan de l'escalier, on abaisse les perpendiculaires  $88' 99'$  etc. On fait, sur le plan de l'escalier,  $78$  égale à  $78'$ ,  $89$  égale à  $89'$ ,

et successivement ainsi pour les autres divisions, jusqu'au point 14. On obtient de cette manière les nouveaux points sur le plan de l'escalier. On joint, comme précé-

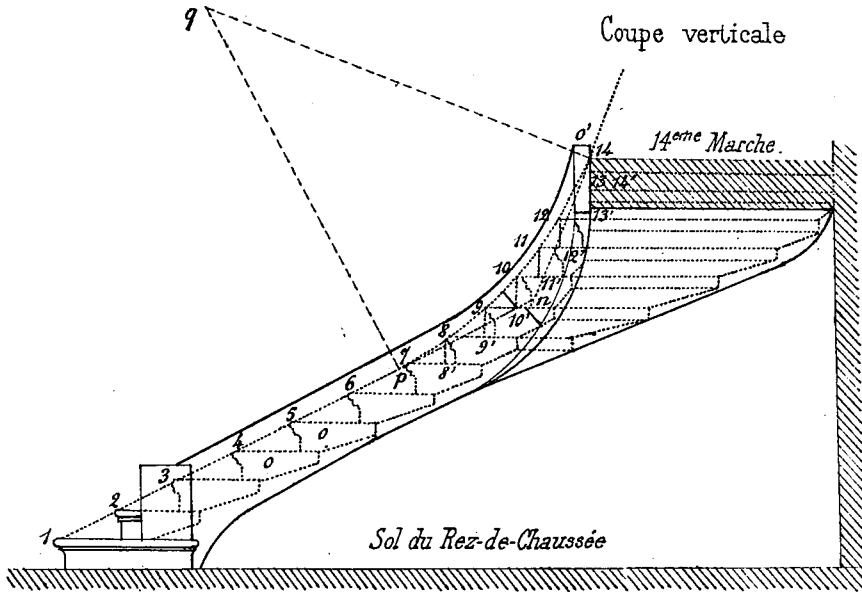


Fig. 495.

demment, aux points correspondants sur la ligne de foulée et on a des lignes qui marquent la direction du devant de chaque marche. Si les pentes étaient différentes, le développement pourrait avoir une toute autre forme. Il arrive même quelquefois que son ensemble ne présente qu'une seule et même ligne droite, ce qui a lieu lorsque l'angle en  $n$  est nul.

DÉVELOPPEMENT DE LA TANGENTE AU COLLET DES MARCHES

**384.** La figure 496 nous montre un croquis d'escalier à limon dont nous voulons tracer le développement des marches au collet. Sur la partie gauche de la figure se trouve représenté ce développement de la tangente aux collets des marches. On a rectifié cette tangente en établissant des parallèles également espacées,  $2l, 3m, 4o,$  etc., qui représentent les hauteurs égales des marches et en les coupant perpendiculairement par d'autres parallèles,  $3l, 4m, 5o,$  espacées entre elles d'intervalles différents qui représentent les diverses largeurs des collets pris dans la projection horizontale  $ab, bc, cd,$  etc., et en faisant passer une

ligne par tous les angles,  $2, 3, 4, 5, 6, 7,$  etc.

On voit, par cette figure, que la ligne de développement est droite tant que les collets sont égaux entre eux, comme de 2 à 4; qu'elle devient concave, quand les collets vont en diminuant, comme 5 à 8 et qu'elle a un point d'inflexion et devient convexe, comme de 9 à 11, quand les collets augmentent en largeur après avoir d'abord diminué.

**IV. — Escaliers à crémaillère ou escaliers anglais.**

**385.** Cette disposition d'escaliers à crémaillère ou, comme on dit souvent, *escaliers avec limon à crémaillère*, est très usitée à Paris pour les escaliers ordinaires des habitations. Elle présente un aspect plus hardi et plus dégagé que la précédente. La face supérieure du limon, au lieu d'être formée par une surface gauche continue, présente une série de gradins sur lesquels se fixent les marches et les contre-marches en planches au moyen d'équerres en fer. Le rebord transversal des marches est orné d'un astragale qui

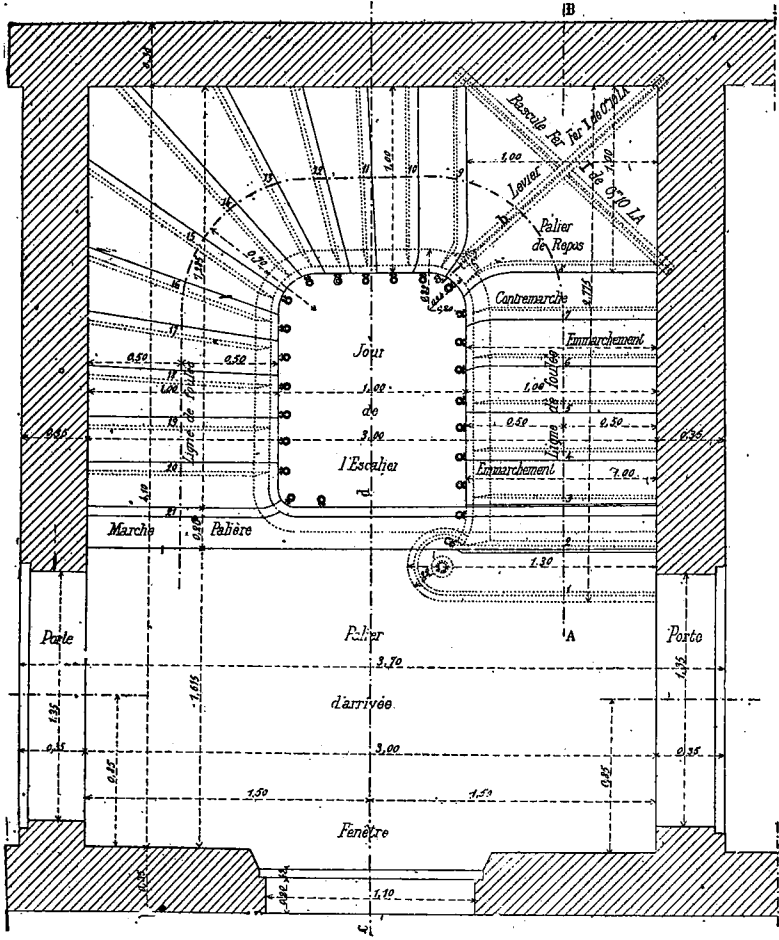
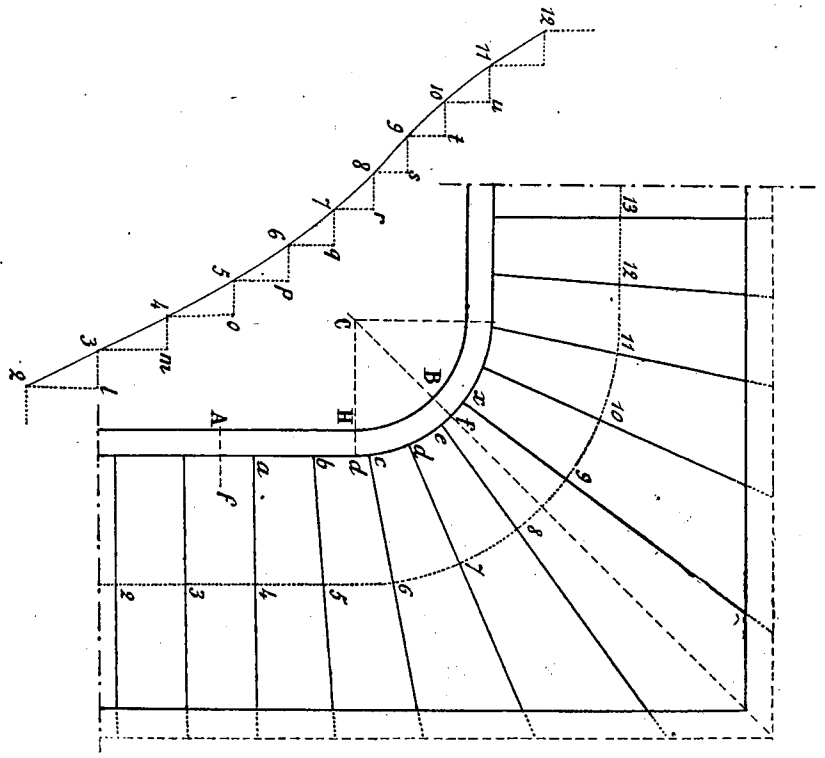


Fig. 497. — Plan de l'escalier.

Fig. 495.



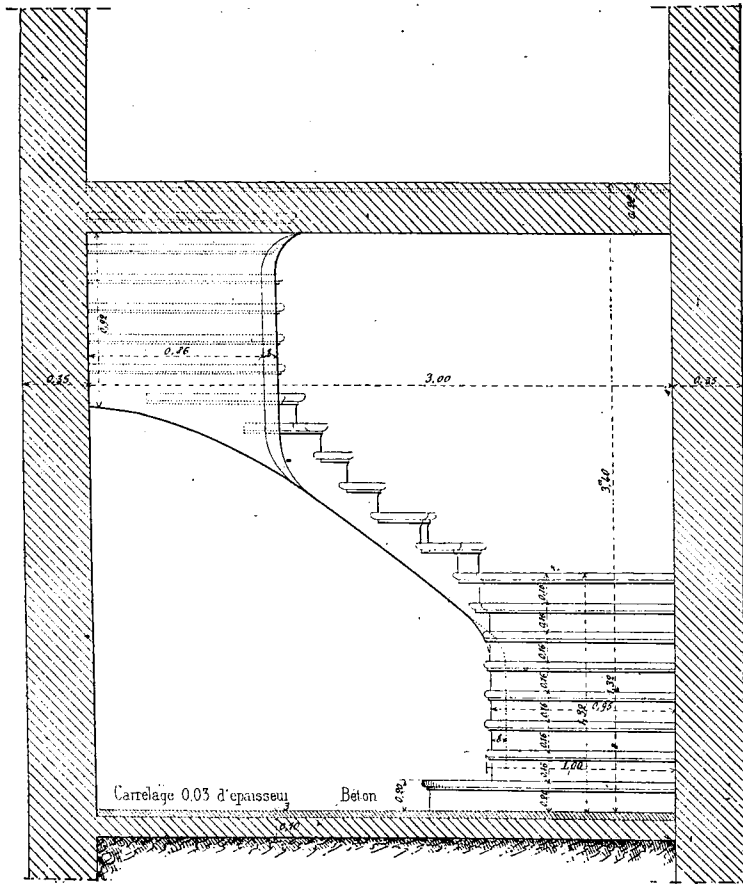


Fig. 498. — Vue de face de l'escalier.

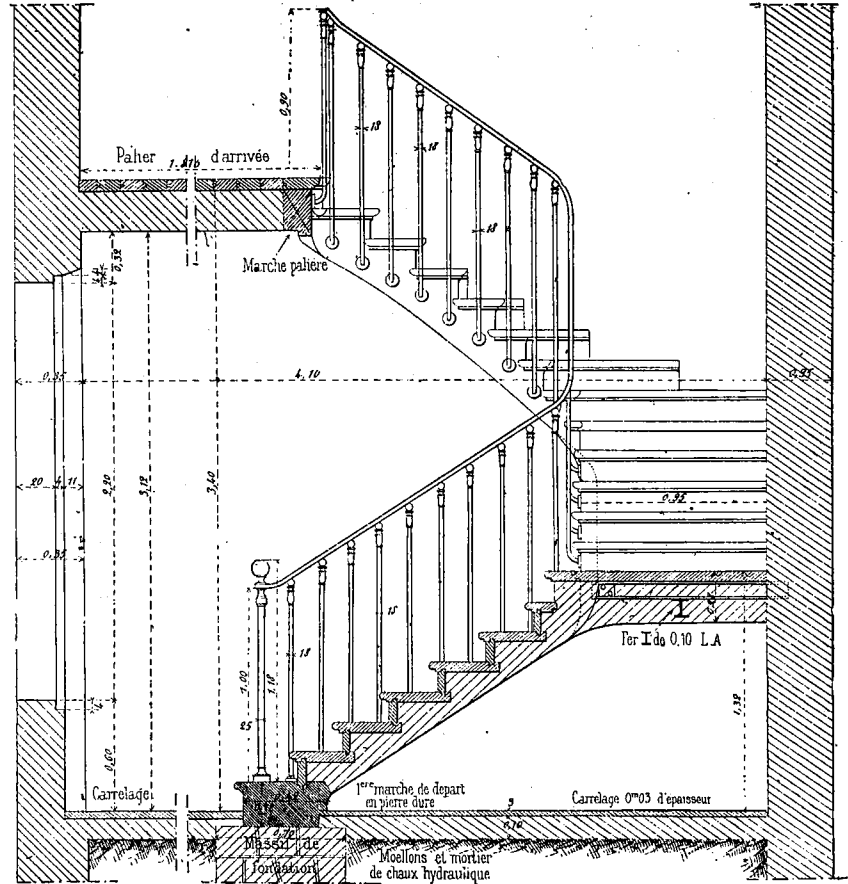


Fig. 499. — Coupe verticale suivant AB du plan (fig. 497).

dépasse ordinairement la face extérieure du limon et, accusant nettement aux yeux le système de la construction, produit à peu de frais une décoration rationnelle, parfaitement motivée.

Nous donnons (*fig.* 497, 498 et 499) le plan, la coupe et l'élevation d'un escalier à crémaillère. Nous avons résumé, dans cet exemple, le cas de l'escalier avec palier de repos et le cas de l'escalier avec marches rayonnantes.

#### DESCRIPTION SOMMAIRE

**386.** Comme le montrent les trois figures 497, 498 et 499, le limon est découpé en gradins en face des marches qui sont composées d'une marche proprement dite de 0<sup>m</sup>,034 à 0<sup>m</sup>,054 d'épaisseur et d'une contremarche de 0<sup>m</sup>,027, assemblées à joint couvert. La marche est posée sur le limon et y est fixée par une vis ou par une équerre en dessous. De l'autre côté, elle est encastrée dans le mur ou posée de même sur un contre-limon. Comme nous le verrons plus loin, la contremarche s'assemble à onglet sur le limon et y est clouée. Le plafond se fait sur des bardeaux cloués, soit sous les marches, soit sur de petites solives encastrées dans le limon et dans le mur, pour que les vibrations des marches ne fassent pas fendre l'enduit. Les assemblages des limons sont fortifiés, comme ci-dessus, par des équerres, des plates-bandes ou par des boulons. Sous chaque assemblage de deux parties de crémaillère, on place des plates-bandes qui ont, en général, 0<sup>m</sup>,04 de largeur sur 0,007 d'épaisseur. Ces bandes sont fixées avec vis.

Les barreaux de la rampe dont nous indiquons la disposition (*fig.* 499), se vissent sur la tête de la marche ou, plus généralement, comme le montre la figure, sur la face verticale du limon à angle droit. A la partie supérieure, ils sont vissés sur une bandelette en fer forgé sur laquelle s'attache la main-courante en bois vissée par-dessus. La bandelette de la main-courante a 20 millimètres de largeur sur 0,005 d'épaisseur. On remplace assez généralement aujourd'hui la marche en bois par une dalle en pierre dure. La contre-

marche reste en bois, mais alors on la peint en ton pierre, ce qui lui donne l'apparence de la pierre, de même pour le limon.

**387.** *Départ d'un escalier à crémaillère.* — La marche de départ d'un escalier à crémaillère se fait ordinairement en pierre; elle est posée, comme le montre la figure 499, sur un massif de fondation en moellons et mortier de chaux hydraulique. On lui donne souvent plus de hauteur qu'aux autres marches et aussi plus

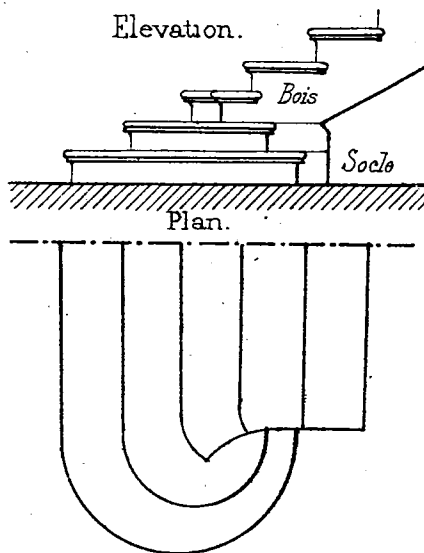


Fig. 500.

de développement pour que, à elle seule, elle accuse bien l'entrée de l'escalier. On adopte aussi la disposition représentée en croquis (*fig.* 500). Dans ce cas, les deux premières marches sont en pierre et elles se prolongent un peu sous le limon en forme de socle.

**388.** *Détails de construction d'un escalier à crémaillère.* — Les principales données de l'escalier que nous représentons sont les suivantes :

- Hauteur de l'étage du sol au premier palier, 3<sup>m</sup>,40 ;
- Hauteur des marches, 0<sup>m</sup>,16 ;
- Giron, 0,25 ;
- Emmarchement, 1<sup>m</sup>,00.

DISPOSITION DES PALIERS

**389.** Dans la disposition des paliers d'un escalier, nous avons plusieurs cas à examiner : palier intermédiaire, palier d'arrivée, palier d'arrivée et de départ pour un étage supérieur.

I. — *Palier intermédiaire.*

Soit (fig. 501) le plan d'un palier intermédiaire d'un escalier à crémaillère. En *aa'*, nous avons la projection de la

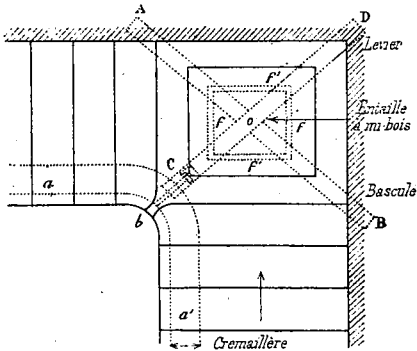


Fig. 501.

crémaillère. Pour soutenir l'angle *b* de

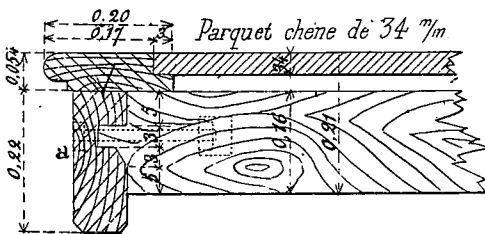


Fig. 502.

cette crémaillère, on place une pièce de bois *CD* qu'on nomme *levier* et qui est fixée d'un côté sur la crémaillère, à l'aide d'un assemblage à tenon muni d'un renfort lequel est représenté en croquis (fig. 502). Cet assemblage est solidement maintenu par un boulon. De l'autre côté, la pièce *CD* est encastée dans le mur. Perpendiculairement à cette première pièce, on en place une autre *AB* qu'on nomme *bascule*, qui s'assemble à mi-bois

avec le levier et qui est scellée dans le mur à chaque extrémité. Le levier passe évidemment par-dessus la bascule. Dans ces deux pièces *AB* et *CD*, on peut assembler des fourrures *f* et *f'* destinées à soutenir le parquet du palier. Dans certains cas, comme nous le voyons dans le plan (fig. 497) et en détail dans le croquis (fig. 503), le levier et la bascule sont formés de deux fers *I* passant l'un au-dessus de l'autre. Celui qui forme bascule est scellé à ses deux extrémités dans les murs de la cage. Celui qui forme levier est

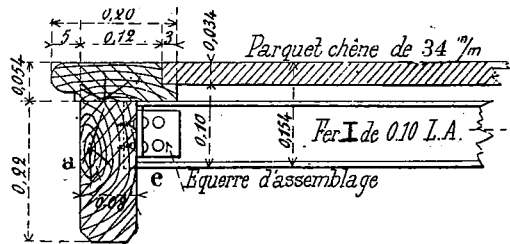


Fig. 503.

scellé d'un côté dans le mur et, de l'autre, assemblé avec la crémaillère *a* à l'aide d'une cornière ou équerre en fer *e* (fig. 503).

II. — *Palier d'arrivée.*

Nous indiquons en croquis (fig. 504) le plan d'un palier d'arrivée. Pour soutenir

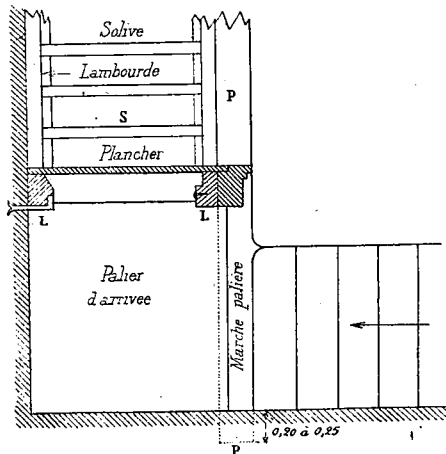


Fig. 504.

ce palier, on se sert d'une grande pièce

de bois P qui est scellée à chaque bout de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,23 dans les murs de la cage et qu'on nomme *marche palière*. Pour placer le parquet, on met deux lambourdes L qu'on fixe l'une le long du mur et l'autre le long de la marche palière. Ces lambourdes supportent des solives S sur lesquelles on pourra sceller le parquet. La figure 503 donne le détail de la marche palière de l'escalier représenté par les figures 497, 498 et 499 avec toutes les cotes et les détails d'assemblage.

III. — *Palier d'arrivée et de départ.*

Ce palier, indiqué en croquis (fig. 506), nous montre l'arrivée d'une première volée

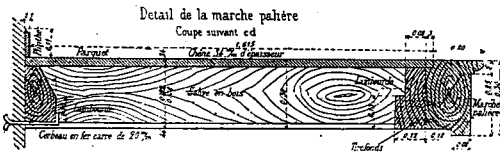


Fig. 503.

à un palier de repos et de départ d'une autre volée pour atteindre l'étage supé-

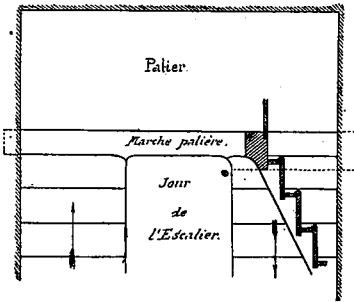


Fig. 506.

rieur. Nous avons, comme dans le cas précédent, une marche palière scellée dans les murs de la cage de l'escalier.

*Assemblage de deux parties de crémaillère.* La figure 507 nous montre comment se fait l'assemblage de deux parties de crémaillère. Un boulon de 0<sup>m</sup>,018 de diamètre traverse la crémaillère sur une longueur de 0<sup>m</sup>,70 et, à l'aide de deux écrous, maintient bien fermé le joint des

deux parties. Sous la crémaillère, à l'endroit du joint, on place, comme dans le

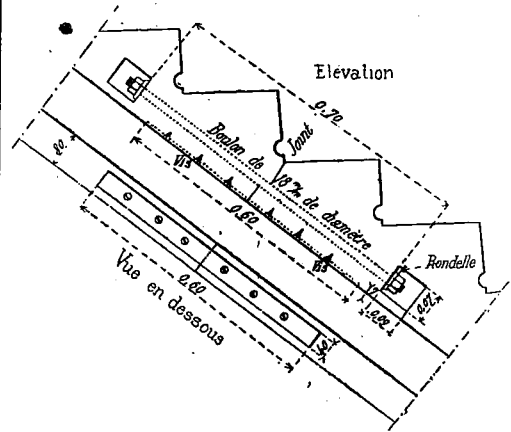


Fig. 507.

limon ordinaire, une plate-bande en fer plat de 40/7 fixée avec des vis.

*Assemblage de la contremarche et de la crémaillère.* La contremarche est, comme

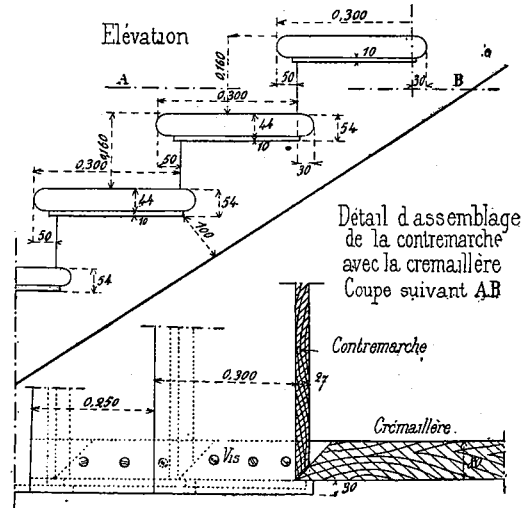


Fig. 508.

le montre le croquis (fig. 508), taillée en biseau et vient s'appliquer contre la crémaillère où elle est fixée avec des clous. L'élevation de cette figure nous montre la disposition des marches avec leur profil et leurs principales dimensions.

*Coupe longitudinale d'un escalier à cré-*



maillère. La figure 509 nous montre en détail la coupe d'un escalier à l'anglaise. La légende suivante en fera facilement comprendre les diverses parties.

M — Marche en chêne de 0<sup>m</sup>,054 d'épaisseur, astragalée, giron de 0<sup>m</sup>,25.

C — Contremarche de 0<sup>m</sup>,27 d'épaisseur

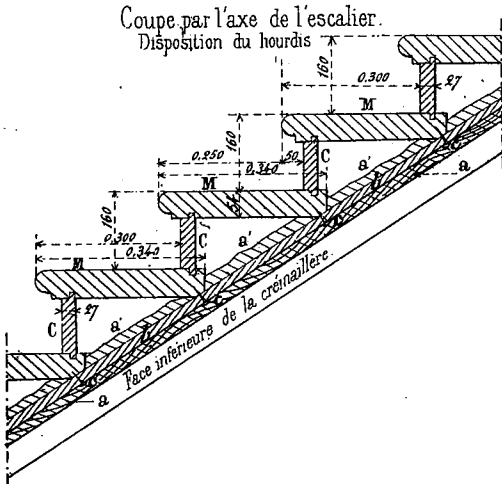


Fig. 509.

assemblée à rainure et languette dans la marche;

a — Enduit en plâtre formant plafond et ayant 0<sup>m</sup>,02 d'épaisseur ;

b — Bardeaux ou lattes de 0<sup>m</sup>,014 d'épaisseur cloués sur le dessous des marches et maintenant le plâtre du plafond ;

a' — Plâtre débordant au travers des bardeaux ;

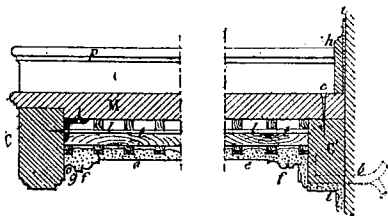


Fig. 510.

c — Clous fixant les bardeaux sur les marches.

Coupe transversale d'un escalier à crémaillère. Cette coupe transversale est re-

Sciences générales.

présentée en croquis (fig. 510). Nous avons supposé, dans cette coupe, que les bardeaux, au lieu d'être cloués directement sur le dessous des marches, sont cloués sur des tasseaux *t*. Nous indiquons plus loin (fig. 511) la disposition de ces tasseaux dans une coupe longitudinale. Cette coupe transversale (fig. 510) nous montre :

En C', la fausse crémaillère retenue solidement dans la cage d'escalier par de forts crampons *b* ;

En M, la coupe d'une marche entaillée en face de la crémaillère et fixée sur elle à l'aide d'une équerre en fer. De l'autre côté, cette marche est retenue sur la fausse crémaillère par de grands clous *c* ;

En C, la coupe de la crémaillère ;

En *l*, les lattes clouées sur les tasseaux *t*, et recevant l'enduit en plâtre *e* ;

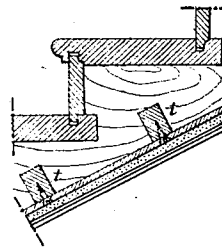


Fig. 511.

En *f*, se trouvent les moulures en plâtre tracées sur le rampant de l'escalier ;

En *g*, la position d'un tuyau à gaz dissimulé dans la moulure ;

En *h*, le stylobathe appliqué contre l'enduit en plâtre *i* placés sur le mur de la cage ;

En *O*, une marche en élévation dont l'astragale est figurée en *p*.

## V. — Escalier à jour circulaire.

390. Cet escalier est représenté en coupe verticale et en plan (fig. 483). D'après ce que nous venons de dire, l'inspection seule de la figure en fait facilement comprendre les diverses parties. La première marche est massive. En A, il existe une porte de descente de cave.

Dans les escaliers à base circulaire, où la projection horizontale des limons est

composée d'arcs de cercle, on nomme pratiquement ces limons *courbes rampantes*.

La courbe rampante est susceptible de plusieurs variétés, savoir :

1° Si elle reçoit des marches dont les collets sont égaux en hauteur et égaux en largeur, la rectification de ses arêtes sera droite;

2° Si, toujours sur même plan, elle reçoit des marches dont les collets ont même hauteur, mais dont les largeurs diffèrent, la rectification de ses arêtes sera courbe.

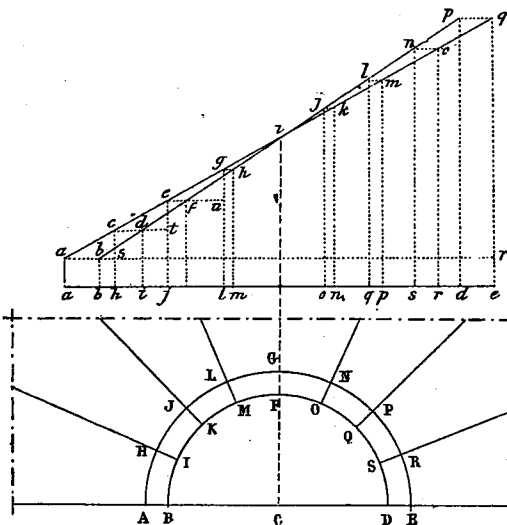


Fig. 512.

Soit (fig. 512) la demi-couronne comprise entre les deux demi-cercles AGE, BFD, la projection horizontale d'un limon recevant huit têtes de marche dont les collets sont égaux, ainsi que les hauteurs des pas, dont les traces sont supposées rayonnantes. Soit *ae* la rectification de la demi-circonférence AGE.

Elle sera divisée en parties égales, en *h, j, l, n, p, r, e*, comme l'est la circonférence en *H, J, L, G, N, P, R, E*. Si l'on élève à chaque point de cette projection une perpendiculaire *aa, hc, je, etc.*, qu'on fera successivement de 1, 2, 3, 4, etc. hauteurs de pas, en les coupant par des parallèles à *ae, as, ct, eu, etc.*, et si l'on joint les

extrémités de ces perpendiculaires par des droites *ac, ce, eg, etc.* chaque triangle *asc, cte, eug, etc.*, sera une portion de la surface du resocle au-dessus d'une marche et chaque hypoténuse *ac, ce, etc.* sera le développement de la portion du limon rectifié qui appartient à cette marche. Or, tous ces triangles ayant même base et même hauteur, sont égaux entre eux. Donc, toutes leurs hypoténuses sont égales, et également inclinées sur la base. Elles forment nécessairement une ligne droite qui est l'hypoténuse du

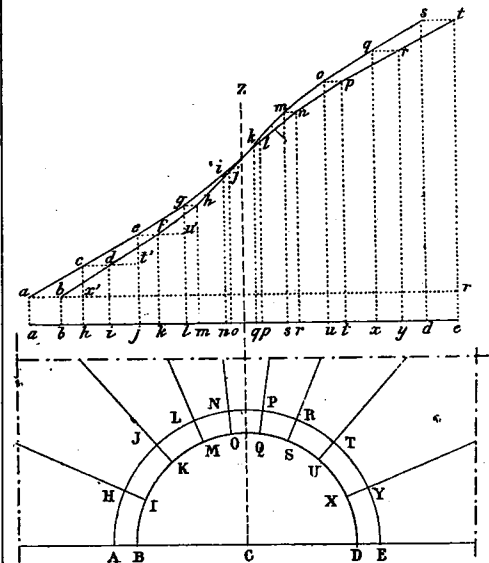


Fig. 513.

triangle *arq*. Mais si, toujours sur même plan (fig. 513) et avec même hauteur constante de pas et même rectification *ae* du limon à plan circulaire ANE, ce limon reçoit des têtes de marches dont les collets sont inégaux et qu'on en construit le développement de la même manière que dans le cas précédent, les triangles *aa'c, c'e, eu'g, etc.*, représentatifs au-dessus de chaque marche, auront tous la même hauteur, mais des bases de grandeur inégale. Ainsi, bien loin d'être égaux entre eux comme dans le premier cas, ils n'en seront pas même semblables et les hypoténuses de chacun seront indifféremment inclinées sur la base. La suite de

ces hypothénuses partielles ne pourra donc pas former une ligne droite, comme

double inflexion de chaque côté de la marche dont le collet sera le plus petit et qui aura autant de points d'inflexion qu'il se trouvera de systèmes de rétrécissement de collets dans la suite des marches.

Les deux ordres de perpendiculaires employées dans ce tracé forment ce qu'on appelle les *coordonnées du développement du limon*. Celles d'un même point ont partout le même rapport entre elles dans le premier cas, ce qui constitue essentiellement une ligne droite ; mais, dans le deuxième cas, où les unes sont égales entre elles et les autres inégales, les coordonnées d'un même point sont entre elles dans des rapports différents, propriété caractéristique des lignes courbes qui sont variables à l'infini, tandis que la droite est unique dans son espèce. Chacune de ces deux figures présente aussi le développement du limon intérieur, concentrique à l'extérieur par son plan, dont le tracé doit se faire de la même manière et manifeste la même propriété.

Si la base est une demi-ellipse, ou un demi-ovale, qui est son imitation dans la pratique, l'une ou l'autre des arêtes sera nécessairement affectée du défaut nommé *jarret*.

*Observation.* On a cherché le minimum de grandeur d'un espace dans lequel il serait possible d'établir un escalier circulaire tournant sur lui-même comme une vis et dont les marches auraient 0<sup>m</sup>,16 de hauteur ou de pas, 0<sup>m</sup>,32 de giron ou de largeur, 0<sup>m</sup>,97 de longueur et 1<sup>m</sup>,95 d'échappée et on a trouvé (*fig. 514*) treize marches dans une révolution ou dans un espace circulaire de 2<sup>m</sup>,31 de diamètre.

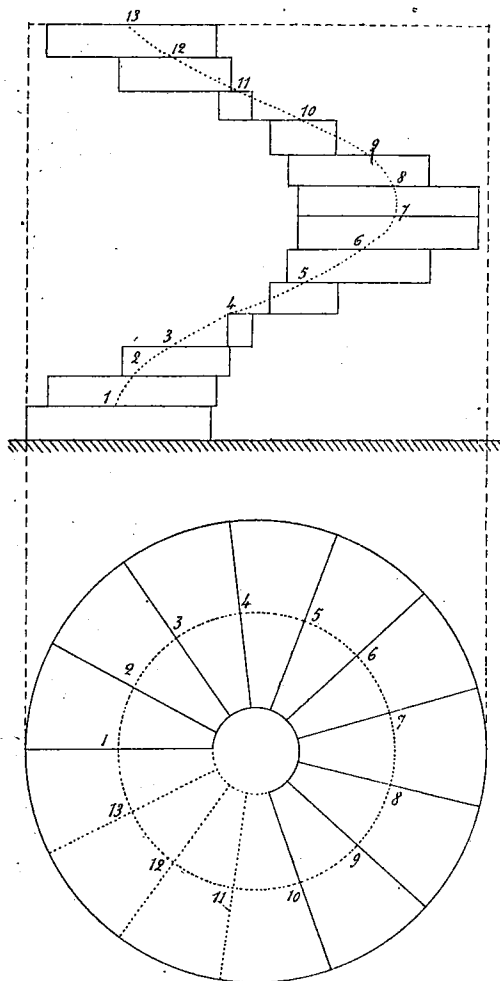


Fig. 514.

dans le cas précédent, mais une courbe à

## § VI. — DIFFÉRENTES FORMES DES MARCHES D'ESCALIERS

### Marches primitives.

**391.** Anciennement, les marches d'escaliers étaient formées le plus souvent, comme le montre la figure 514 bis, de pièces de bois de 0<sup>m</sup>,16 d'équarrissage. Les intervalles étaient hourdés en plâtras et plâtre.

Le dessus était carrelé et le dessous plafonné sur bardeaux cloués sur la face inférieure. On a aussi employé la disposition avec astragale représentée (*fig. 515*). Le giron est encore composé de la même pièce de bois qui se place en avant et sa largeur est achevée par des carreaux de terre

cuite scellés. Sous lesdites marches et carreaux, est un plafond en plâtre. Un bout de la pièce de bois est scellé dans un mur

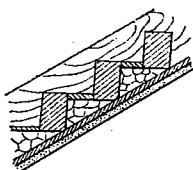


Fig. 514 bis.

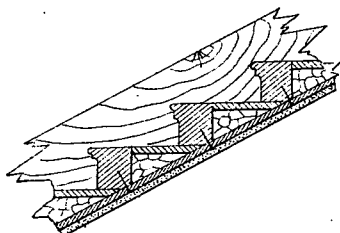


Fig. 515.

ou dans un pan de bois et l'autre bout est assemblé dans un limon ou dans un noyau.

### Marches massives en bois.

392. Ce mode de construction a été abandonné pour être remplacé par des marches en bois entièrement pleines, qu'on

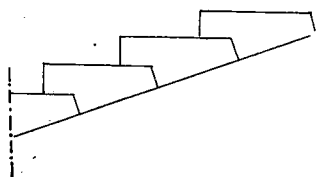


Fig. 516.

nomme *marches massives*. Quelquefois, les marches pleines sont, comme le montre le croquis (fig. 516), simplement posées à

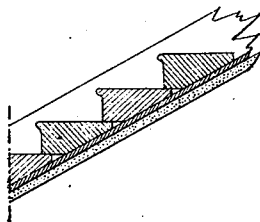


Fig. 517.

recouvrement et en coupe, comme les marches en pierre. Elles peuvent, comme l'indique le croquis (fig. 517) étant toujours prises dans un seul morceau de bois,

être astragalées, se recouvrir d'une petite quantité et être délardées à leur partie

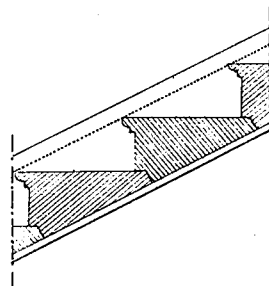


Fig. 518.

inférieure. Ce délardement permet de fixer sur le dessous des marches des bardeaux ou, mieux, des lattes en bois et d'exécuter facilement un plafond.

On emploie aussi la disposition (fig. 518). On a aussi adopté pour les marches pleines

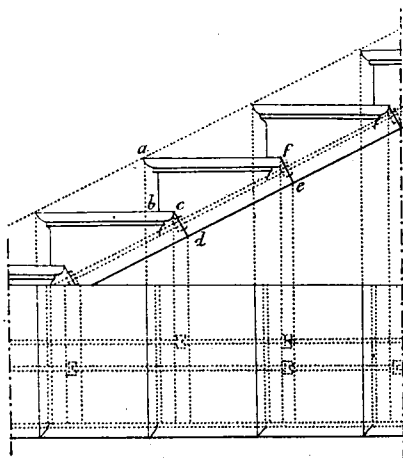


Fig. 519.

la forme donnée par le croquis (fig. 519). Dans cet exemple, la même pièce de bois forme le giron, la hauteur de pas, la coupe de recouvrement en tas de charge et le plafond.

Dans les escaliers où l'on emploie ces marches, le limon est supprimé et les différentes marches consécutives sont reliées entre elles par des pièces de fer ou boulons appelés *clefs* qui les traversent deux à

deux et sont serrées par-dessous au moyen de chevilles. Il y a même parfois plusieurs cours de boulons. Ce genre d'escalier est nommé *escalier à l'anglaise*.

Quand les marches seront droites et auront toutes leurs arêtes parallèles, un seul panneau *a, b, c, d, e, f*, suffira pour les façonner, en remarquant seulement que la ligne de coupe *c, d*, doit être perpendiculaire à la ligne inférieure des marches. Dans ce cas, le plafond est une surface plane. Lorsque les marches sont dansantes, c'est-à-dire plus larges à un bout qu'à l'autre, il faut, pour les façonner sur un plan droit, deux panneaux : un pour la tête et un pour la queue. Mais, en les supposant toutefois coupées de longueur sur le plan, le plafond et la feuillure sont alors gauches.

Il existe encore une autre disposition dans laquelle on conserve le limon, mais entaillé en crémaillère, en face de chaque marche, lesquelles peuvent être pleines ou évidées. Ces marches ne sont plus encastrées sur le limon, mais reposent sur cette pièce, à laquelle elles sont fixées par de fortes vis ou par des équerres placées en dessous. La partie verticale de la crémaillère est coupée à onglet pour recevoir l'onglet de la contremarche. Ce genre d'escalier se nomme *demi-anglais*.

**Marches actuellement employées.**

**393.** On fait aujourd'hui des marches, qui ont la même apparence que les marches pleines et qui sont composées de deux

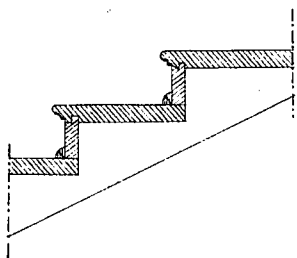


Fig. 520.

planches d'une certaine épaisseur. Un morceau de planche forme la surface dite giron, que, pratiquement, on nomme *mar-*

*che*; un autre morceau de planche forme la hauteur du pas. Celui-ci prend alors le nom de *contremarche*. La marche est réunie à la contremarche à rainure et languette; mais il résulte de ce procédé que quand la marche est flexible, elle s'éloigne quelquefois de la languette. Lorsqu'elle en est rapprochée par le poids de la personne qui monte ou qui descend, le frottement occasionne un petit bruit qu'on nomme *cri*. Pour certaines personnes, le cri d'une marche suggère l'idée d'une construction frêle et sans solidité, d'où naît un sentiment de crainte très fâcheux. Pour y remédier, il faut fixer la marche à la contremarche avec des vis dont la tête doit être soigneusement noyée dans la marche.

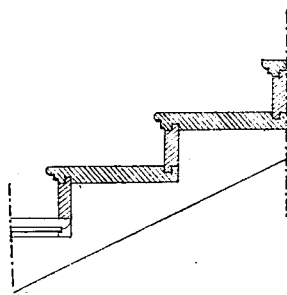


Fig. 521.

La figure 520 montre comme on peut simplement fixer la marche sur la contremarche; rainure et languette en haut et une simple baguette et un clou en bas.

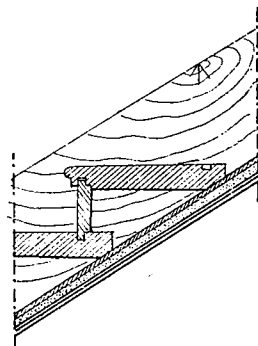


Fig. 522.

La figure 521 montre l'assemblage à rainures et languettes haut et bas. La figure 522 indique comment on peut

faire le plafond au-dessous des marches simplement en entaillant un peu la partie prolongée de la marche et en clouant de l'une à l'autre un lattis sur lequel on pourra exécuter un plafond.

Pour ne pas entailler les marches, on peut, comme le montre la figure 523, clouer

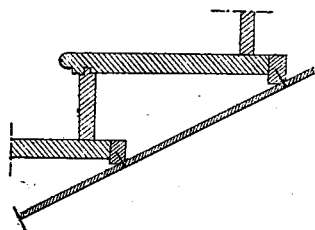


Fig. 523.

de petits tasseaux chanfreinés sur lesquels on cloue les bardeaux ou les lattes. On peut aussi, comme l'indique la figure 541,

disposer des traverses *t* horizontales, vues en bout dans la figure et qui reçoivent le lattis destiné à porter le plâtre formant le plafond. Ces traverses sont indépendantes des marches, afin que les oscillations de celles-ci ne détruisent pas l'endroit du plafond.

Dans les escaliers à crémaillère, la jonction de la marche sur le limon peut se faire de deux manières, soit (fig. 524) à l'aide d'une simple vis dont la tête sera

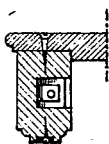


Fig. 524.

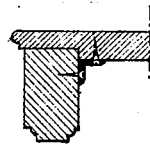


Fig. 525.

noyée dans la marche, soit (fig. 525) en servant d'une cornière en fer fixée sur la marche et sur le limon par des vis.

## § VII. — ESCALIERS DIVERS

### I. — Escaliers droits.

**394.** On désigne, en général, sous ce nom, les escaliers extérieurs établis dans beaucoup de constructions rurales et qui ne sont, le plus souvent, que des échelles de meunier.

### II. — Escaliers en limaçon et à noyau plein. — Escalier à vis.

**395.** Il peut arriver, dans un escalier, que la cage soit supprimée complètement, comme dans les escaliers en limaçon ou à vis, fréquemment employés dans les magasins, et dont nous donnons un croquis (fig. 526).

Ces escaliers ressemblent aux vis à noyaux pleins en pierre. Seulement, le noyau est, le plus souvent, formé par une pièce de bois verticale, montant de fond en comble, sur laquelle s'assemblent les bouts des marches.

Dans l'escalier représenté (fig. 526), établi sur un plan circulaire, le limon est

composé de pièces ayant toutes les mêmes dimensions, la même pente et la même courbure. La stabilité de ces sortes d'escaliers est assurée par des barres boulonnées passant au-dessous des marches et reliant, soit les deux limons, lorsqu'on dispose l'escalier comme le montre la figure 527, c'est-à-dire un escalier dont les marches tournent en limaçon autour d'un jour ouvert déterminé par une circonférence, soit les limons aux colonnes pleines, comme le montrent les croquis (fig. 526 et 528). Dans la figure 526, le plan de la cage est circulaire. Dans la figure 528, le plan de la cage est carré. En outre, deux pièces consécutives d'un même limon sont fortement boulonnées entre elles suivant des directions obliques à la fois à chacune de ces pièces. Dans ces sortes d'escaliers, la largeur de giron est beaucoup plus étroite à l'une des extrémités qu'à l'autre, ce qui rend leur usage difficile. C'est pour éviter, autant que possible, cet inconvénient qu'on a imaginé les escaliers à noyaux évidés, à jour et à quartiers

tournants ou limons continus, tels qu'on les fait aujourd'hui et dont nous avons donné les détails.

La forme d'escaliers dont nous venons de parler ne permet guère l'emploi de grandes portions de limon provenant d'un

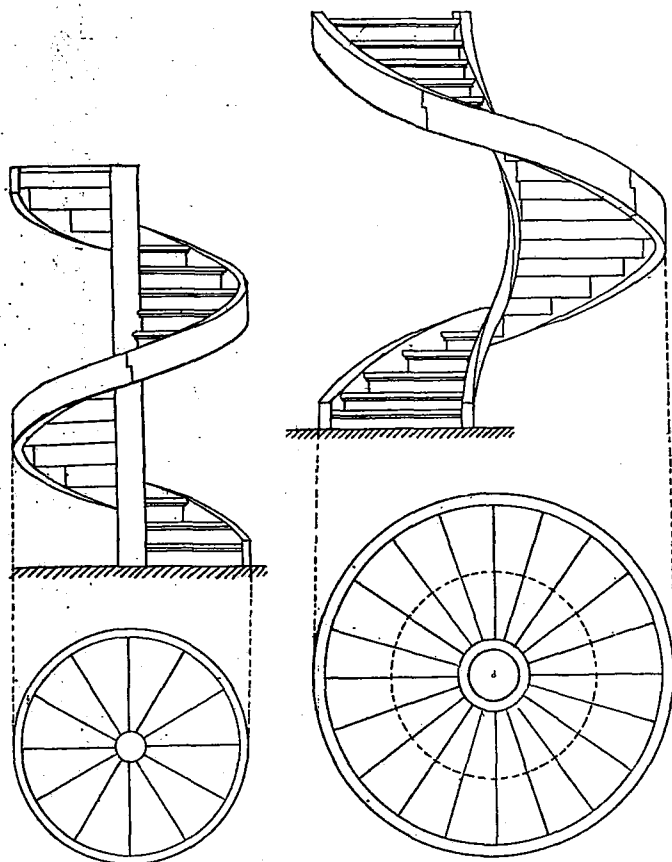


Fig. 526.

Fig. 527.

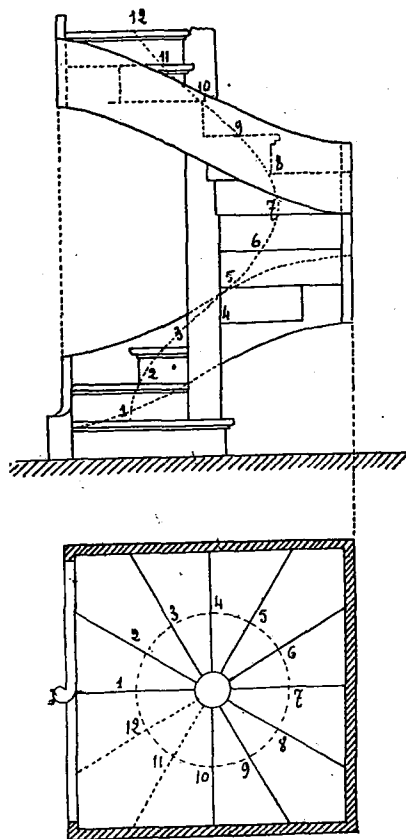


Fig. 528.

même morceau de bois. Cette forme convient spécialement aux escaliers dérobés et à ceux des établissements publics : aux cafés, aux restaurants et, en général, aux localités d'un espace tel qu'il est indispensable, pour trouver le développement d'un escalier, de lui faire faire sur lui-même plus d'une révolution. La courbure du limon, dans un escalier de ce genre, revenant à plusieurs reprises sur lui-même, est une hélice dont la construction est connue et dont les différentes parties se construisent et s'assemblent de la même manière que les limons des quartiers tournants.

### III. — Escaliers à plusieurs noyaux.

**396.** D'anciens escaliers, appartenant à la catégorie des escaliers à noyau plein, suivant la place dont on a à disposer, ont deux ou quatre noyaux montant de fond en comble. On en voit encore beaucoup, dans les anciennes maisons de Paris, ayant deux noyaux reliés par des limons droits et inclinés. Les marches sont, comme nous l'avons déjà vu, formées par des pièces de bois rectangulaires dont les vide sont remplis par des gravois recouverts en carreaux de terre cuite; le des

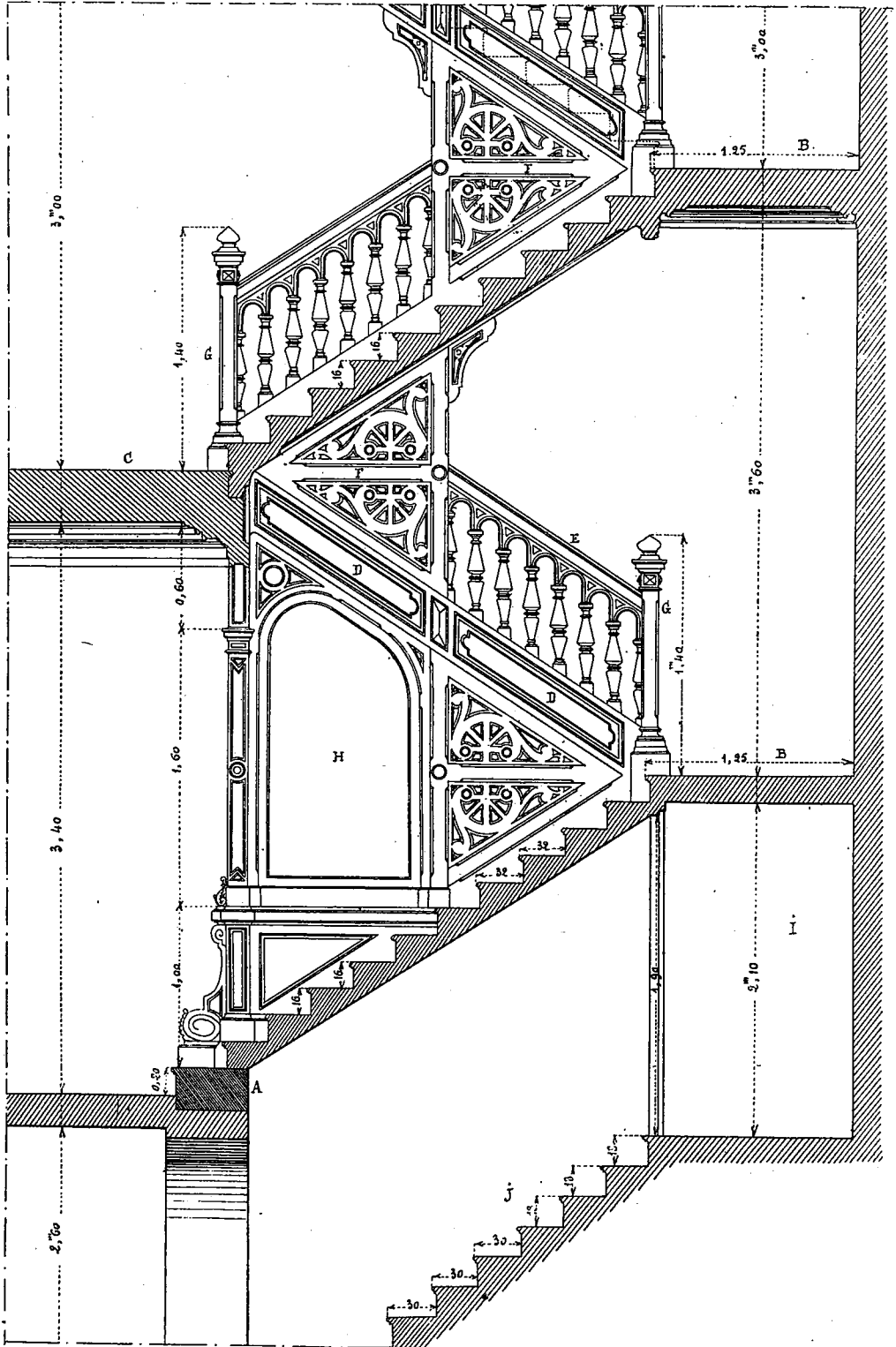


Fig. 529.



sous est plafonné. Les escaliers à deux noyaux, avec quartier tournant, sont incommodes et disgracieux. Ceux à quatre noyaux, avec piliers, sont beaucoup plus satisfaisants sous tous les rapports. A cette même catégorie d'escaliers appartient celle qu'on exécute aujourd'hui dans certains hôtels particuliers et que nous pouvons désigner sous le nom d'escaliers sans jour ou *escaliers à rampe sur rampe*. Nous donnons (fig. 529) un exemple d'escalier à rampe sur rampe.

Dans cet exemple, la première marche, ou marche de départ A, est en pierre dure et les marches suivantes sont en bois. La première volée de cet escalier se compose de douze marches qui donnent accès à un palier intermédiaire B servant de palier de repos. La deuxième volée, partant du palier B, est également composée d'un même nombre de marches et permet d'atteindre le palier C du premier étage. De ce palier, les mêmes volées se reproduisent pour atteindre un étage supérieur et ainsi de suite. Tout cet escalier est construit en bois. Il nous donne un exemple décoratif du départ d'un escalier en bois et montre, de plus, en D, comment peut se faire la décoration d'un limon. Afin que la personne qui monte ne puisse se blesser en mettant la main dans l'angle que formerait la rampe E avec sa rencontre sur le dessous du limon, on place assez souvent, comme l'indique le croquis, des tympanes F dans l'angle formé par deux parties de limon qui se superposent. Ces tympanes sont souvent l'objet d'une très riche décoration. Ici, nous donnons un exemple de tympan en bois découpé assez simple et qui produit, en exécution, un assez bon effet. La rampe de cet escalier est formée par des balustres tournés se raccordant avec la main courante par une petite galerie. A chaque palier de repos et à chaque palier d'arrivée, se trouvent des pilastres G servant d'amortissement à la rampe de l'escalier. En H, dans le tympan du rez-de-chaussée qui est plus grand que les autres, on réserve un emplacement pour y placer, soit une glace, soit une peinture décorative.

En I se trouve une porte de descente de cave placée sous le premier palier de

repos. Un escalier J, formé de marches en pierres ayant 0<sup>m</sup>,18 de hauteur et 0<sup>m</sup>30, de giron, permet d'accéder à la cave.

La construction de cet escalier, en laissant de côté la partie décorative, est très simple. Chaque volée se compose, en effet, de limons droits qu'on peut faire d'un seul morceau. Ces limons s'assemblent avec les marches palières des paliers de repos et des paliers d'arrivée.

L'esprit des constructeurs et des ouvriers habiles s'est ingénié à découvrir, pour les escaliers, un certain nombre de combinaisons, souvent remarquables, mais peu usitées, parmi lesquelles on peut citer :

1° Les escaliers circulaires sur poteaux plus ou moins multipliés, remplaçant les noyaux ou les cages, comme ceux qu'on plaçait au moyen âge dans les angles des grandes pièces et qui étaient souvent des meubles richement décorés de sculptures ;

2° Les escaliers en limaçon, pivotant sur leurs noyaux ; escaliers secrets, établis dans une cage cylindrique en menuiserie dans une tour ronde et dont on dissimulait l'existence, à volonté, en les faisant tourner de quelques degrés sur leur axe ;

3° Les escaliers doubles, le plus souvent dans des cages circulaires dont les abouts de marches décrivent, sur les parois de la cage, deux hélices de même pas et pourtant équidistantes, de manière à desservir des points de départ et d'arrivée diamétralement opposés aux divers étages ;

4° Les escaliers suspendus, dont la largeur diminue d'étage en étage pour donner du jour au bas, quand on ne dispose, pour tout moyen d'éclairage, que d'un châssis vitré dans le haut ;

5° Les escaliers à deux jours, en forme de huit en plan, peu solides et peu usités, mais permettant de faire gagner rapidement une grande hauteur dans un petit espace ;

6° Les escaliers à répétition, avec largeur divisée en deux rampes dont les marches sont égales en largeur, mais ayant le double de la hauteur des marches ordinaires (fig. 530). Elles sont disposées de manière que l'arête de chaque marche d'une rampe corresponde au milieu de la

hauteur de chaque marche de l'autre rampe. De cette manière, il y a une rampe pour chacun des pieds de la personne qui monte ou qui descend.

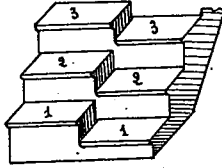


Fig. 530.

Cette disposition est fondée sur l'obser-

vation que, en général, chaque pied passe d'une marche à l'autre sans s'arrêter à celle sur laquelle l'autre pied est posé. Elle permet d'établir des escaliers avec très peu de développement en plan. L'escalier à répétition peut être composé de trois rampes au lieu de deux. Celle du milieu a alors le double de la largeur des deux autres qui sont disposées symétriquement à ses côtés. L'escalier peut, étant ainsi disposé, servir au passage de deux files de personnes à la fois.

L'escalier à répétition remplace avantageusement l'échelle de meunier dans plusieurs circonstances et même supplée à un escalier plus commode, lorsque l'espace manque.

### § VIII. — INDICATION D'UN ESCALIER

#### DANS LES PLANS A PETITE ÉCHELLE

**397.** Pour les escaliers tournants à noyau évidé, on se contente souvent, pour les dessins à petite échelle, d'indiquer la ligne de foulée, puis de joindre les marches tournantes au centre du cercle de raccord comme le montre le croquis (fig. 531). Il est bien entendu qu'on se réserve d'étu-

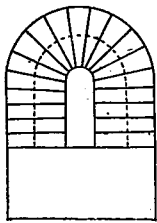


Fig. 531.

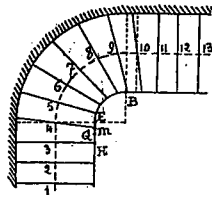


Fig. 532.

dier le balancement des marches de cet escalier dans l'étude en grand. Si l'escalier a la forme représentée en plan par la figure 532, on trace la ligne de foulée comme nous le savons. Les lignes d'em-

marchement sont menées d'équerre sur la ligne de foulée, depuis la première marche jusqu'à la quatrième et depuis la dixième jusqu'à la treizième. Quant aux six autres marches, elles s'obtiennent en divisant d'abord la ligne EB en six parties égales. Puis, ayant fixé aussi la position des marches 5, 6, 7, 8, 9 en joignant les points de division sur la ligne de foulée au centre du cercle de raccordement, on aura la direction des marches dansantes.

Pour ne pas brusquer le passage des marches droites aux marches dansantes, il faut chercher le milieu G entre le point E et le point H, puis le milieu m entre le point E et le point G. En joignant le point 4 au point m, on a la direction de la marche qui sert d'intermédiaire entre les marches droites et les marches dansantes. On opère de même pour trouver la direction de la marche 10.

Lorsque la cage d'escalier est complètement circulaire, on se contente de joindre tous les points de division sur la ligne de foulée au centre du cercle.

§ IX. — RAMPES DES ESCALIERS EN BOIS

**398.** La volée d'un escalier, quel que soit son genre de construction, est ordinairement munie d'un garde-corps, lequel, dans les constructions solides, se compose le plus souvent d'une série de montants verticaux de 8 centimètres d'équarrissage

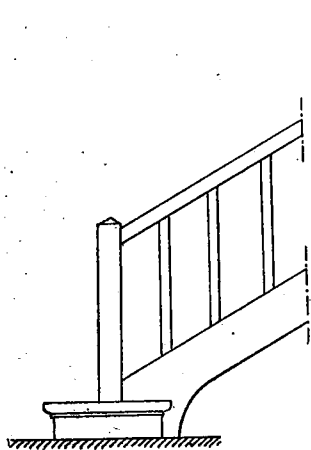


Fig. 533.

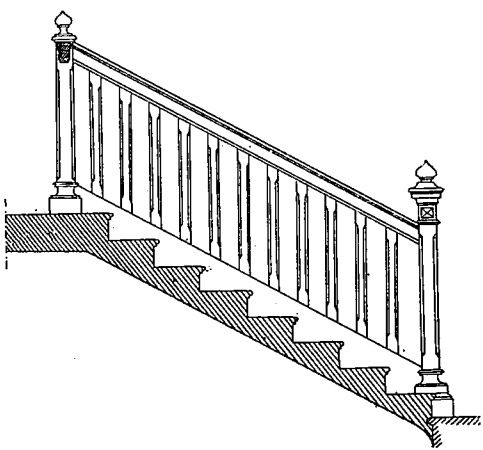


Fig. 534.

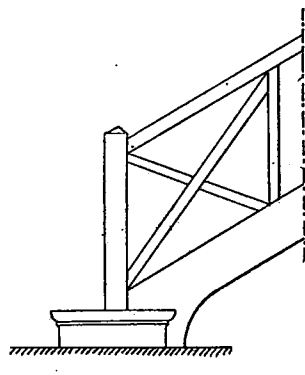


Fig. 535.

sur 0<sup>m</sup>,80 de hauteur, assemblés à tenons

le haut et assemblée avec eux aussi à tenons et mortaises. La disposition la plus simple est indiquée (fig. 533). Pour rendre les montants plus légers, on exécute souvent, sur leurs quatre arêtes, des chanfreins comme le montre le croquis (fig. 534).

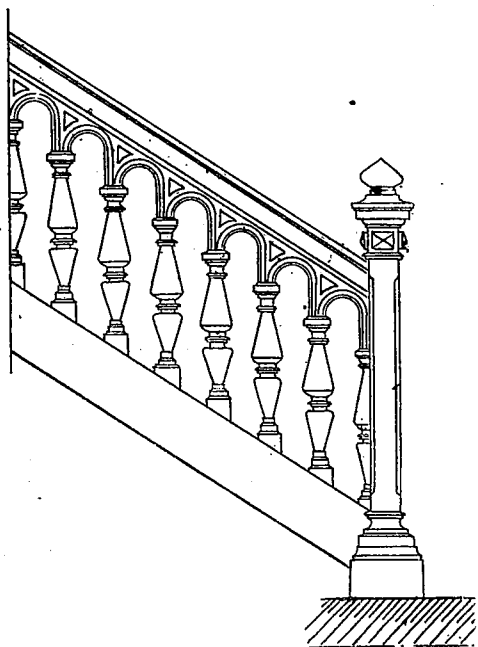


Fig. 536.

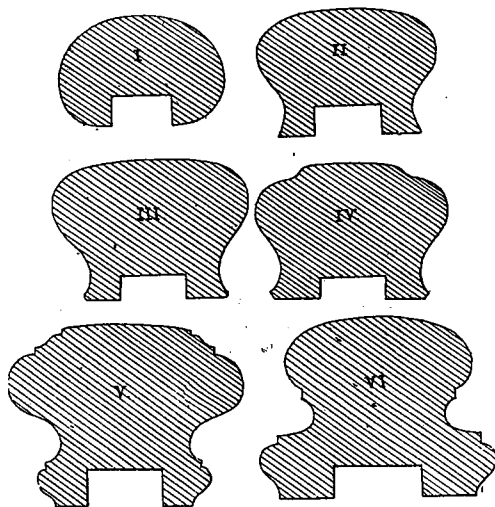


Fig. 537.

et mortaises dans le limon et surmontés d'une lisse ou main courante arrondie par

Quelquefois, l'intervalle entre deux montants, qui sont alors plus espacés, est

occupé par des croix de Saint-André (fig. 535).

Dans les constructions plus légères ou plus élégantes, on peut modifier ces diverses dispositions et obtenir des effets plus agréables. La main courante est alors, comme le montre le croquis (fig. 536), supportée par une succession de petits balustres ou de colonnettes assemblées à tenons et mortaises dans le champ du limon. Ces balustres ou colonnettes peuvent être très ouvragés.

Aujourd'hui, même pour les escaliers en bois, on emploie presque toujours les rampes en fer ou en fonte et même en cuivre tourné et poli.

La main courante est presque toujours en bois et peut prendre les divers profils représentés (fig. 537). Dans cette figure, la main courante, dont le profil est indiqué en I, se nomme *olive*. Celle qui est indiquée en II se nomme rampe à gorge. Les autres ont des profils plus ou moins compliqués ; elles sont employées suivant l'importance des escaliers.

Dans les constructions ordinaires, on exécute cette main courante en noyer ou tout autre bois de moindre valeur. Dans les constructions élégantes et soignées, on l'établit en bois d'acajou, de palissandre, etc.

Lorsque les rampes des escaliers sont

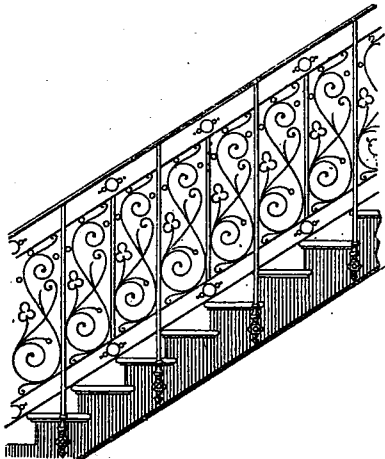


Fig. 538. — Rampe en fer forgé, montée sur pitons.

en fer ou en fonte, on peut leur donner

bien des formes différentes. Le plus souvent, ce sont des barreaux en fer rond de 0<sup>m</sup>,018, 0<sup>m</sup>,020 ou de 0<sup>m</sup>,025 de diamètre, suivant l'importance de l'escalier, réunis à leur partie supérieure par une banderlette en fer plat sur laquelle se visse la main courante et fixés à leur partie inférieure, soit sur les marches, soit plutôt sur le limon ou la crémaillère. Ces barreaux peuvent aussi se faire en fer carré. Nous avons donné précédemment, en étudiant les escaliers à crémaillère, un exemple de rampe simple formée de barreaux ronds. Les figures 538 et 539 montrent deux exemples plus compliqués de rampes en fer forgé, l'une (fig. 538) mon-

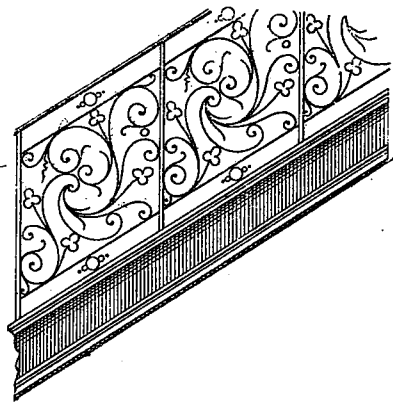


Fig. 539. — Rampe sur limon plein.

tée sur pitons dans le cas d'un escalier à crémaillère et l'autre (fig. 539), donne un exemple de rampe en fer forgé appliquée sur un limon plein. Les pitons, dans les

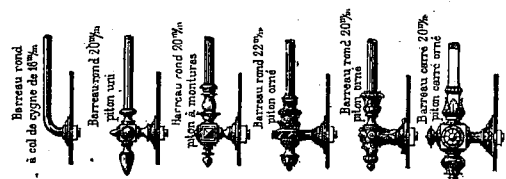


Fig. 540.

rampes d'escaliers, peuvent prendre plusieurs formes indiquées par les croquis (fig. 540). Dans ces exemples, les pitons sont supposés vissés sur un limon en tôle, mais la disposition est la même lorsqu'ils sont

vissés directement sur un limon en bois. Il suffit de fileter la tige pour l'entrée facile dans le bois et de supprimer l'écrou.

### Ferrements des escaliers en bois.

**399.** Nous avons déjà indiqué, en étudiant les escaliers, comment se fait la jonction de deux parties de limon ou de deux parties de crémaillère à l'aide d'un boulon ayant de 0<sup>m</sup>,018 à 0<sup>m</sup>,020 de diamètre. Ce boulon, d'une longueur de 0<sup>m</sup>,70 environ, est muni de deux écrous et de deux rondelles dont nous connaissons l'usage. Les écrous se logent dans des cavités creusées dans le bois. Lorsqu'on doit

assembler deux parties de limon ou deux parties de crémaillère placées en courbe, il faut avoir soin que le boulon passe à 2 ou 3 centimètres de la tangente extérieure à la courbe afin de ne pas faire éclater le bois.

Outre les boulons, on se sert encore, pour ferrer les escaliers, de plates-bandes en fer ayant, en général, 0<sup>m</sup>,040 sur 0<sup>m</sup>,007 d'épaisseur. Ces plates-bandes sont destinées à recouvrir chaque assemblage; elles sont fixées avec des vis.

Enfin, on ajoute la bandelette de main courante qui a ordinairement 0<sup>m</sup>,020 de largeur sur 0<sup>m</sup>,005 d'épaisseur et qui s'assemble à vis avec les barreaux.

## § X. — TRACÉ D'UN ESCALIER. — ÉPURES

### Épure d'un escalier à crémaillère dit à l'anglaise.

#### I. — TRACÉ DE L'ESCALIER EN PLAN

**400.** La première opération à faire est le tracé du plan de l'escalier. Nous supposons un escalier à quartier tournant composé de dix-neuf marches pour une révolution. On trace le plan de la cage en fixant la longueur d'embranchement, les dimensions du jour et les dimensions des paliers. On trace ensuite la ligne de foulée suivant les indications qui ont été données précédemment. Sur cette ligne de foulée, on porte un certain nombre de fois la largeur du giron des marches en faisant exactement la division pour que les marches 1 et 19 tombent bien au droit de la marche palière. On procède alors au balancement des marches en appliquant l'une des méthodes précédemment exposées.

Étant donné ce plan des marches balancées, on fait *paraître*, comme disent les ouvriers, ou on trace en plan, l'épaisseur et la forme que doit avoir la crémaillère indiquée dans la figure 541 par les lettres M N. En prolongeant jusqu'à ces deux lignes pointillées la projection en plan qui donne l'épaisseur de la contremarche, il sera facile, par une simple interséction,

de tracer la ligne *mn* représentant, en plan, les entailles à creuser dans la crémaillère pour recevoir les contremarches. On fait, comme disent aussi les ouvriers charpentiers, *paraître* sur la crémaillère les onglets des contremarches.

L'épaisseur de la crémaillère tracée en plan est généralement de 0<sup>m</sup>,08 pour un escalier de 1 mètre d'embranchement. Cette épaisseur s'augmente proportionnellement à la longueur des marches de 0<sup>m</sup>,005 pour 0<sup>m</sup>,05 de longueur de marche en plus.

#### II. — TRACÉ EN PLAN DES JOINTS DE LA CRÉMAILLÈRE

**401.** Pour faire le tracé des joints de la crémaillère, on commence par celui des joints de la partie courbe, joints qui sont représentés, en plan, par les lettres ABCD, A'B'C'D'. On prend pour cela le plan de l'entaille Z qui se trouve généralement le plus rapproché du centre, ou ligne XY, à moins qu'il ne donne, comme dans l'épure qui nous occupe, la courbe trop grosse ou trop forte en bois. L'épaisseur du bois dans lequel on devrait débiter la partie courbe de la crémaillère XQY serait comprise entre les deux lignes XY et A'D'. Comme cette épaisseur est un peu forte et qu'il y aurait trop de perte

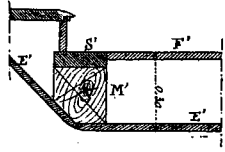
ESCALIER A CRÉMAILLÈRE

ÉLEVATION.R.S.

DIT A L'ANGLAISE.

ÉPURE.

COUPE.O.P.



DÉPART AVEC  
MARCHE EN PIERRE.

ÉLEVATION.O.R.

PLAN.

ÉLEVATION.S.T.

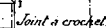
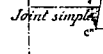
COUPE.I.J.

COUPE.K.L.



Fig. 544.

*Épaisseur de la marche*



Arrivée      Départ  
MARCHE PALIÈRE.

de bois, on prend alors l'entaille suivante représentée en Z' dans l'épure en plan.

On joint ensuite le centre O au point A et le point C au point O. Ce point C est pris de telle façon que la largeur AC soit égale à l'épaisseur même de la crémaillère. C'est entre les deux lignes AB et CD que sera compris le joint en plan. L'autre joint, tracé de la même manière, sera compris entre les lignes A'B' et C'D'.

Le joint de l'arrivée de la crémaillère dans la marche palière et qui est représenté en A<sup>2</sup>B<sup>2</sup>C<sup>2</sup>D<sup>2</sup> se trace sur la dernière entaille, arête intérieure de l'intersection de la crémaillère avec la contremarche.

On joint, comme précédemment, O'A<sup>2</sup> et, pour laisser le découpage nécessaire ou joint en plan, on donne à ce dernier environ la moitié de l'épaisseur de la crémaillère, de telle sorte que la distance A<sup>2</sup>B<sup>2</sup> soit à peu près égale à environ la moitié de l'épaisseur de la crémaillère.

Le joint du départ de l'étage en EFGH passe également sur la première entaille ou cran au point G. On joint O'G et on prend, comme largeur de joint, la largeur du crochet EG qui est ordinairement de 0<sup>m</sup>,02 à 0<sup>m</sup>,03. Pour terminer le joint en plan, on peut joindre O'E ou, comme l'indique la figure, mener EF perpendiculairement à la projection de la crémaillère parce que, dans cette partie, le débilleardement se trouve ainsi renforcé sur l'arête extérieure de la crémaillère.

III. — ÉLÉVATION DES FACES INTÉRIEURES DE LA CRÉMAILLÈRE

**402.** Pour faire l'élévation de la crémaillère de départ suivant la ligne ST, on projette toutes les arêtes des entailles tracées au plan de la crémaillère et on obtient les lignes R, projections des arêtes intérieures et extérieures de l'intersection de la contremarche avec la crémaillère. On projette également tous les points des joints en plan EFGH et ABCD. Perpendiculairement à ces lignes, on trace les hauteurs de chaque marche, ce qui donne les lignes S en ayant bien soin d'observer, au départ de cette crémaillère, l'épaisseur de la marche T dont le dessus affleure le niveau du parquet du palier. C'est du des-

sous de cette entaille, en e'S', que doit partir la division des hauteurs des marches S. Les ouvriers ont l'habitude de tracer sur une planche (fig. 542) les hauteurs des marches des divers étages, ce qui leur permet de prendre, à chaque instant, les hauteurs des marches et de pouvoir les reporter sur les élévations dont ils font le tracé.

Ces lignes étant menées, le tracé des crans de la crémaillère est facile à obtenir en prenant l'intersection des lignes S avec les verticales U.

IV. — DÉBILLARDEMENT DE LA CRÉMAILLÈRE

**403.** Ce débilleardement se trace, pour chaque joint intérieur et extérieur de la crémaillère, avec une ouverture de compas constante en prenant pour centre le point O' à chacune des marches, point qui est déterminé par la rencontre des deux lignes S et U. Cette ouverture de compas est ordinairement de 0<sup>m</sup>,14 afin que le plafond rampant, qui passe sous les marches, affleure le dessous de la crémaillère.

V. — TRACÉ DU JOINT ABCD EN ÉLÉVATION

**404.** Les points a, c sont facilement obtenus par les lignes du débilleardement. Pour tracer le crochet 1, 2 (fig. 543) on joint les deux points a, c par une droite; puis, au milieu de cette droite, on mène une horizontale sur laquelle on prend une largeur 1, 2 de 0<sup>m</sup>,02, puis on joint les points 2, a et 1, c. Les trois points a, c', c, tracés dans l'élévation ST, sont prolongés horizontalement jusqu'à la rencontre des projections des lignes Bb et Dd. La ligne extérieure du débilleardement se joint de o<sup>4</sup> à d par une légère courbe. Aux points e'f', la ligne droite se continue et se con-

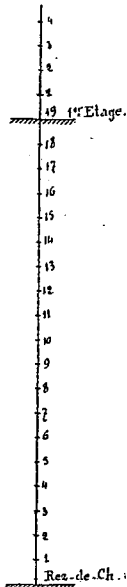


Fig. 542.

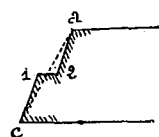


Fig. 543.

fond avec les projections des deux points EF du plan.

#### VI. — ÉLÉVATION DE LA CRÉMAILLÈRE COURBE RS

**405.** Pour obtenir l'élévation de cette partie de crémaillère, on joint le point intérieur A au point intérieur D'. La partie courbe de la crémaillère sera alors comprise dans une pièce de bois qui aura, comme largeur en plan, l'espace compris entre la ligne AD' et une parallèle A'D'' menée tangentiellement à la face extérieure de la crémaillère.

Par le point Q on élève une perpendiculaire à la ligne AD'. Cette perpendiculaire donne la projection de l'axe de la partie courbe. On mène ensuite des parallèles à cette ligne par tous les points des crans et des joints en plan, puis une série de lignes horizontales parallèles à AD' représentant, en élévation, les hauteurs successives des marches qui permettent, comme dans le cas précédent, de déterminer les crans de la crémaillère courbe.

On trace, comme nous l'avons déjà indiqué, avec une ouverture de compas de 0<sup>m</sup>,14, le débillardement pour les arêtes intérieures et extérieures. On trace de même les deux joints a'b'c'd' et a<sup>2</sup>b<sup>2</sup>c<sup>2</sup>d<sup>2</sup> comme nous l'avons déjà montré pour l'élévation suivant ST.

On obtiendra l'élévation suivant QR par un tracé semblable.

#### VII. — MARCHÉ PALIÈRE

**406.** La marche palière se trace par des projections semblables aux autres points. D'un côté, on trouve un joint simple a''b''c''d'' venant se raccorder avec celui de l'élévation QR et qui est représenté en a<sup>4</sup>b<sup>4</sup>c<sup>4</sup>d<sup>4</sup>; de l'autre, on trouve un joint à crochet efgh venant se raccorder avec le joint e'f'g'h' de l'élévation suivant ST.

Nous donnons dans la figure 541 deux coupes IJ et KL faites sur la marche palière et montrant son raccordement avec les deux élévations de crémaillère QR et ST.

La même figure représente également, en croquis, le plan et l'élévation du départ de l'escalier avec première marche en pierre.

Enfin, la coupe OP de la même figure

montre la forme de la marche palière en dehors du jour de l'escalier et la manière dont elle se raccorde avec le plancher du palier. Cette marche palière M' est taillée pour recevoir l'enduit rampant E' de la cage de l'escalier. Elle a ordinairement 0<sup>m</sup>,22 de hauteur et reçoit, à sa partie supérieure, une semelle S' ayant 0<sup>m</sup>,054 d'épaisseur et dans laquelle s'assemble la contremarche. Dans cette semelle S', s'assemblent les frises du parquet indiquées en F' et qui ont ordinairement 0<sup>m</sup>,027 d'épaisseur.

L'épaisseur totale du plancher, à cet endroit, est d'environ 30 centimètres.

#### Epure d'un escalier à limon dit à la française.

**407.** La figure 542 représente l'épure d'un escalier à limon dit à la française et à quartier tournant. Il diffère de l'escalier à crémaillère, dont nous avons donné l'épure (fig. 541), en ce que la partie de bois, donnant l'appui intérieur aux marches, au lieu d'être découpée par crans et en onglets, est formée d'une pièce de bois, souvent à quatre arêtes vives, mais plus généralement moulurée. L'équarrissage de cette pièce de bois, qu'on nomme *limon*, varie de grosseur suivant la longueur des marches. Cette grosseur est fixée, comme dans l'escalier à crémaillère, à 0<sup>m</sup>,080 pour un escalier de 1 mètre d'embranchement (mesure prise dans œuvre des murs ou limons) et, pour chaque 0<sup>m</sup>,05 de longueur en plus ou en moins, la dite épaisseur doit augmenter ou diminuer de 0<sup>m</sup>,005. La largeur de ce limon est fixée par la hauteur des marches et leur largeur au collet.

Cette pièce de bois est façonnée d'entailles en creux, nommées *encastremements*, et profilée suivant les nez des marches. Il existe également des entailles pour encastrement des contremarches.

*Joints.* — Les joints se tracent de façon à pouvoir obtenir la partie de limon dans un morceau d'une grosseur relative de bois. Ces joints se font toujours à crochet et se tracent le plus souvent perpendiculairement au rampant.

\*Pour obtenir le débillardement et la largeur du limon, il suffit de faire un dé-



ÉLEVATIONS.

ESCALIER A LIMON

DIT A LA FRANÇAISE.

ÉPURE.

ÉLEVATION. OR.

ÉLEVATION. ST.

PLAN.

MARCHE

PALIÈRE.

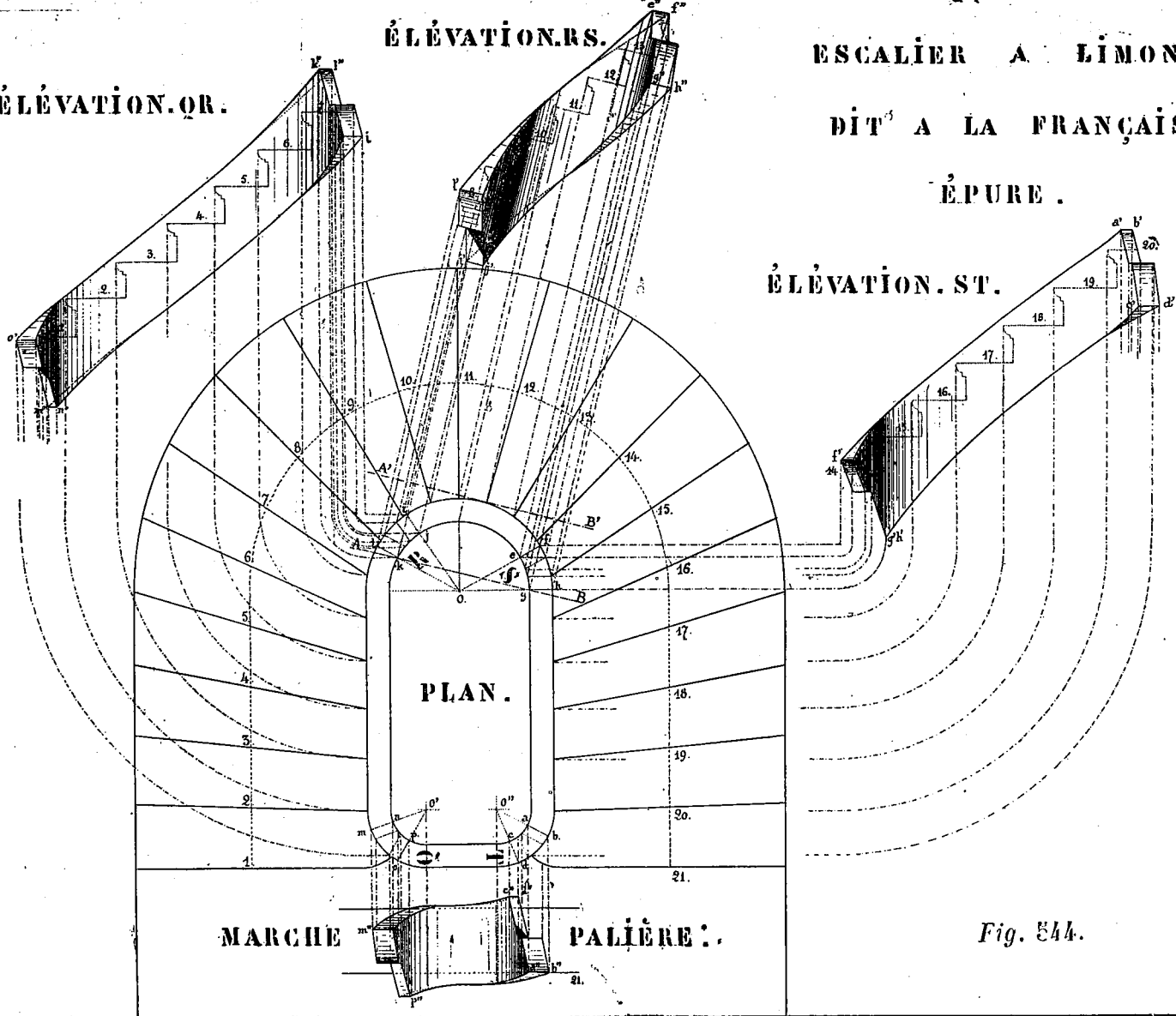
Fig. 544.

Sciences générales.

CHARPENTE. — 15.

ESCALIERS EN BOIS.

225



ESCALIER A LIMON  
DIT A LA FRANÇAISE.

ÉLEVATION .R.S.

JOUR A QUATRE CENTRES

ÉPURE .

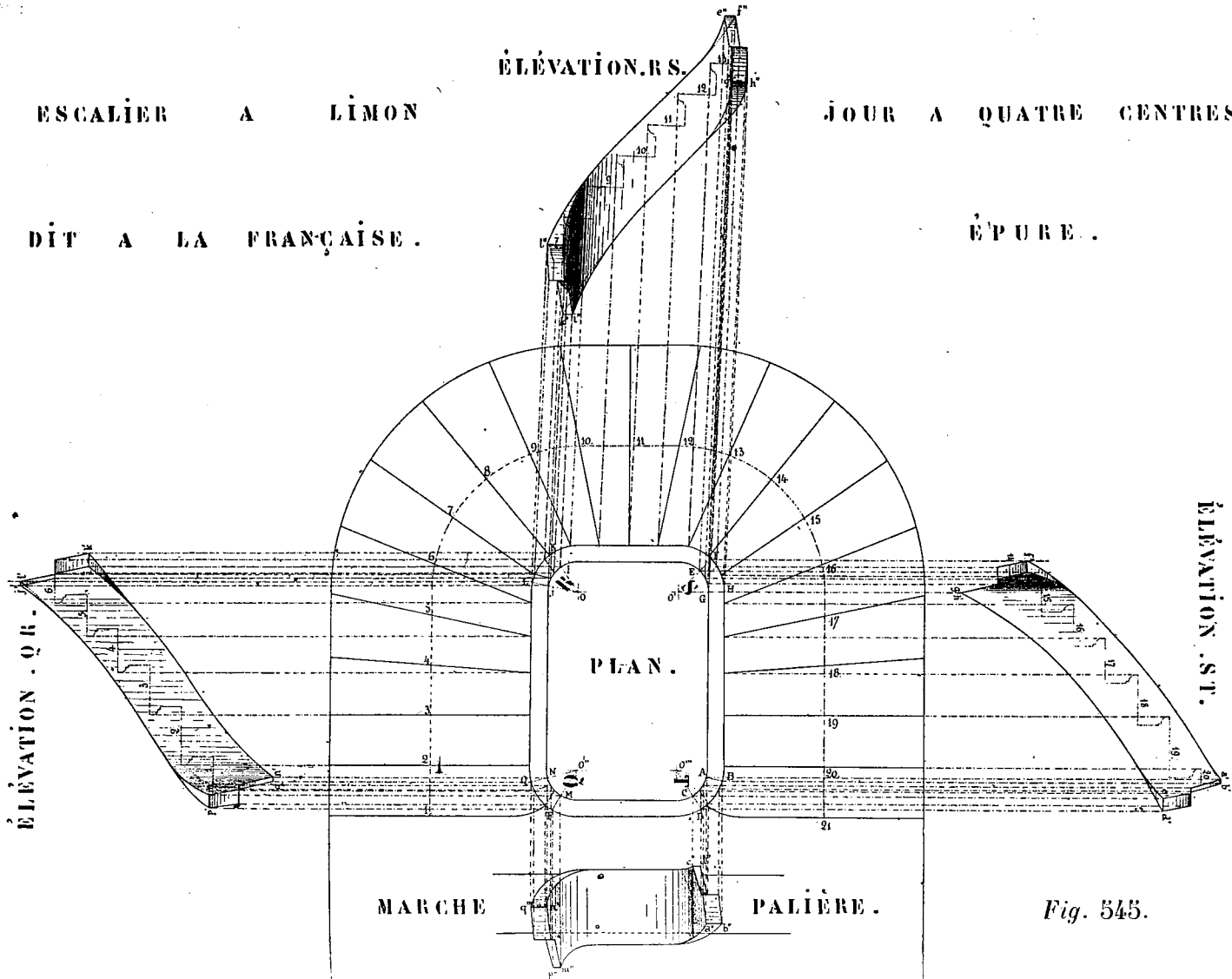
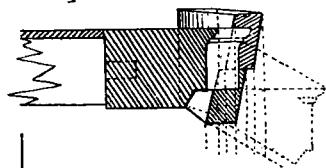
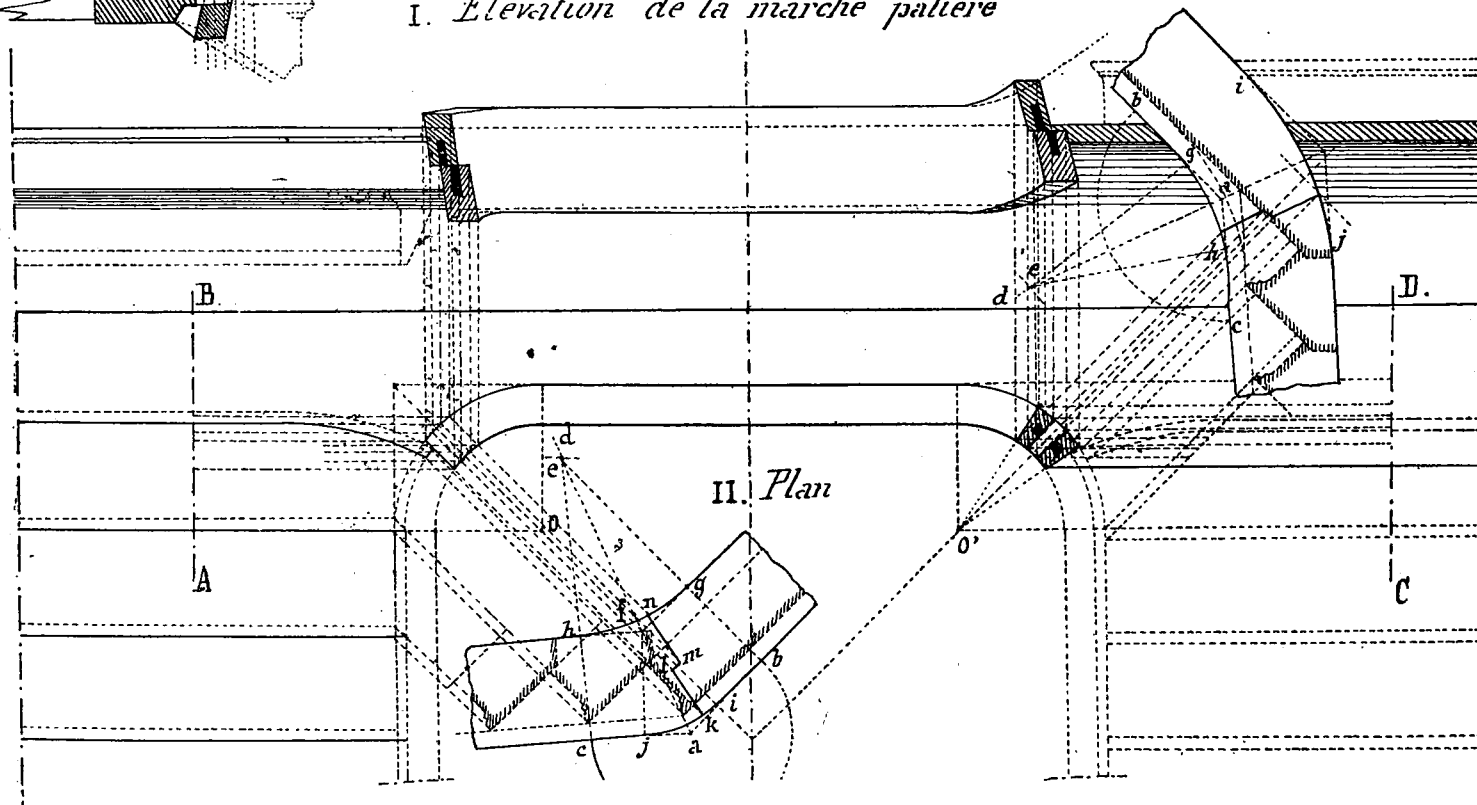


Fig. 545.

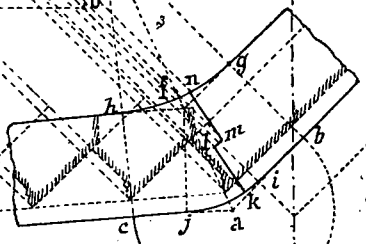
IV Coupe AB.



I. Elevation de la marche palière



II. Plan



III. Coupe CD.

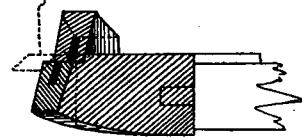


Fig. 546.

veloppement dans la partie où on veut mettre le joint. Quant à la projection des joints, elle se fait de la même manière que pour l'escalier à crémaillère dont l'épure a été donnée (fig. 544). Seule, la projection dans la partie circulaire se fait perpendiculairement à une ligne passant par les deux extrémités du morceau AB.

Cette manière de projeter en partie courbe a pour but d'obtenir la longueur réelle du morceau à fournir pour le débيلardement du limon. Sa grosseur est déterminée par l'espace compris entre la ligne AB et une autre ligne A'B' parallèle à la première et tangente à la face extérieure du limon. Les joints aux marches palières se tracent de la même manière que les autres joints.

### Escalier à limon dit à la française. Jour à quatre centres.

**408.** L'épure de cet escalier indiquée par la figure 545 ne diffère pas de celle qui a été étudiée précédemment. Les diverses élévations et le tracé de l'escalier se font de la même manière.

La figure 546 nous montre, en II, le plan d'une grande marche palière d'un escalier à limon avec jour à quatre centres. L'élévation, en I, indique la partie horizontale du limon, en continuité de deux étages ; mais cette partie est une réserve faite en façonnant la dite marche palière. En III et IV, nous donnons deux coupes suffisamment indiquées par le dessin. Le plan II contient le tracé du raccordement et du joint du limon inférieur avec la marche palière près de l'endroit où l'inflexion du rampant du limon se raccorde avec celle du limon horizontal. Cette coupe se trace de la manière suivante :

On prend le sommet *a* pour centre. On porte deux longueurs égales *ab* et *ac* sur les côtés de l'angle. Les points *b* et *c*, pris comme centres, donnent le point sécant *d*. La droite *ad* divise l'angle *cab* en deux parties égales. C'est sur cette droite qu'ont été pris les centres des arcs de raccordement, tels que *e* pour l'arc *gh* et *f* pour l'arc *ij*. Pour tracer la coupe *klmn*, lorsqu'on a déterminé l'endroit où doit se faire le joint, en opère comme nous allons le dire.

On trace (fig. 547), dans le milieu de la dite coupe, la droite *gh*, qui, étant divisée en deux parties égales donne le point *b* par lequel on mène la droite *ac* perpendiculairement à *e'f'* ou à *e'f'*. On trace aussi, par ce

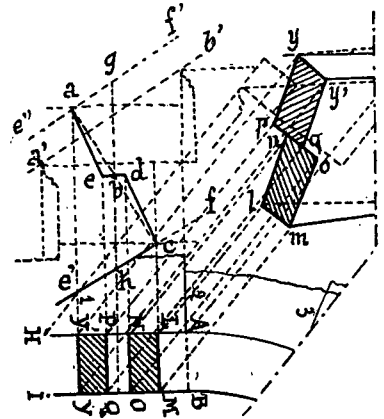


Fig. 547.

même point *b*, la droite *de* (en faisant de préférence *db = be*) ; et, pour achever la coupe, on joint *ae* et *dc*. Le point *c*, projeté,

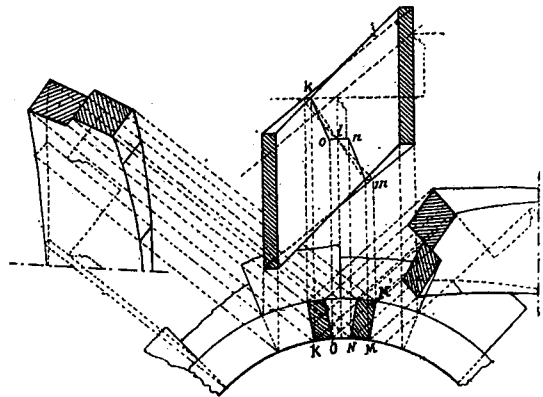


Fig. 548.

a donné en plan, la ligne LM, le point *d*, la ligne ON, le point *e*, la ligne PQ ; enfin le point *a* et la ligne Y'Y.

*Observation.* — Les lignes LM, NO, PQ et Y'Y, au lieu d'être parallèles entre elles comme l'indique la figure 548, peuvent être rayonnantes comme le montre la figure 549. Cette sorte de tracé exige que

les surfaces de contact soient taillées gauches, puisque la trace de la surface extérieure de la coupe diffère de celle de

rendu inapparent par l'application de la peinture sur le limon.

On procède, comme nous l'avons expliqué plus haut pour le tracé de l'autre partie du limon dont le centre est en  $O'$  (fig. 546), mais, dans ce cas, les deux arcs  $ij$  et  $gh$  sont concentriques.

*Remarque.* — Ce dernier tracé conserve au limon sa largeur uniforme de bordure, parce que les deux arcs ont un centre unique  $e$ , propriété qui n'a pas lieu lorsque les deux arcs de raccord ne sont pas concentriques.

Ce que nous venons de dire pour une grande marche palière d'un escalier à quatre centres peut également se faire, et de la même manière comme le montre la figure 549, pour un sabot adhérent à la marche palière. Dans l'exemple représenté (fig. 549), nous indiquons le cas de joints à coupe simple représentés en  $ab$  et  $cd$ . Dans certains escaliers, il arrive quelquefois, pour une raison quelconque, qu'il soit nécessaire de séparer le limon de la marche palière. On réunit alors ces deux parties par deux forts boulons  $B$  (fig. 550) dont les écrous sont noyés dans l'épaisseur du bois de chacune des pièces.

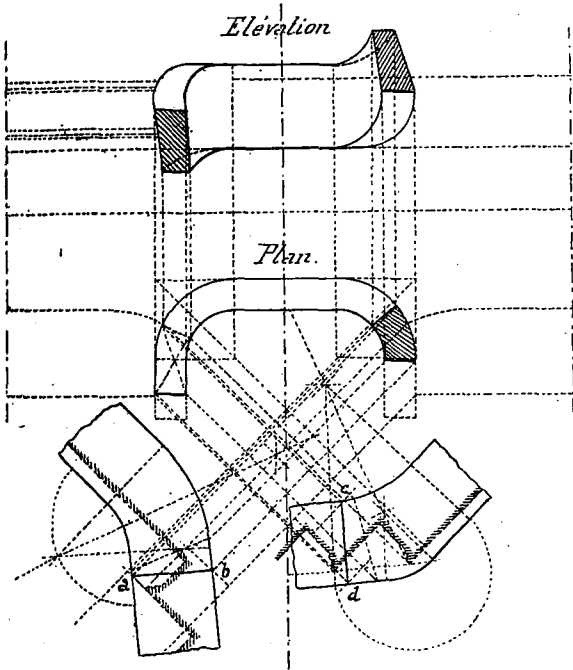


Fig. 549.

la surface intérieure. Mais ces surfaces gauches sont difficiles à tracer et à couper avec la précision nécessaire et il est aussi très difficile de faire la mise en joint, lorsqu'on effectue le levage. Les praticiens

### Épure d'un escalier à base triangulaire.

**409.** Nous donnons (fig. 551), le plan, l'élevation et les détails d'un escalier à base triangulaire. En plan, les trois angles du triangle isocèle  $O$ ,  $O'$ ,  $O''$  sont les centres des angles radoucis du limon soutenant les marches d'un escalier qui a même forme de base.

En II, même figure, nous donnons le tracé de la spirale de départ. Ce tracé de spirale est assujéti à la règle générale des autres courbes usuelles, règle d'après laquelle les rencontres, ou points extrêmes des arcs, doivent toujours se confondre sur la direction de leur centre. Le tracé le plus simple est celui qui donne à la révolution de la spirale seulement deux arcs de cercle.

Dans la pratique, on fait, comme nous l'avons indiqué en II (fig. 551). On divise la distance  $ab$ , épaisseur du limon, en huit parties égales et une de ces parties

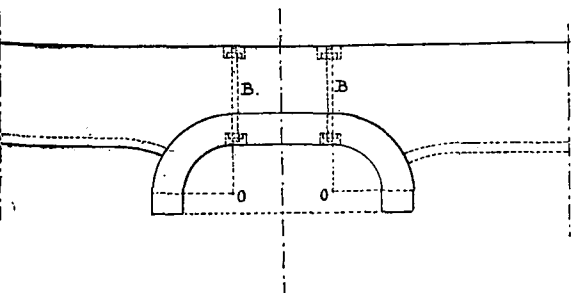


Fig. 550.

feront bien d'éviter cette sorte de coupe qui n'a d'autre mérite que la difficulté de son exécution, mérite presque toujours

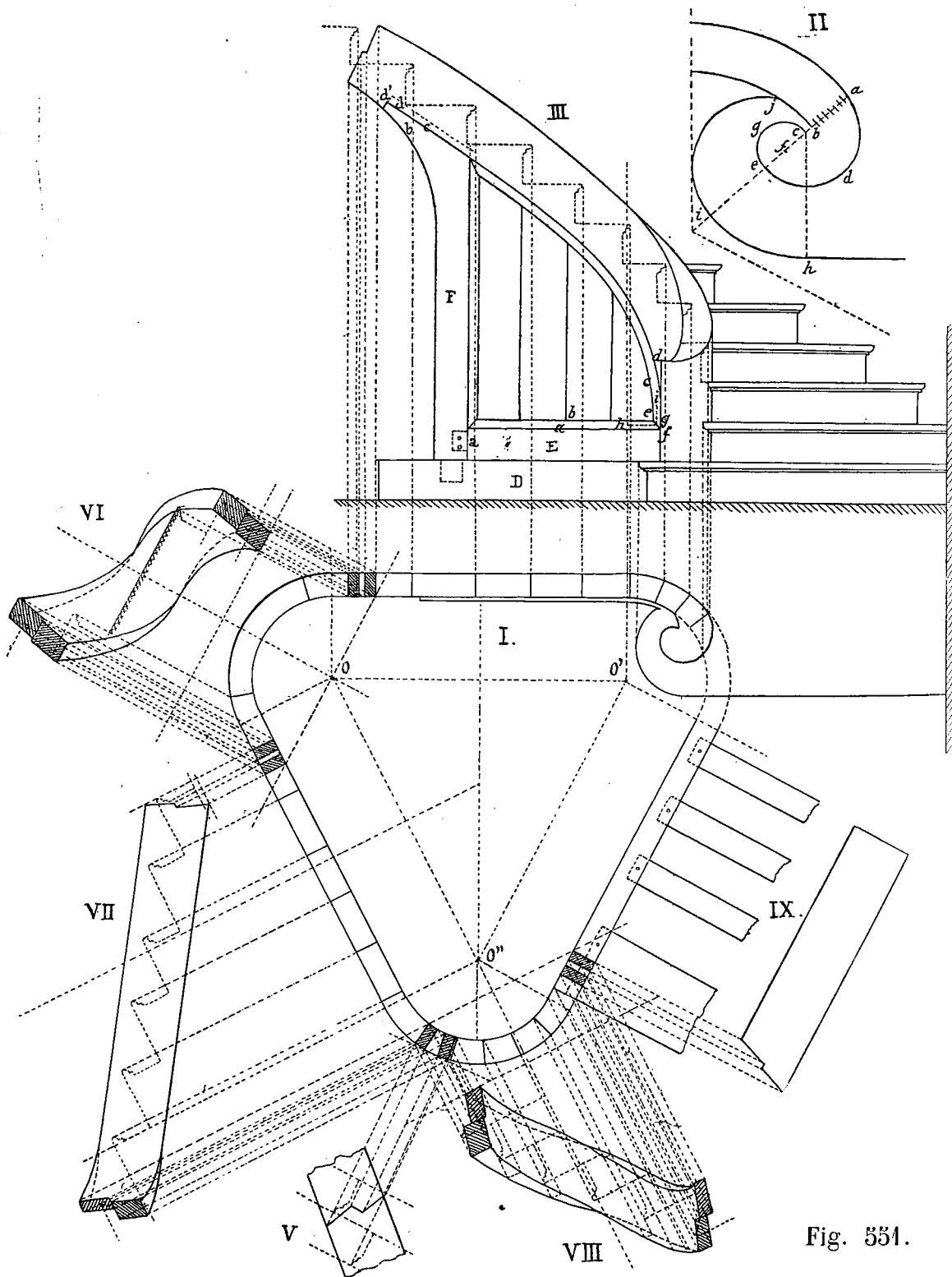


Fig. 551.

est portée de  $b$  en  $c$ . Ce dernier point étant pris pour centre et  $ca$  pour rayon, on décrit le premier demi-cercle  $ade$ . On divise ensuite  $ce$  en deux parties égales et le milieu  $f$  est le centre du deuxième demi-cercle  $egc$ . Pour tracer l'autre spirale, qui est le plan du contour de la première marche du premier centre  $c$ , on abaisse la perpendiculaire  $ch$  sur l'arête de la marche. On décrit alors l'arc  $hi$  et  $e$  est le centre du second arc  $ij$ .

Si l'on voulait que la révolution de la spirale fût composée de six arcs de cercle (fig. 552), on procéderait comme suit pour la tracer.

Le plan des marches A, B, C, D, E, F, et de la partie droite du limon G étant tracés, on prolonge indéfiniment la ligne de la marche C vers  $c$ .

La longueur  $ab$  a été portée de  $b$  en  $c$ . Ce dernier point est pris pour centre,  $cb$  et  $ca$ , pour rayon des arcs  $bd$  et  $ae$ , chacun de 60 degrés. On trace le rayon  $ce$  et sa portion  $de$  a été partagée en six parties égales et  $dc$  en quatre, dont  $df$  est l'une. Le point  $f$  est le centre de l'arc  $eg$ , aussi de 60 degrés. Menant ensuite la ligne  $fr$  et portant de  $f$  en  $h$  un des sixièmes de  $de$ . Le point  $h$  est le centre de  $gi$ . De même,  $j$  est le centre de  $ik$ ,  $l$  le centre de  $km$  et  $n$  le centre de  $mo$ . Tous ces arcs ont pareillement 60 degrés. Entre  $n$  et  $f$ , on a pris le centre de  $op$  de manière à arriver à  $d$ . Pour l'autre spirale qui, en plan, donne la forme de la première marche, on prend  $f$  pour centre de l'arc  $qr$ ; mais  $r$  est dans la direction du côté  $fh$  de l'hexagone. On a aussi établi  $fs$  égal à la constante  $de$  et  $sr$  a été divisée en cinq parties égales. Une de ces dernières parties a donné le point  $t$ , centre de  $ru$ . En menant le rayon  $tu$  et portant, de  $t$  en  $v$ , un des cinquièmes de  $sr$ ,  $v$  est le centre de  $ux$  et, de même,  $y$  centre de  $x$ , etc. L'arc  $b$  est décrit du centre  $x'$  pris de manière à arriver en  $b$ .

La figure 551 nous montre, en III, une élévation détaillée de la partie inférieure de l'escalier faite parallèlement à la ligne  $OO'$ . Elle montre le pas ainsi que la partie astragalée de la première marche et,

en continuité, le parpaing d'échiffre D, qui a la même hauteur que ladite marche. En E, se trouve le patin d'échiffre qui a la même hauteur que la deuxième marche, la moulure en plus, son assemblage en a et les coupes de ses moulures.

Il faut une coupe creuse :

1° Pour raccorder deux parties demoulures cintrées ;

2° Pour raccorder une moulure droite à une moulure cintrée.

Pour tracer ces coupes creuses, on procède ainsi : Les lignes droites  $ab$ , largeur de la moulure droite, et les courbes  $cd$ , largeur de celle cintrée, étant tracées, on a seulement obtenu les deux points  $e$ ,  $f$ . Pour en avoir un troisième, on divise en deux parties égales la largeur de chacune de ces portions de moulures. On trace parallèlement la droite  $h$  et la courbe  $i$ . Leur intersection au point  $g$  sera un point de passage de la coupe creuse qu'on trace en faisant passer un arc par ces trois points.

La jambette d'échiffre F qui, ordinairement, sert de poteau d'huissierie pour la baie de descente de cave, est contournée à une de ses rives en arc rampant  $b$ , comme les noyaux recreusés. La coupe d'assemblage  $c$ , à la surface inférieure du limon, est raccordée par une autre petite courbe  $d'$  comme un joint de voussoir, pour donner plus de résistance à la partie étroite du raccordement. Quelques praticiens font cette dernière coupe à mordant pour que la partie  $d'$  du bois du limon empêche la partie faible de la jambette d'échiffre de s'éloigner de son joint d'about.

La figure 551 montre, en VI, la forme du sabot d'angle du palier de repos. Son tracé s'obtient comme nous l'avons déjà indiqué pour les autres escaliers. En VII, la figure 551 montre ce que nous connaissons sous le nom de limon-crosse. En VIII, on voit un limon courbe. La coupe des limons VII et VIII est tracée en V. La figure 551 montre, en IX, le limon horizontal au palier d'arrivée et sa coupe. On voit aussi, en plan, les solives du palier qui s'assemblent sur ce limon droit.

**Escalier circulaire.**

TRACÉ D'UNE COURBE RAMPANTE SUR PLAN CIRCULAIRE

**410.** La courbe rampante sur plan circulaire, recevant des collets de marches

égaux en hauteur et égaux en largeur est représentée (*fig. 553*) par les projections I, II, III.

*Projection horizontale ou plan*

**411.** Sur le milieu C (*fig. 553*) de la

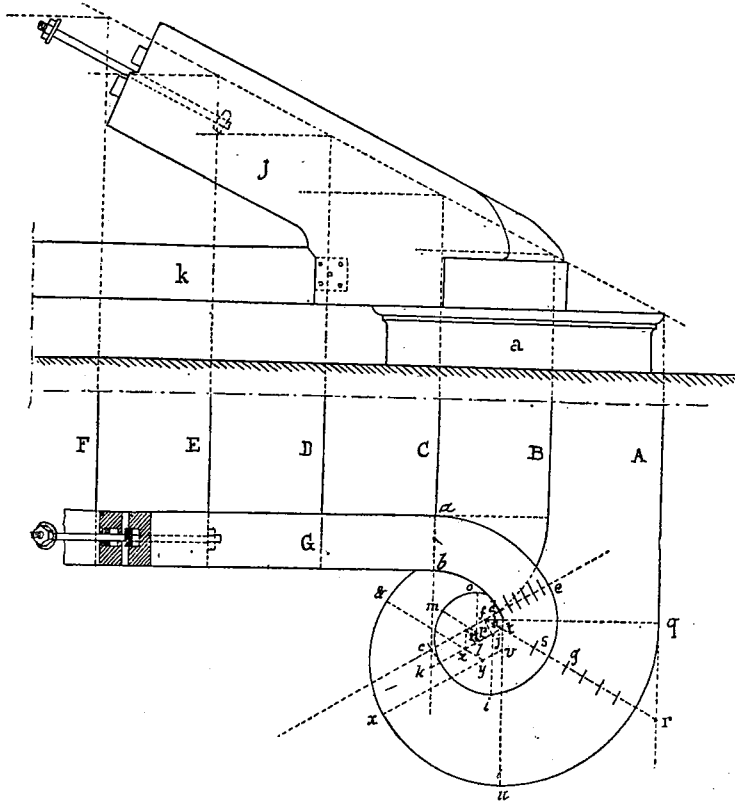


Fig. 552.

droite AE, on élève une perpendiculaire indéfinie CM, appelée *axe*. Du centre C, avec le rayon CB, on décrit le demi-cercle BLD et, avec le rayon CA, on décrit l'autre demi-cercle AME. Cette demicouronne montre la projection de l'épaisseur de ladite courbe rampante. L'arc DLB est ensuite divisé en huit parties égales et, par les points F, H, J, L, N, P, R, B, on trace les lignes rayonnantes E1, G2, I3, etc. Ces dernières représentent des parties des projections des marches qu'on suppose devoir être assemblées dans la courbe par les points D, E, F, G, H, I, etc. Par tous les points on mène des droites parallèles à l'axe CM.

*Projection verticale*

**412.** On trace perpendiculairement à l'axe CM (*fig. 553-II*) et à des distances égales, chacune à une hauteur de marche, les droites *de, fg, hi, jk, l, on, qp, sr, ab*.

Par les points *d, f, h, j, l, n, p, r, b*, on décrit, à la main, ou avec une règle pliante, l'hélice qui représente l'arête supérieure de la surface concave de la courbe et, par les points *e, g, k, i, o, q, s, a*, l'hélice qui représente l'arête supérieure de la surface convexe.

Les lignes *de, fg, hi, l, on, qp, sr, ab*, ont pareillement servi à tracer les hélices



qui représentent les arêtes inférieures sur les surfaces concaves et convexes de la courbe. Lorsque le bois est taillé selon le contour des dites hélices, il forme une surface gauche. Remarquons que la hauteur verticale *ee* a été portée aussi verticale-

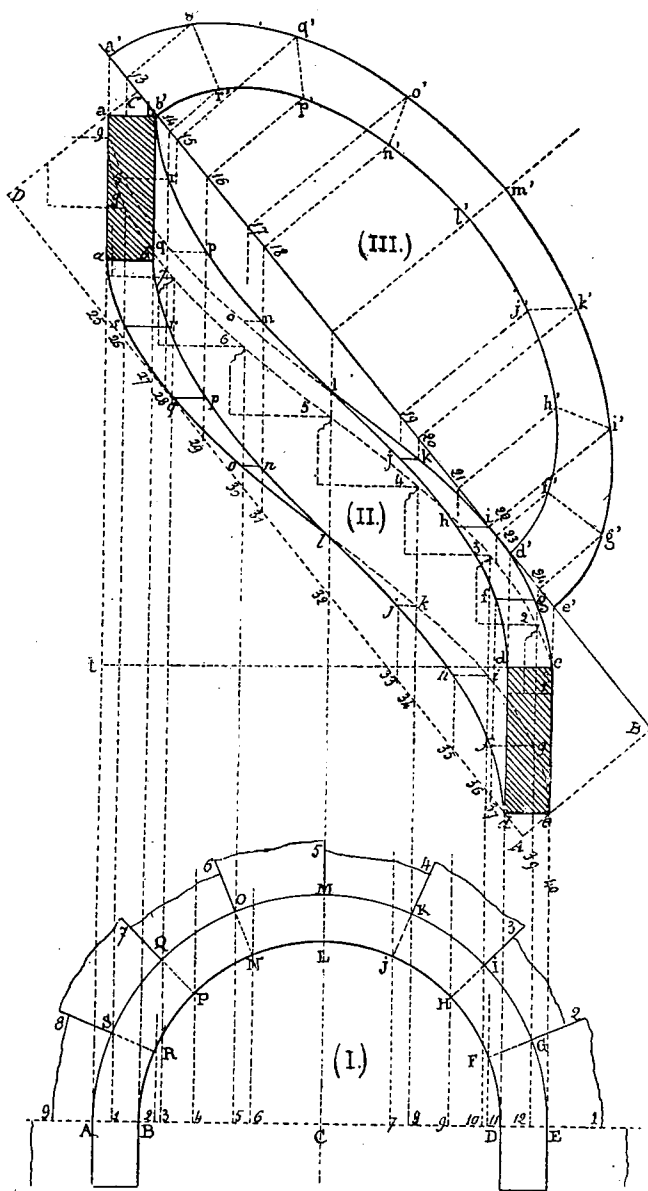


Fig. 553.

ment de *g* en *g*, de *i* en *i* etc... Cette manière d'établir la largeur des courbes, dite pratiquement *par aplomb*, ne peut guère être appliquée qu'à des plans réguliers.

Nous en donnerons une autre plus loin. Les lignes *AB, DC* (*fig. 553-II*) représentent une des faces du volume nécessaire pour exécuter la courbe, lequel volume

est un parallépipède dont AD est la longueur rigoureusement nécessaire et AB l'épaisseur. Sa largeur est représentée par la distance CM (fig. 553-1).

Nous représentons (fig. 553-III) le calibre qui sert à tracer la courbe rampante et auquel on donne le nom de *calibre rallongé*. Le plan de cet exemple est un demi-cylindre creux. Sa coupe oblique produit deux demi-ellipses semblables, mais non équidistantes. Ces courbes étant géométriques, peuvent se tracer d'après les diverses solutions connues. Un grand nombre de praticiens se contentent d'employer les ordonnées et procèdent alors comme nous allons le dire.

Le parallépipède ci-dessus, déterminé comme rigoureusement nécessaire pour exécuter le limon, étant supposé en place, simplement équarri, et avant d'être façonné, sur ses faces supérieure et inférieure, perpendiculaires au plan vertical de projection, y ont pour trace CB, qui touche vers i et coupe en b, l'une des hélices qui y sont déjà projetées; et AD qui touche l'autre hélice vers q, et le coupe en d.

La ligne CB coupe en a', b', d', e', etc., les perpendiculaires élevées des points du plan A, B, D, E, etc. La seconde AD, coupe les mêmes perpendiculaires en 25, 27 d, 40, etc. Sur chaque point d'intersection de CB, on élève les perpendiculaires indéfinies 13s', 14r', 15q', etc., sur chacune desquelles on porte les ordonnées correspondantes du plan 1S de 13 en s', 2R de 14, en r', 3Q de 15 en q', etc., ce qui donne les points g', i', k', etc., pour la grande demi-ellipse, et f', h', j', etc., pour la petite demi-ellipse, points par lesquels on les trace l'une et l'autre à la main, ou avec une règle pliante.

Les praticiens exercés à cette sorte d'ouvrage ne font pas de calibre rallongé; mais après avoir tracé sur des plumées faites à l'une des surfaces des parallépipèdes, comme ici sur la surface BD, les parallèles à l'axe, élevées des points de division des deux demi-cercles du plan, les points a' 13, h' 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, d' 24 et c', sont obtenus, lesquels étant renvoyés carrément sur la surface que représente la trace CB, dé-

terminent la longueur de chacune, avec les ordonnées respectives du plan, comme il vient d'être expliqué pour le calibre rallongé. Par ces derniers points, ils tracent les demi-ellipses à la main, ou avec une règle pliante.

Ayant opéré de même avec les points 25, 26, 27, 28, q, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, d, 39 et 40, sur la surface représentée par la trace AD, ils taillent le parement creux de la courbe, qui est ici la surface extérieure, selon les petites ellipses. Ils taillent aussi celle qui est arrondie ou intérieure, selon les grandes ellipses.

Ces opérations achevées, il faut, à chacune des surfaces, reporter les hélices configurées sur l'ételon avant de tailler et former la surface supérieure et celle du plafond. Pour cela, on coupe deux panneaux flexibles et de forme triangulaire, dont les bases sont égales à chacun des demi-cercles du plan, mais rectifié comme nous l'avons indiqué précédemment. La perpendiculaire de chacun aura une hauteur égale à ta (fig. 553-II). Les hypothénuses serviront à tracer les hélices, les panneaux étant ployés sur les surfaces.

Quand les courbes ont une grande longueur, et principalement aux limons de charpente, on procède différemment. Par exemple, sur le parement creux, qui est ici la surface extérieure, on retrace de nouveau les parallèles à l'axe 23, 37; 21, 35; 19, 33, etc., en portant respectivement, sur chacune de ces lignes, les distances comprises entre la trace CB et chacun des points de passage des hélices, tant supérieure qu'inférieure, appartenant à cette surface, comme dd et dd; 23 f et ff; 21 h et hh; 19 j et jj; 18 n et nn; 16 p et pq; 14 r et rr; et enfin bb. Au moyen de ces points, on peut reporter, sur la surface extérieure, les hélices vraies qui n'étaient qu'en raccourci sur l'ételon, en employant une règle pliante.

Opérant de même après que la surface intérieure est arrondie, on a, pareillement, les points pour reporter les hélices appartenant à cette surface. On peut donc, après ce tracé achevé, tailler les deux surfaces plano-hélicoïdes.

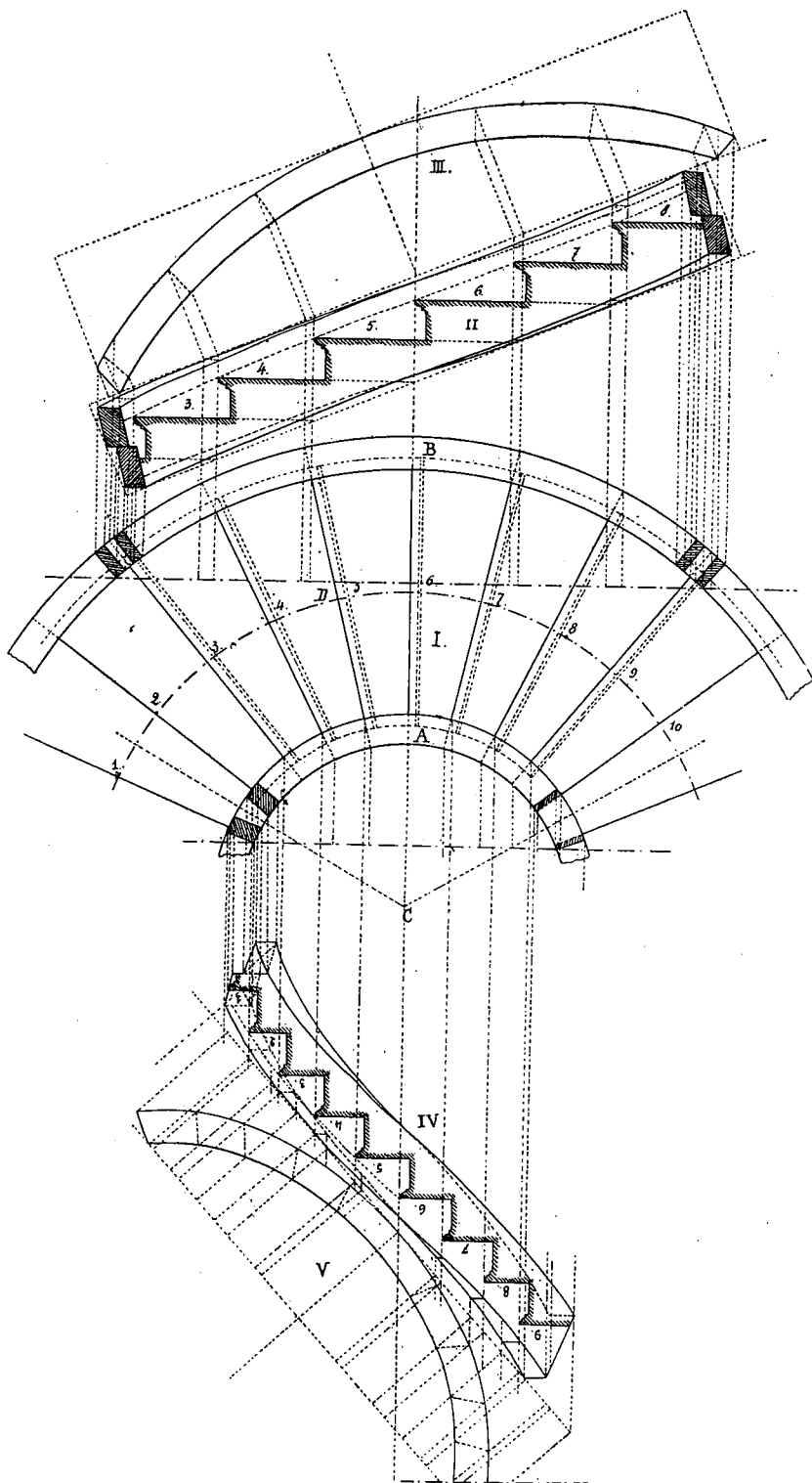


Fig. 554.

*Observation.* — Les hélices sans jarret sont difficiles à tracer. Il faut donc, dans le report des points de hauteur, opérer avec beaucoup de précision. Il faut également être assez habile, soit qu'on les trace avec une règle pliante, soit autrement. Il existe une autre manière d'établir la largeur des courbes que nous décrirons plus loin.

### Escalier circulaire à deux limons.

413. Dans cet exemple d'escalier qui a beaucoup d'analogie avec le précédent et qui se trace de même, les marches n'ont pas de scellement mais sont soutenues par deux limons courbes concentriques A, B (fig. 554). La répartition des marches y est faite, sur l'arc D, qu'on nomme, comme nous le savons, *ligne de foulée*. Ces marches sont rayonnantes, selon l'usage pratique, et assemblées dans des entailles faites aux limons courbes.

La largeur de chaque courbe, en II et III (fig. 554), a été établie par des lignes d'aplomb et de niveau comme nous l'avons

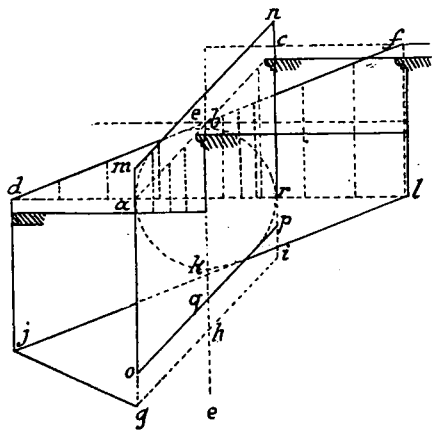


Fig. 555.

montré dans l'exemple précédent. La projection IV du limon A forme une bordure plus étroite que celle du limon B en II. En considérant, toutefois, que la dite largeur de bordure doit être prise perpendiculairement à chacune des arêtes rampantes desdits limons; quelques praticiens, après avoir formé la surface plano-hélicoïde supérieure, mettent chaque courbe

de largeur avec l'outil nommé *trusquin*, ou, ce qui y équivaut, en faisant des traînées avec une même ouverture de compas. Cette manière d'opérer n'est qu'une manipulation précipitée qui n'atteint que désavantageusement le but désiré de rendre égale la largeur des deux bordures, parce qu'elle donne, à la surface de plafond, une inclinaison choquante par rapport à l'horizon. La raison demande donc de modifier ce procédé, ce qui peut se faire comme suit :

La figure 553, qui est une portion de la figure 554, contient seulement deux surfaces de giron entre les traces rayonnantes des trois pas de marches *ad*, *be*, *cf*, mais prolongées sur les projections des limons.

Les parallèles *gj*, *hk*, *il* sont les retombees des astragales. Les arcs de ce plan

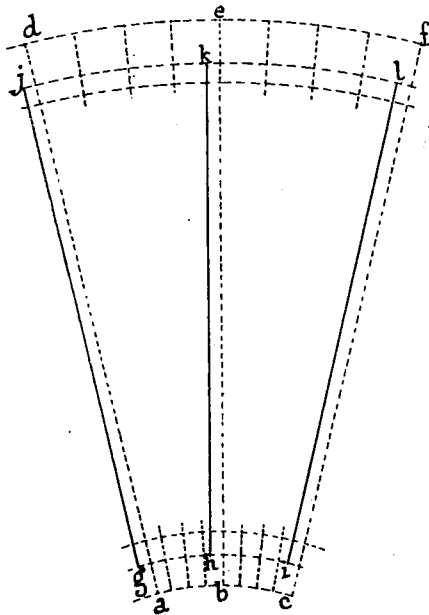


Fig. 556.

ont été pratiquement rectifiés au moyen de petites divisions; *def* a donné, dans la figure 556, la ligne *dl*; *abc* a pareillement donné *ar*. La droite *def* est donc l'arête développée de la projection *def* et *abc*, le développement de la projection *abc*. En établissant les largeurs au trusquin, on aura, donc les lignes *ghi* et *jhl* pour les arêtes inférieures. On voit que les deux

arêtes supérieures sont de niveau au point  $b$  dans la rayonnante à l'axe ; mais que, sur la rayonnante sous plafond, les arêtes inférieures diffèrent de la hauteur  $kh$ . On y voit de même les arêtes supérieures de niveau en  $ad$  et les inférieures aussi éloignées du niveau en  $gj$ .

Pour parvenir à modifier cette excessive différence par un moyen pratique simple, on laisse, pour bordure primitive, le parallélogramme  $jdfi$ . Entre les côtés  $djfi$ , on inscrit un cercle. On trace des tangentes au dit cercle et parallèlement

à la ligne  $ac$ . Les droites  $mn$  et  $op$  qui, substituées à  $gi$  et  $ac$ , réduisent la différence de niveau sous plafond à  $kq$ .

Réellement, les hauteurs de socle subissent alors une différence, mais moins choquante que celle de la surface de plafond. Elle est encore diminuée au moyen des retombées des astragales qui, ne tendant pas au centre, déplacent avantageusement la tangente aux dites astragales et rendent presque insensible la différence des socles.

## CHAPITRE V

### DES COMBLES

#### § I. — DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES

**414.** On donne le nom de *comble* à l'ensemble de la charpente supportant une toiture. Les combles sont en général des combinaisons de pans de bois inclinés et verticaux destinés à supporter la couverture des édifices.

Par extension, on a donné le nom de *comble* à l'espace compris entre la couverture et le plancher qui la sépare de l'étage au-dessous.

La toiture d'un édifice comprend donc deux parties distinctes, qui sont le comble et la couverture. Les bois formant le comble et les matériaux servant à la couverture de sa surface extérieure sont les deux éléments qui entrent à la fois dans la dépense d'un toit. Le comble détermine la forme du toit et présente, comme lui, des surfaces extérieures inclinées, planes, courbes ou cintrées ayant pour objet de faciliter l'écoulement des eaux pluviales et des neiges, dont le toit garantit l'édifice.

Quelquefois un comble est assez peu in-

cliné pour qu'on puisse y marcher assez facilement ; il prend alors le nom de *terrasse*. Le plus souvent un toit est formé de deux pans inclinés en sens contraires et se raccordant suivant une arête qui prend le nom de *faîte* ou de *faitage*. Comme les matériaux employés pour la couverture sont en petits échantillons et souvent très minces, on construit, pour les soutenir, tous les 3 à 4 mètres des assemblages solides, appelés *fermes*, dirigés suivant la largeur de l'édifice.

Ces fermes sont quelquefois formées par les murs qu'on prolonge en leur donnant les pentes du toit ; mais le plus souvent elles sont en bois. On doit toujours placer les fermes à l'aplomb des trumeaux, c'est-à-dire des parties pleines qui séparent les portes et les croisées de l'édifice.

En résumé :

1° Un comble a pour but de recevoir une couverture destinée à abriter un espace quelconque ;

2° Il se compose de pièces droites ou

*courbes assemblées de manière à former un réseau capable de supporter le poids de la couverture et les surcharges ;*

3° Il doit remplir les conditions suivantes.

I. Invariabilité des formes, obtenue par la combinaison de triangles, seule figure indéformable ;

II. Pièces soumises seulement à des efforts d'extension ou de compression dans le sens même des fibres autant que possible ;

III. Économie ;

IV. Facilité d'exécution et de montage.

## § II. — NOMS DES DIFFÉRENTES PIÈCES

QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION D'UNE FERME

**415.** Chaque ferme d'un comble se compose d'un certain nombre de pièces que nous allons successivement décrire. Pour bien faire comprendre les positions qu'elles occupent, nous les représentons en croquis dans les figures 557 et 558.

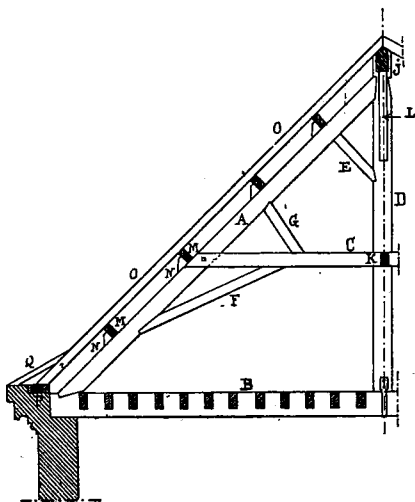


Fig. 557.

A-A, *Arbalétriers*. Pièces d'un assez fort équarrissage servant à porter quelques-unes des diverses pièces formant le comble.

B, *Entrait, ou tirants*. Pièces de bois posées horizontalement et dans lesquelles les arbalétriers sont assemblés ainsi que le poinçon quand il n'y a pas d'entrait retroussé. Elles servent à prévenir l'écartement des arbalétriers et à supporter l'ensemble de la ferme. Ces entrails sont le plus souvent appuyés sur la partie supérieure des murs ; mais, quelquefois ils sont encastrés par leurs extrémités. Dans certains cas, ils se trouvent portés sur

deux plates-formes, mais ils présentent alors moins de solidité.

C, *Entrails retroussés ou faux-entrails*. Ces entrails retroussés, ou faux-entrails, sont souvent placés parallèlement aux tirants. Ils reçoivent l'assemblage du poin-

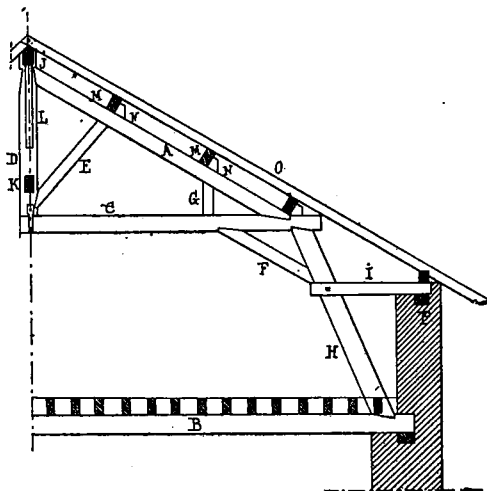


Fig. 558.

çon et empêchent les arbalétriers de fléchir sous leur charge.

D, *Poinçons*. Le poinçon est une pièce de bois dans laquelle s'assemblent les arbalétriers et qui prévient la flexion du faux-entrait et, dans quelques cas, de l'entrait lui-même.

E, *Contre-fiches*. Ce sont des pièces de bois assemblées dans le poinçon servant à augmenter la résistance des arbalétriers, en les raidissant, *comme disent les ouvriers*.

F, *Aisseliers*. Ce sont des pièces de bois qui s'emploient quelquefois pour fortifier le faux-entrait.

G, *Jambettes*. Ce sont de véritables petits potelets verticaux ou inclinés qui, dans les constructions simples, ou quand les arbalétriers ont peu de portée remplacent les aisseliers.

Dans le cas où les tenons d'extrémité des arbalétriers viendraient à manquer, les jambettes ont alors pour but de prévenir leur glissement sur l'entrait. On peut, dans certains cas, faire des jambettes complètement indépendantes des aisseliers.

H, *Jambes de force*. Ce sont des pièces de bois qui, dans les combles avec entrait retroussé, servent à reporter la charge de la partie supérieure du comble sur l'endroit placé au niveau du plancher.

I, *Blochets*. Pièce de bois destinée à maintenir les jambes de force. Dans certains combles, les blochets remplacent l'entrait. Ce sont alors des pièces de bois d'un assez fort équarrissage. Les blochets se posent sur le haut des murs ou sur les plates-formes avec lesquelles ils sont assemblés ainsi qu'avec les jambes de force.

J, *Faîte ou faitage*. Le faitage est, lorsque le bâtiment a beaucoup de longueur, composé de plusieurs pièces placées bout à bout les unes à la suite des autres et qui forment le faite ou sommet du comble. Ce faitage est porté par tous les poinçons des fermes, qui y sont souvent assemblés, par leurs sommets taillés en tenon, et ses extrémités sont appuyées sur les murs des pignons. Quand le faitage vient aboutir à des pignons avec cheminées, au lieu de l'y encastrier par ses extrémités, ce qui l'exposerait à être brûlé, on le soutient sur un chevalet dont le bas est porté par une espèce de semelle posée presque toujours en travers sur les pannes.

K, *Lierne ou sous-faîte*. Pièce de bois parallèle au faitage qui s'assemble soit dans les poinçons, soit dans les faux-entraits afin de relier les fermes entre elles et augmenter leur stabilité.

L, *Lien de faite*. Petite jambe de force empêchant tout mouvement du poinçon par rapport au faite.

M, *Pannes*. Ce sont des pièces de bois dont la distance de l'une à l'autre varie de 2<sup>m</sup>,00 c. à 2<sup>m</sup>,25 qui sont portées par les arbalétriers et qui s'appuient par leurs

extrémités sur les murs pignons. Elles servent à soutenir et à fortifier d'autres pièces plus petites nommées *chevrons*, lorsque ces derniers ont trop de portée. La panne, qui se trouve à l'angle de deux parties composant un même pan de toit à la Mansard, prend le nom de *panne de brisis*.

N, *Tasseaux ou chantignoles*. Ce sont de petits morceaux de bois assemblés ou fixés par des boulons ou de forts clous sur les arbalétriers afin de s'opposer au renversement des pannes.

Le *lasseau* est coupé carrément de tous côtés, tandis que la chantignole, coupée de même par un bout, est coupée en biseau par l'autre.

O, *Chevrons*. Les chevrons sont de petites pièces de bois sur lesquelles se clouent les *lattes* destinées à recevoir les tuiles ou les voliges des couvertures en ardoise en zinc, etc. Ces pièces se placent sur les pannes, dans le sens de la pente du toit, s'appuient, par leur extrémité supérieure, sur le faitage avec lequel elles sont clouées ou chevillées et s'assemblent par leur pied dans une sablière ou plate-forme. Ces pièces, qui ont un équarrissage de 8 à 11 centimètres sont espacées entre elles de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50. Elles forment, par leur ensemble, ce qu'on appelle le *lattis* du comble.

P, *Sablière ou plate-forme*. On donne le nom de plate-forme ou sablière à une pièce de bois dont l'épaisseur est toujours moindre que la largeur. Elle se place généralement sur le haut des murs. Dans certains cas, on la fait reposer sur les extrémités des entrails, mais toujours, elle est destinée à recevoir le pied des chevrons dans des pas qui y sont entaillés par embrèvement.

Dans certains cas, lorsque les murs ont beaucoup de largeur, ou pour éviter le tassement inégal qu'exercent sur l'entablement les pièces Q nommées *coyaux*, on met une double plate-forme composée de deux pièces dont l'une reçoit le pied des chevrons et dont l'autre supporte les coyaux. On met souvent des *entreloises* ou petites pièces de bois placées en travers sur les doubles plates-formes, afin de les relier et de prévenir leur écartement.

**Q, Coyaux.** Ce sont de véritables petits chevrons qui s'appuient à la fois sur les grands chevrons et sur l'entablement du bâtiment afin de rejeter les eaux au delà des murs. Les coyaux ne s'emploient que lorsque les combles ont beaucoup de pente et lorsque les chevrons sont posés sur la plate-forme.

**Chanlatte.** On appelle chanlatte une pièce de bois dont la section est un triangle rectangle qu'on place au pied des chevrons pour recevoir un égoût pendant.

**Travée.** On nomme *travée* la distance d'une ferme à l'autre; cette distance, pour

les combles en bois, varie ordinairement de 3 à 4 mètres.

### **Bois employés pour la construction des combles.**

**416.** Les bois employés pour la construction des combles sont le chêne et le sapin. Par économie, on associe souvent ces deux essences de bois et on fait des combles dont certaines pièces sont en chêne et d'autres en sapin. Les poinçons et les poteaux se font toujours en chêne.

Les autres pièces se font en sapin.

## § III. — DE LA HAUTEUR DES COMBLES

### PENTES A LEUR DONNER SUIVANT LA NATURE DE LA COUVERTURE

**417.** L'inclinaison des surfaces des combles n'est pas une chose que chacun peut faire varier à volonté; elle dépend de la nature de la couverture, et d'une façon secondaire, du climat. (*On entend par inclinaison l'angle formé par le plan incliné du comble avec l'horizon, c'est-à-dire avec un plan de niveau.*)

La hauteur qu'il convient de donner à un comble, eu égard à sa base, doit être déterminée principalement d'après l'espèce de couverture qu'on veut lui faire supporter. Dans les contrées où les pluies et les neiges sont abondantes, il convient cependant de tenir cette hauteur plus grande que dans les pays méridionaux, afin de donner à leur toiture une plus forte inclinaison.

La pente, la nature et le poids des matières qui forment la couverture d'un comble, font varier sensiblement les dépenses nécessaires à son établissement. Dans le cas d'une terrasse, par exemple, la surface d'une couverture est égale à celle même de l'espace à couvrir. Un comble d'un tiers de pente a un cinquième de plus d'étendue que sa projection horizontale; et, si cette pièce est de 45°, la surface est égale, en développement, à une fois celle de la base, plus les 2/3 de cette base. Plus la pente est grande, plus la dépense sera forte. Ainsi, sous un

angle de 60°, donnant un profil ayant la forme d'un triangle équilatéral, la superficie est double de la projection. Lorsque, pour une couverture, on emploie des matériaux formant des joints et des recouvrements, l'inclinaison devra dépendre, non seulement du nombre des joints, mais encore et principalement de la grandeur des recouvrements de surfaces et de la nature des matériaux de couverture. Le nombre des joints augmente celui des points par où l'eau peut s'introduire, et les inconvénients qui en sont la suite. Dans les couvertures, la capillarité joue un grand rôle. En effet, avec des matériaux spongieux, comme les ardoises et les tuiles qui se mouillent facilement, l'eau remonte dans les joints à une distance beaucoup plus grande de l'orifice qu'avec des matériaux métalliques jouissant de propriétés contraires. Il résulte donc de cette observation que l'inclinaison des combles doit être plus forte lorsqu'on emploie des ardoises ou des tuiles que lorsqu'on fait usage de lames de métal, afin de contrarier les effets de la capillarité par ceux de la pesanteur, ou que le recouvrement doit être plus grand. Mais comme, au delà d'une certaine limite, ce dernier moyen d'obvier aux effets de la capillarité, offre des désavantages par rapport au premier,



c'est à celui-là qu'on a eu le plus souvent recours. D'une manière générale, on peut dire que l'inclinaison doit augmenter en raison directe de la porosité des matériaux et de la petitesse de leur recouvrement.

Le climat a aussi son influence. Il est évident que si l'état humide de l'atmosphère fournit incessamment de nouveaux aliments à la capillarité, l'humidité s'entretiendra pendant de longs intervalles et pourra produire de notables ravages. Il faudra donc réserver les terrasses et les combles surbaissés pour le levant et le midi de l'Europe et, au contraire, prendre les combles à plus fortes pentes pour l'occident et le nord.

Dans un comble à 45°, la hauteur de la pente est égale à la moitié de la base, et l'angle, au sommet, est droit; mais cette disposition, dite d'équerre, qui était fort en usage autrefois, est généralement rejetée de nos jours. Il en est de même pour les hauteurs plus grandes.

Les principaux matériaux servant pour les couvertures sont les tuiles, les ardoises, les couvertures métalliques (cuivre, plomb, zinc, tôle, etc.); enfin, pour les couvertures économiques, le papier bitumé.

Pour les tuiles plates, et dans les contrées septentrionales, la hauteur minima est ordinairement égale à 1/3 de la base et l'inclinaison résultante est de 34 degrés. Dans les pays méridionaux, on ne donne, au contraire, à la hauteur, que le quart de la base, ce qui produit une inclinaison de 27 degrés seulement. On pourrait encore réduire cette pente si toutes les tuiles s'appliquaient bien les unes sur les autres, comme le font les ardoises; mais, la plupart du temps, elles sont gauches et mal fabriquées et, pour cette raison, offrent peu de prise au vent.

Pour les ardoises, dans les pays pluvieux, la hauteur ne peut être moindre que le tiers de la largeur, parce que les ardoises ont l'inconvénient, non seulement d'absorber l'eau, mais encore, à cause de leur surface lisse, celui de la laisser remonter entre les parties en recouvrement, ce qui, comme on le sait, est un effet de la capillarité. Dans les contrées où les pluies sont abondantes, les pentes

minimum sont celles qui correspondent au 1/4 et même au 1/5, ce qui donne des inclinaisons de 22 à 27 degrés.

Pour les tuiles creuses, le minimum pour la hauteur est de 1/5 ou 1/6 de la base, ce qui donne une pente de 22 à 18 degrés 1/2 et le maximum pour qu'elles ne glissent pas est le 1/4 ou 27 degrés.

Pour les matériaux métalliques, on ne

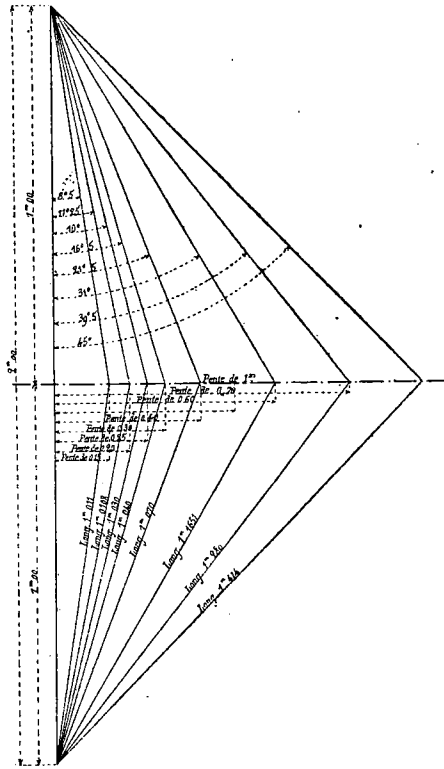


Fig. 559.

peut limiter aucune pente si ce n'est, comme pour les terrasses, celle qui est indispensable pour l'écoulement des eaux pluviales.

MATÉRIAUX DE COUVERTURE	PENTE PAR MÈTRE	ANGLE correspondant	DÉVELOPPEMENT correspondant
	mètres	degrés	mètres
Zinc .....	» 15	8.5	1.0110
Tôle galvanisée.....	» 20	11.5	1.0198
Id.	» 25	14.0	1.0300
Tuile mécanique....	» 30	16.5	1.0440
Id.	» 40	21.5	1.0700
Ardoises grandes...	» 60	31.0	1.1661
Ardoises petites....	» 80	39.5	1.2800
Tuiles ordin. plates.	1 00	45.0	1.4140

Nous donnons, dans le tableau ci-dessus, les pentes ordinairement admises pour les différents matériaux de couverture et (*fig. 559*) le tracé graphique de ces différentes pentes.

Dans nos climats, on admet en général les inclinaisons suivantes qu'il sera bon d'adopter pour les études de charpentes.

*Tuiles à recouvrement.* Pente convenable de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,45 par mètre; éviter une pente de 0<sup>m</sup>,30 par mètre et au-dessous.

*Couvertures métalliques. Cuivre, Zinc, etc.* Pente convenable de 0<sup>m</sup>,25 à 0<sup>m</sup>,30 par mètre.

*Ardoises.* Se rapprocher de 45 degrés.

*Mastic bitumineux.* Mêmes pentes que pour les couvertures métalliques.

### Comparaison du cube de bois employé dans les combles d'après leur pente.

**418.** Les quelques chiffres que nous allons donner sont les résultats d'un certain nombre de mesurages de bâtiments d'une longueur moyenne. Dans ces chiffres ne sont pas comptés les entrants ou tirants des fermes, parce que ces pièces entrent plus particulièrement dans la composition des planchers des greniers où ils servent de poutre et que, dans ce cas, leurs di-

mensions sont très variables selon les poids des planchers et les points d'appui qui peuvent se trouver au-dessous. Le cube de bois d'un comble peut être évalué, par mètre carré d'espace couvert, de la manière suivante :

0<sup>m</sup><sup>3</sup>,103 pour un comble en ardoises présentant une pente de 60 degrés;

0<sup>m</sup><sup>3</sup>,090 pour un comble en ardoises présentant une pente de 45 degrés;

0<sup>m</sup><sup>3</sup>,900 pour un comble en tuiles plates présentant une pente de 45 degrés;

0<sup>m</sup><sup>3</sup>,058 à 0<sup>m</sup><sup>3</sup>,068 pour un comble en tuiles creuses présentant une pente de 18 à 21 degrés.

Il y a souvent économie à donner aux combles la moindre hauteur possible, sous le double rapport de la charpente et de la surface à couvrir. Cependant, une couverture légère par unité de surface et susceptible d'être employée sous une très faible pente, peut souvent nécessiter autant de bois qu'une autre qui serait plus pesante, mais qui exigerait une inclinaison très prononcée. La raison en est que moins les bois sont inclinés, mieux ils résistent aux charges qu'ils ont à supporter. En général, les combles surbaissés procurent un soulagement considérable aux murs d'appui qui sont alors moins chargés.

## § IV. — DIVERSES DISPOSITIONS DES COMBLES

**419.** Les combles, suivant les formes qu'ils affectent, peuvent se classer de la manière suivante :

1° Combles à une seule pente. — Appentis;

2° Combles à deux pentes. Pentes égales (combles ordinaires). Pentes inégales (combles en forme de sheds);

3° Combles à plus de deux pentes. — Croupes droites et croupes biaises;

4° Rencontre de deux combles à longs pans. Noues, noulets ou nolets;

5° Combles en pavillon;

6° Combles divers, cylindriques, coniques, sphériques, etc.

**420.** Les combles en appentis peuvent,

comme le montre le croquis (*fig. 560*), être adossés contre un mur et supportés sur poteaux de l'autre côté ou portés sur deux poteaux, le mur n'existant pas. Les combles à deux pentes égales ou inégales sont formés, comme nous l'indiquons (*fig. 561*), de deux pans ou longs pans L. Ces surfaces s'appellent aussi *égouts*, *versants* ou *rampants*, d'un faite ou ligne de couronnement F, de deux pignons P.

**421.** Les combles formés de plus de deux pentes, dont nous donnons deux croquis (*fig. 562*), sont composés de *longs pans* L, de *croupes droite* C, ou *biaise* C', enfin d'*arêtiers* A.

**422.** Les combles, en se rencontrant,

peuvent avoir les trois dispositions indiquées (fig. 563). Ils forment alors des noues N et des nolets N'.

**423.** Les combles en pavillon peuvent prendre les diverses formes indiquées par la figure 564.

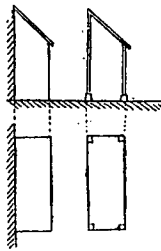


Fig. 560.

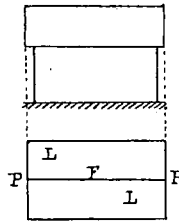


Fig. 561.

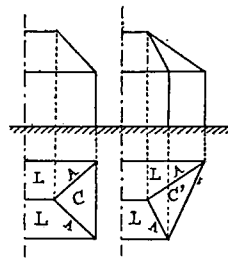


Fig. 562.

**424.** Enfin, les combles cylindriques, tout à fait particuliers, seront étudiés sé-

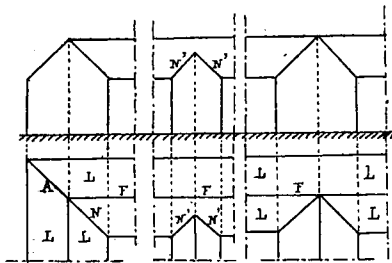


Fig. 563.

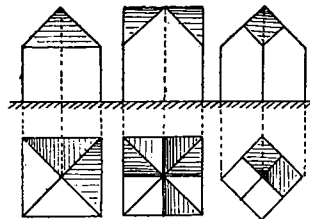


Fig. 564.

coniques et sphériques, formant des cas parément

§ V. — ÉTUDE DES APPENTIS

**425.** On donne le nom d'appentis à un comble qui n'a qu'un seul plan incliné ou un seul égout.

appentis est représentée en croquis (fig. 565). C'est, comme le montre cette figure, un plancher placé obliquement. Supposons, en effet, qu'on incline le plancher représenté (fig. 566), on obtiendra la forme la plus simple d'un appentis.

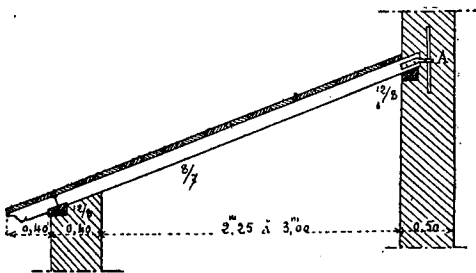


Fig. 565.

La forme la plus simple à donner aux

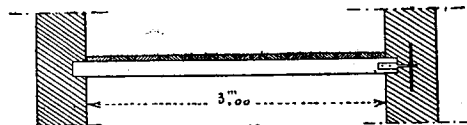


Fig. 566.

Dans ce cas l'appentis se compose :  
1° D'une sablière basse placée sur un

mur (fig. 565), ou assemblée avec la partie supérieure d'un poteau (fig. 567) ;

2° D'une sablière haute pouvant prendre deux dispositions : l'une (fig. 567), dans laquelle la sablière est extérieure au mur et est maintenue dans une position invariable à l'aide de forts crampons scellés dans la maçonnerie ; l'autre (fig. 568), dans laquelle cette même sablière est complètement encastrée dans la maçonnerie.

Reposant sur ces deux sablières, se trouvent une série de chevrons régulièrement espacés, cloués haut et bas. Pour augmenter la solidité de cet ensemble et

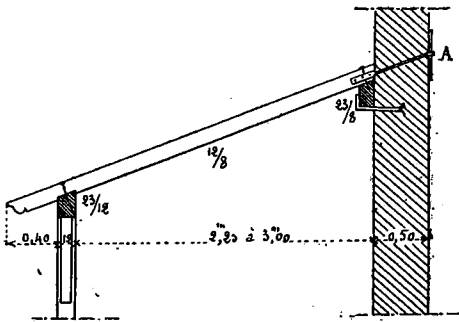


Fig. 567.

pour empêcher le glissement, les chevrons sont entaillés à l'endroit où ils passent sur la sablière basse et, de distance en distance, on ajoute un ancrage A solidement relié au mur.

Cette disposition d'appentis est applicable lorsque l'écartement des murs ne dépasse pas 2<sup>m</sup>,50 à 3 mètres. Pour 2<sup>m</sup>,25 d'écartement, on se sert des chevrons du commerce ayant 8/7 d'équarrissage et dont l'espacement d'axe en axe varie de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50, suivant la nature de la couverture employée. Si l'écartement est de 3 mètres, on augmentera les dimensions des chevrons et leur équarrissage sera de 12/8. Enfin, si, pour un motif quelconque, on désire, en prenant toujours 3 mètres d'écartement, conserver la forme simple indiquée précédemment, mais donner aux chevrons un écartement plus grand, 0<sup>m</sup>,80 à 1 mètre, on devra alors leur donner un équarrissage de 14/8.

Les sablières hautes et basses peuvent,

si elles sont constamment portées sur les murs, être formées d'un simple chevron de 12/8 posé à plat. Si elles reposent sur des poteaux dont l'écartement n'excède pas 3<sup>m</sup>,50 à 4<sup>m</sup>,00, on emploiera le madrier du commerce dont l'équarrissage est 23/8.

La disposition d'un appentis de 3<sup>m</sup>,00 de portée peut, pour en augmenter la solidité, prendre la forme représentée (fig. 568) dans laquelle on a ajouté aux solutions précédentes un tirant T assemblé sur la partie supérieure des poteaux et scellé dans le mur. Nous formons, dans ce cas, un triangle qui permet une plus grande résistance.

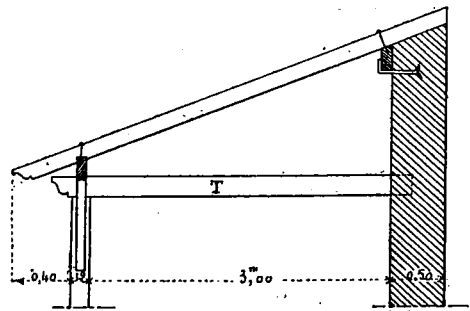


Fig. 568.

Supposons que la portée de l'appentis augmente, qu'elle soit de 4 à 5<sup>m</sup>,00 par exemple. Il faut alors compliquer un peu la disposition et se servir de pannes. S'il

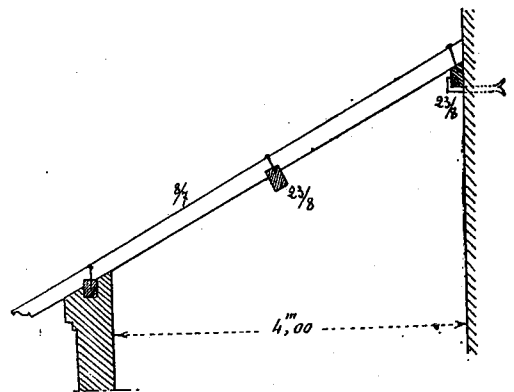


Fig. 569.

existe des murs de refend tous les 4<sup>m</sup>,00, il suffira de prendre la disposition (fig. 569)

dans laquelle la panne repose par ses deux extrémités sur les murs de refend. Si ces murs de refend font défaut, on devra alors chercher un moyen de supporter cette panne. Le plus simple est indiqué (fig. 570). Il consiste à soulager la portée de la panne par une contre-

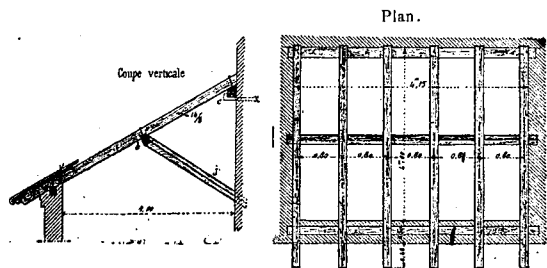


Fig. 570.

fiche ou jambe de force *J* soutenant le dessus de la panne et allant se sceller dans le mur. Dans cet exemple, nous voyons en *a* la sablière, en *b* la panne et en *c* la sablière haute qu'on nomme *lambourde*. La couverture de cet appentis est supposée faite en voliges jointives recouvertes par une couverture métallique. Pour 5<sup>m</sup>,00 de portée, cette solution n'est pas suffisante. Il faut alors prendre la disposition représentée (fig. 571). Dans

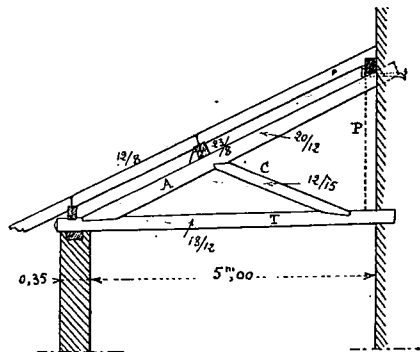


Fig. 571.

cet exemple, nous avons, comme précédemment, des sablières, des pannes et nous ajoutons un *arbalétrier A*, un *tirant ou entrant T* et une *contre-fiche C*. Nous avons, en un mot, formé ce qu'on nomme une *demi-ferme* en ayant soin, toutefois, de conserver, autant que possible, la forme triangulaire. Pour soutenir la sablière haute, on place souvent, comme nous

l'indiquons en pointillé dans la figure, un potelet *P* soutenant cette sablière.

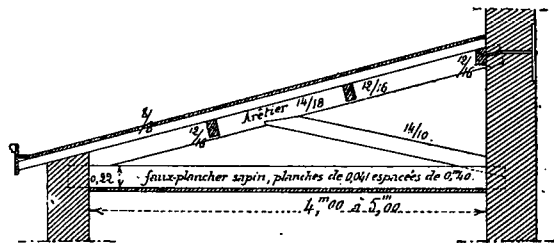


Fig. 572.

On peut aussi prendre les dispositions indiquées par les croquis (fig. 572, 573 et

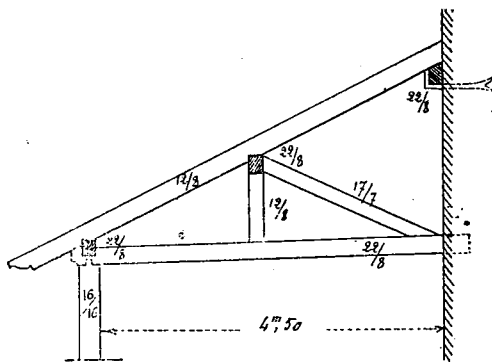


Fig. 573.

574). Si la portée de l'appentis augmente encore, il faut aussi augmenter le nombre des pannes.

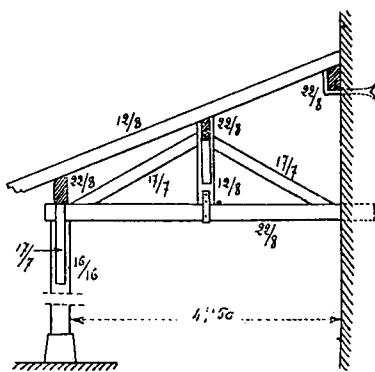


Fig. 574.

La figure 575 donne un exemple d'un appentis de 6 à 7<sup>m</sup>,00 de portée dans lequel nous supposons deux pannes intermédiaires. Ces deux pannes sont sou-

tenues par deux contrefiches *C* reportant la charge sur les deux poteaux. Cette

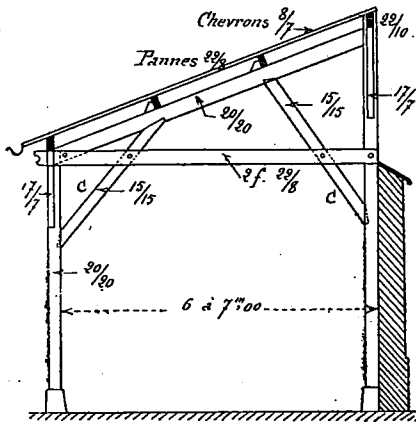


Fig. 575

disposition est simple et se comprend facilement par la seule inspection de la figure.

Si, pour une portée de 6 à 7<sup>m</sup>,00, nous

voulons employer une couverture légère, comme le papier goudronné ou les tuiles en tôle galvanisée, nous pourrions alors prendre la disposition d'appentis indiquée par le croquis (fig. 576). Cet appentis est très léger et se compose de planches assemblées. Nous le donnons comme très économique en raison de l'espace couvert relativement très grand pour le cube de bois employé. Si la portée de l'appentis augmente encore, nous sommes obligés de faire croître le nombre de pannes.

La figure 577 nous donne un exemple d'un appentis ayant 8 à 8<sup>m</sup>,50 de portée. Il existe, comme dans le cas précédent (fig. 575), deux contrefiches plus un faux-entrait soutenu en son milieu par un fort boulon.

Nous pouvons donner à un appentis la forme d'un comble à la mansard, comme le montre le croquis (fig. 578). Cette forme d'appentis est ordinairement employée lorsqu'on désire trouver, au-dessus d'un

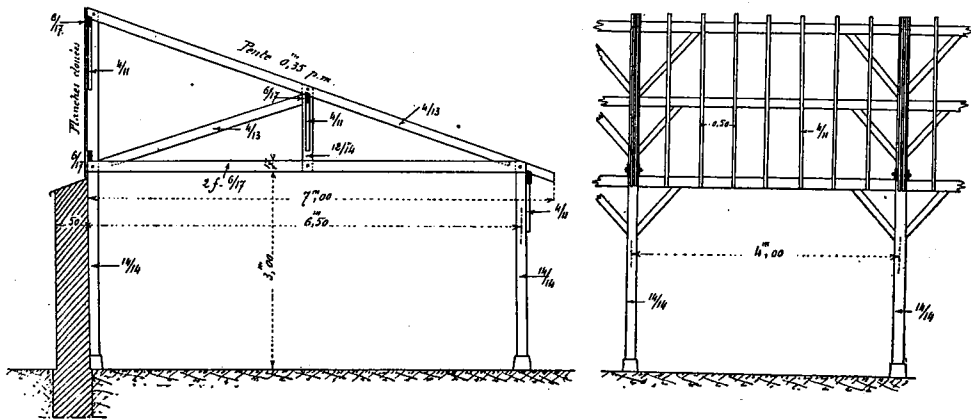


Fig. 576.

faux plancher, un espace pouvant être facilement habité, par exemple un logement de cocher au-dessus d'une écurie ou d'une remise. Si la portée de l'appentis augmente encore, on fera bien de mettre alors des poteaux intermédiaires pour ne pas trop compliquer la charpente. Dans les exemples qui précèdent, il est facile de remarquer que, quelle que soit la complication demandée pour la construction d'un

appentis, il prend toujours la forme d'une demi-ferme. Il est donc inutile de pousser plus loin cette étude, car lorsque nous aurons étudié complètement les diverses dispositions des fermes à deux pentes, il nous suffira, pour avoir un appentis, de prendre la moitié de chacune de ces fermes et de la supposer adossée contre un mur ou maintenue sur un poteau qui, en réalité, sera la continuation du poin-

çon de la ferme entière. De l'autre côté, dans le cas précédent, soit sur un mur, cette demi-ferme pourra reposer, comme soit sur un poteau.

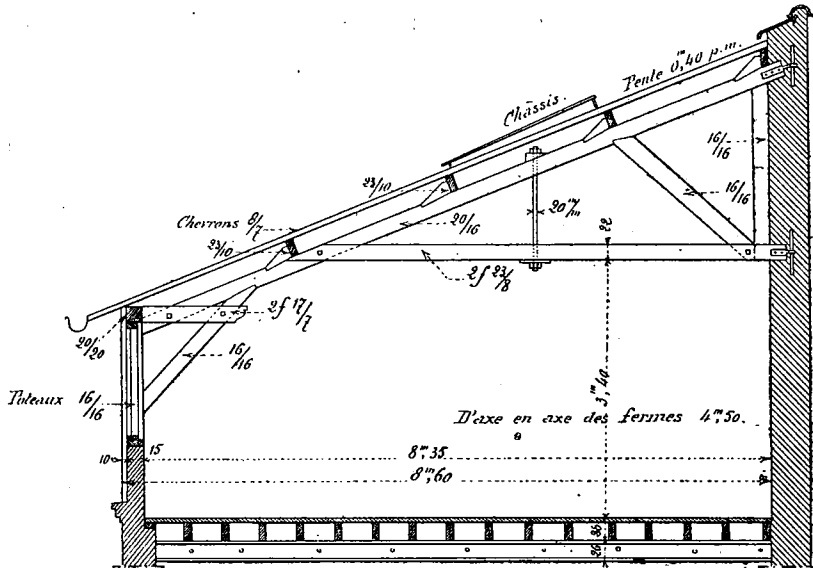


Fig. 577.

Il peut arriver qu'il soit impossible de faire reposer l'appentis sur des poteaux

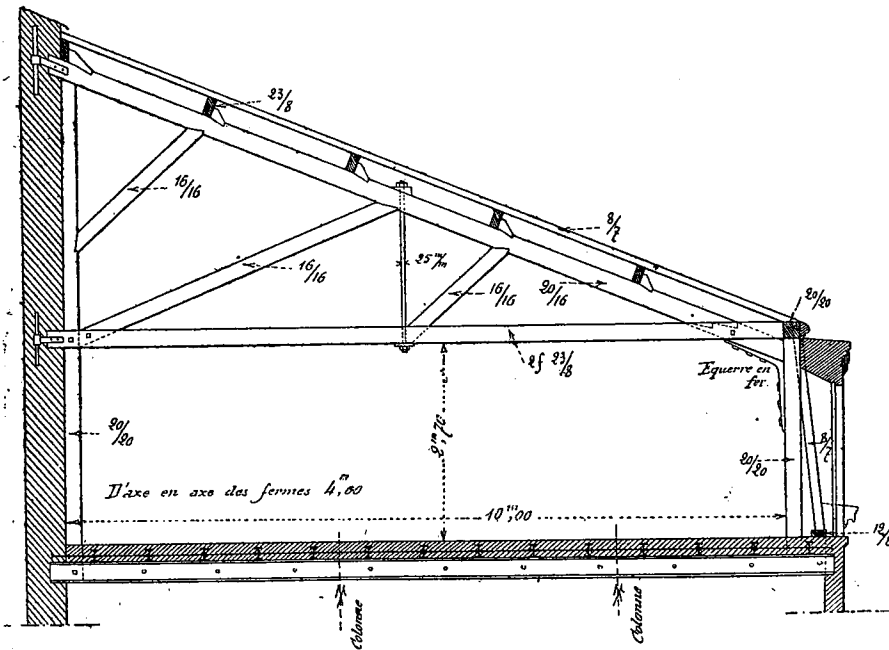


Fig. 578.

pouvant, dans certains cas gêner la circulation. Il faut alors avoir recours aux

deux dispositions représentées en croquis (fig. 579 et 580). Dans ces exemples, la

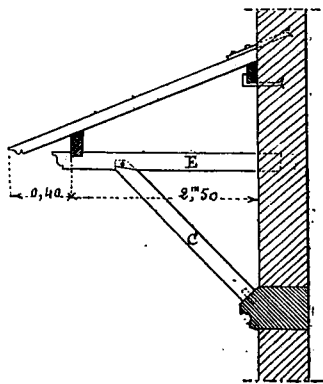


Fig. 579.

panne est portée sur une potence formée, dans le premier cas, d'un entrait E et

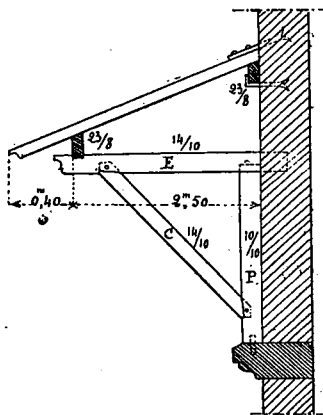


Fig. 580.

d'une contre-fiche C et dans le second, d'un entrait E, d'une contre-fiche C et d'un potelet P. Les assemblages sont faits par de simples embrèvements. Ces potences reposent, par leur pied, sur une console ou corbeau en pierre, faisant saillie sur le nu du mur. Ces deux dispositions ne permettent pas une très grande portée et sont souvent employées pour la construction d'abris très simples.

Afin d'éviter cette potence qui n'a pas un aspect agréable, on a cherché à supporter l'appentis par le haut. On prend alors la disposition représentée en cro-

quis (fig. 581.) Chaque panne est maintenue par un boulon *f* venant se sceller dans le mur. Ce boulon est fixé sur la panne comme nous l'indiquons (fig. 582).

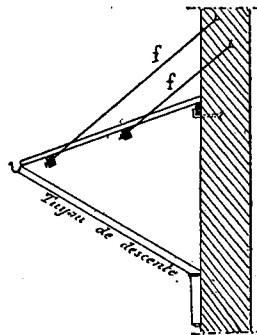


Fig. 581.

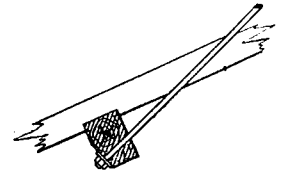


Fig. 582.

On a également cherché à changer le sens de la pente de l'appentis et à mettre le chéneau ou la gouttière le long du mur. L'appentis prend alors la disposition re-

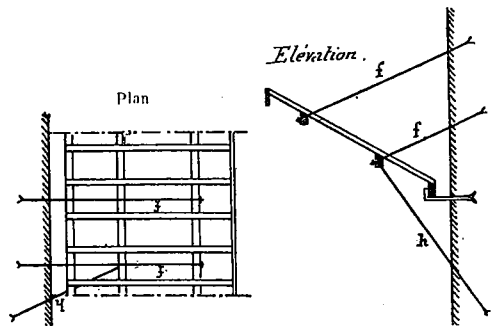


Fig. 583.

présentée en croquis (fig. 583). On place, comme dans le cas précédent, des boulons *f* scellés dans la maçonnerie et, de plus, afin de s'opposer à l'action du vent, on place des haubans *h* également en fer, se fixant, comme les boulons, sur les pannes et venant se sceller dans le mur.

Ces diverses dispositions, exécutées en bois, paraissent toujours un peu lourdes, il est préférable d'employer le fer. Nous en donnerons plusieurs exemples en parlant, dans la charpente en fer, de la construction des auvents et marquises.



## § VI. — COMBLES A DEUX PENTES

**426.** Les combles proprement dits se composent :

1° De pièces de bois horizontales dont la plus élevée est nommée *faîte*, *faîtier* ou *faitage*. Les plus basses, portées par les murs, sont appelées *plates-formes* ou *sablières*. Les pièces intermédiaires sont désignées, selon les pays, par les noms de *pannes* ou de *filères* ;

2° De pièces de bois plus ou moins inclinées portées par les précédentes perpendiculaires à leur direction et qu'on appelle *chevrons*. Les chevrons soutiennent le revêtement formant la toiture, soit directement, soit, plus généralement, par l'intermédiaire de *lattes* ou de *voliges*, suivant le mode de couverture. Le comble est porté par des pignons en maçonnerie, ou, à défaut, par des *fermes* en charpente.

Les fermes sont aux combles ce que les poutres armées sont aux planchers ; mais, quels que soient les soins apportés à leur construction, elles ne peuvent jamais avoir la stabilité ni la solidité d'un pignon en maçonnerie. Dans leur construction et dans leur étude, il faut toujours avoir égard au but qu'on se propose d'atteindre, au pays où elles se construisent, aux dimensions des bâtiments et, enfin, aux charges qui résultent du poids des matières destinées à former la couverture.

Les pignons ont pour but, non seulement de terminer les combles, mais aussi de porter les pièces principales de la charpente, le faitage et les pannes.

## I. — Combles sur pignons.

**427.** Lorsque l'intervalle entre les murs d'appui latéraux ne dépasse pas 4 ou 5 mètres, le comble se compose d'un faitage et de pannes appuyées par leurs deux extrémités sur le prolongement de la maçonnerie en pointe, qu'on appelle *pignon*. Ces pièces supportent les chevrons dont le bout est appuyé sur les sablières portées par les murs de face. Si la longueur de la pente ne dépasse pas 2<sup>m</sup>,50,

les pannes sont généralement inutiles et le comble est simplement formé par un faitage, une sablière et une série de forts chevrons s'appuyant sur ces deux pièces. Quand la longueur de la pente est plus grande, le comble comprend un faitage, de chaque côté un nombre égal de pannes et une sablière sur chaque mur de face. Le faitage doit, autant que possible, être en bois de chêne et d'une seule pièce. Si on emploie le sapin, c'est par économie. Il peut, dans certains cas, être consolidé par des arcs-boutants scellés en écharpe dans les pignons.

Dans certaines constructions, le faitage est encasté dans une pierre qu'on place à cet effet sur l'extrémité du pignon. On relie souvent les deux pignons par un chaînage. Sur les pignons en pan de bois, le faitage est soutenu par un poteau vertical ou par les prolongements des pièces inclinées.

Les pannes, qui ne sont en réalité que de véritables solives formant un plancher incliné, doivent être méplates et posées sur champ comme les solives d'un plancher ordinaire. On les fait presque toujours ensapin. Ces pannes sont encastées dans la maçonnerie des pignons et accotées par des pierres posées sur champ et remplissant le but des *échantignolles*. Sur les pans de bois, les pannes sont arrêtées par des *chantignolles* ou *tassaux* attachés par embrèvement sur les côtés inclinés du pignon en charpente. Quant aux *sablières*, comme elles sont portées par les murs de longs pans, on les compose avec plusieurs parties méplates et assemblées à queue d'hironde, de manière à ce qu'elles ne forment qu'un ensemble dans leur longueur. On doit, autant que possible, employer des bois durs pour les sablières en raison de leur contact avec la maçonnerie.

Les *plates-formes* diffèrent des sablières en ce qu'elles reçoivent les pieds des chevrons dans des *pas* taillés par embrèvement, tandis que les sablières les supportent sur un de leurs côtés dont on a en-

levé l'arête. Les premières servent plus spécialement pour les combles retroussés; les secondes, pour les combles à égouts pendants. Les unes et les autres sont encastées dans le mur, au-dessus de la corniche quand il s'en trouve une.

On double parfois les plates-formes, c'est-à-dire qu'on en place deux à côté l'une de l'autre, en les séparant par un intervalle plus ou moins grand, dont l'écartement est maintenu par des entretoises: c'est quand on ajoute des *coyaux* à la couverture. Ces coyaux sont, comme nous le savons, de petits chevrons qu'on place au bas des autres pour prolonger le toit et rejeter les eaux plus au dehors; ils ne s'emploient que lorsque les combles ont beaucoup de pente. Dans ce cas, les chevrons s'appuient sur la plate-forme intérieure, dans des *pas*, et les coyaux portent sur l'autre plate-forme dont un des angles est abattu.

Enfin, les *chevrons*, espèces de solives généralement minces, dont les plus petits ont 8/7 d'équarrissage, sont placés sur le faitage et sur les pannes dans le sens de la pente du toit. Leur écartement peut varier de 0<sup>m</sup>,25 à 0<sup>m</sup>,60 suivant le mode de couverture adopté. Ils sont ordinairement cloués sur le faitage et sur les pannes. Leur pied repose sur les plates-

formes ou s'appuie sur les sablières, ainsi qu'il a été dit. On peut les former de plusieurs bouts, pourvu que chacun d'eux soit aussi grand que l'écartement des deux pièces sur lesquelles il s'appuie. Quand l'inclinaison du toit est de 45 degrés, la longueur du chevron est, d'après une appréciation empirique, égale aux trois quarts de la largeur du bâtiment.

D'après ce que nous avons dit précédemment, le comble sur pignon le plus

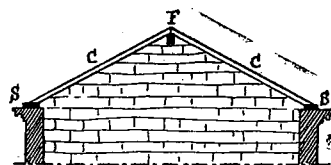


Fig. 584.

simple est celui qui est composé de deux sablières *S* (fig. 584), d'un faitage *F* et d'une série de chevrons *C* généralement espacés de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50 d'axe en axe. La portée maximum de ces chevrons sera de 2<sup>m</sup>,00 à 2<sup>m</sup>,25. Si la longueur augmente, il faut alors se servir des pannes.

**428. Observation.** — Dans l'étude des appentis et des combles, il ne faut pas donner aux chevrons ordinaires du commerce ayant un équarrissage de 8/7 une

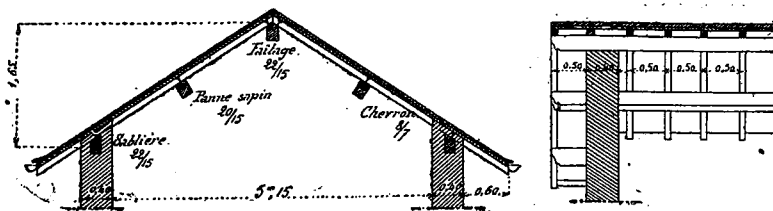


Fig. 585.

portée supérieure à 2<sup>m</sup>,25 avec un écartement d'axe en axe variant de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50. Pour les pannes, on se sert, le plus souvent, du madrier dont l'équarrissage est de 23/8 et, pour être dans de bonnes conditions, il ne faut pas leur donner plus de 4<sup>m</sup>,00 de portée.

De ce que nous venons de dire, il résulte que, dans l'étude d'une charpente, on ne doit pas, autant que possible, écarter les pannes de plus de 2<sup>m</sup>,25 et leur donner

une portée plus grande que 4<sup>m</sup>,00 afin d'obtenir une résistance suffisante avec les bois ordinaires du commerce. Si l'on dépasse ces proportions, c'est pour une raison majeure.

Un exemple simple d'un comble sur pignon avec panne est indiqué en croquis (fig. 585). Les pannes ont, dans ce cas, un équarrissage de 20/15 assez fort parce que l'écartement des murs pignons a été supposé plus grand que 4<sup>m</sup>,00. Les che-

vrons sont simplement cloués sur les pannes, sur les sablières et sur le faitage. Leur écartement d'axe en axe est de 0<sup>m</sup>,50 comme le montre la coupe longitudinale du comble. Dans cet exemple, les chevrons se prolongent au dehors des murs longitudinaux. On dit, dans ce cas, que les chevrons se terminent en *queue de vache* et on peut alors mettre ou ne pas mettre de gouttière.

Les figures 586, 587, donnent deux exemples de l'application des combles sur pignon. Dans ces exemples, la panne *P* n'est utile que pour recevoir une pièce de bois *A* permettant de faire un plafond. Les sablières sont ici posées sur des pierres de taille interposées dans les murs construits en petits matériaux; elles sont maintenues en place par de forts crampons *C* scellés dans ladite pierre. Les chevrons sont

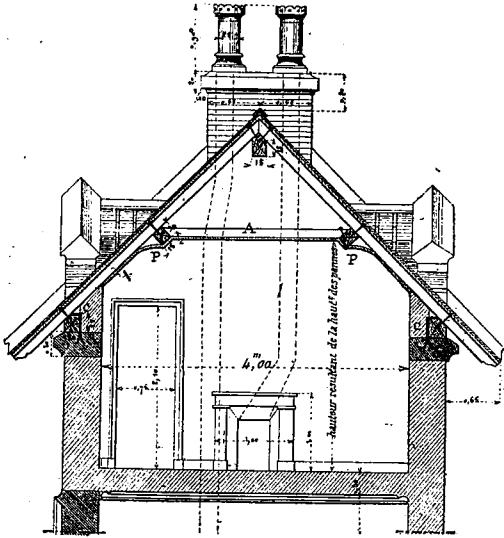


Fig. 586.

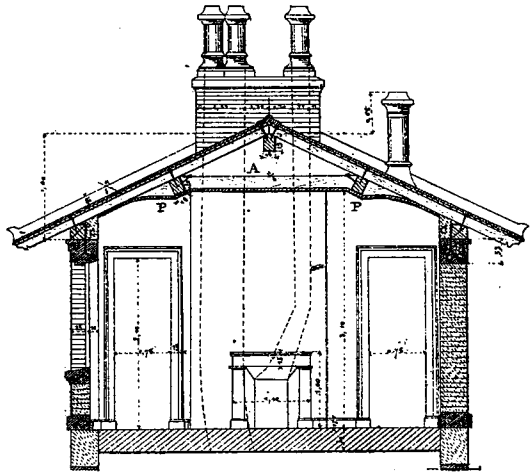


Fig. 587.

terminés en queue de vache; il n'existe pas de gouttière et l'eau tombe librement sur le sol. Si l'écartement des deux murs longitudinaux augmente, on augmentera

aussi le nombre des pannes mais le principe de la construction de ces sortes de combles reste absolument le même.

Quand les murs longitudinaux sont très

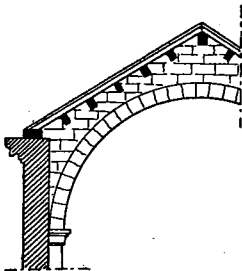


Fig. 588.

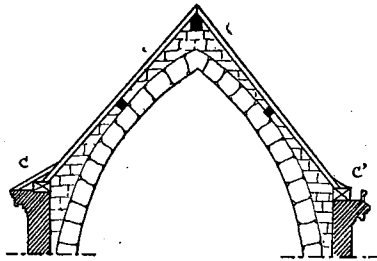


Fig. 589.

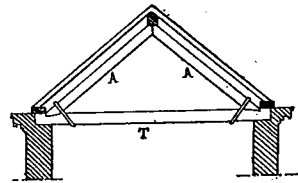


Fig. 590.

écartés et la charge très grande, on construit, comme le montre le croquis (fig. 588)

des arcs en maçonnerie destinés à porter les pannes. On peut alors laisser l'espace

ouvert ou le remplir de petits matériaux.

Dans certains cas, l'arc peut prendre la forme ogivale indiquée (fig. 589). Quand les eaux de pluie sont rejetées au dehors directement, on ajoute au pied du chevron un petit coyau C reposant sur l'arête de la corniche. Quand on désire recueillir les eaux de pluie ou les envoyer dans un caniveau, on place un chéneau C' installé sur la corniche.

## II. — Combles sur fermes.

**429.** Les fermes sont, comme nous le savons, des assemblages de pièces de bois destinés à remplacer les murs de refend. Dans certains cas, les murs pignons des deux extrémités n'existent pas et sont remplacés par des fermes. Les fermes qui se mettent à la place des murs de refend se nomment *fermes courantes*. Celles qui remplacent les murs pignons se nomment *fermes de tête*.

Dans les différents exemples que nous allons donner, des fermes à deux égouts, nous indiquerons, sur chacune d'elles la position des chevrons, des pannes et des sablières afin de former un ensemble et de représenter le comble complet.

### 1° COMBLES SANS PANNE INTERMÉDIAIRE

**430.** La ferme en bois la plus simple est, comme le montre le croquis (fig. 590); composée de trois pièces. La première est horizontale, se nomme *tirant* ou *entrait* T. Les deux autres, inclinées suivant la pente du toit, sont nommées *arbalétriers* A. Ces pièces forment un triangle isocèle. Les deux arbalétriers s'appuient, avec tenon, mortaise et emboîtement, soit l'un sur l'autre, soit sur une quatrième pièce verticale nommée *poinçon*. Dans le premier cas, ils se réunissent, soit par un joint à plomb, soit à l'aide d'une clef entaillée dans les deux pièces et chevillée, ou bien encore par des entailles à mi-bois arrêtées avec une cheville (fig. 591). Le poinçon P étant soutenu par les arbalétriers soulage le tirant à son tour au moyen d'un tenon passant avec clef ou plus fréquemment avec un étrier en fer. Les arbalétriers sont assemblés, par leur pied, dans les extrémités du tirant au

moyen d'entailles en crémaillère et retenus par des liens en fer qui sont placés perpendiculairement à la pente des pièces inclinées.

L'assemblage de l'arbalétrier avec le tirant est généralement consolidé avec une frette en fer inclinée. Le contreventement latéral des fermes se fait avec des liens, ou aisseliers S, assemblés sur le poin-

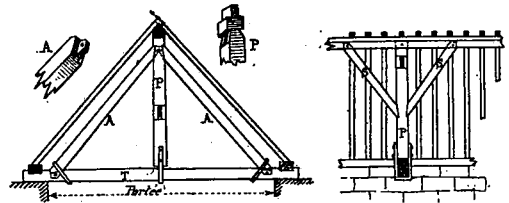


Fig. 591.

çon et le faitage avec tenons et emboîtements. Le faitage s'assemble sur la tête du poinçon à tenon et mortaise.

Dans un comble, la distance qui sépare les deux murs sur lesquels portent les abouts des arbalétriers se nomme la *portée* du comble.

Ces combles sans panne intermédiaire entre la sablière basse et le faitage ne peuvent avoir une bien grande portée, les chevrons n'étant soutenus qu'à leurs deux extrémités.

Comme dernier exemple d'un comble sans panne intermédiaire, nous donnons en croquis (fig. 592) un type de comble très économique simplement composé de planches et qui peut, pour des hangars provisoires légèrement couverts, rendre de grands services.

### 2° COMBLES A UNE PANNE

**431.** Lorsque la portée est grande, il devient nécessaire de soutenir les arbalétriers en un ou plusieurs points de leur longueur, le plus souvent en face de chaque panne. Les dispositions changent selon que la pente du comble est prononcée ou non; car l'efficacité d'une pièce de soutien dépend de son inclinaison sur l'autre pièce.

#### 1° Comble à forte pente.

**432.** Comme premier exemple, nous

nous occuperons des combles à une panne, c'est-à-dire de ceux ne comprenant, entre le faitage et la sablière, qu'une seule

panne et qu'on nomme aussi *combles à une paire de panne* (une panne par versant). Ces combles peuvent être à forte ou

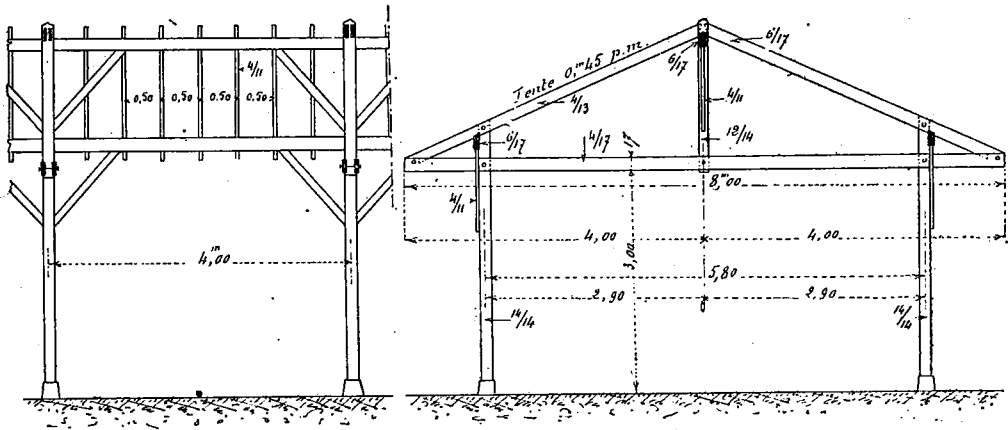


Fig. 592.

à faible pente comme nous le verrons dans les exemples qui vont suivre. Leur portée varie de 4 à 8 mètres.

La figure 593 donne un exemple de comble à une panne à forte pente. Il se com-

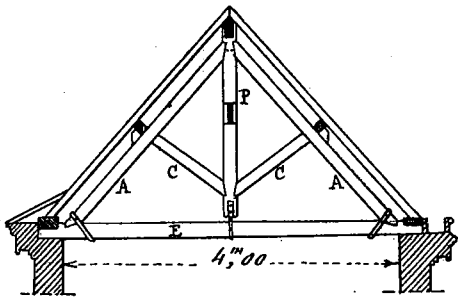


Fig. 593.

pose d'un entrait E, de deux arbalétriers A, d'un poinçon P et de deux contrefiches C soutenant les pannes placées sur les arbalétriers. Ces contrefiches sont assemblées à tenon avec embèvement sur le poinçon et s'assemblent à tenon sur l'arbalétrier en face de la panne. Le côté gauche de la figure montre la disposition des chevrons reposant sur la sablière avec l'emploi de coyaux pour l'écoulement des eaux directement au dehors. Le

côté droit montre la disposition avec chéneau permettant de recueillir les eaux de pluie. La portée de ce comble est de 4 mètres seulement; mais, comme la pente est forte, les arbalétriers ont relativement une grande longueur et ont besoin d'être soutenus en leur milieu, ce qui oblige, même pour une faible portée, de mettre une panne.

2° Comble à faible pente sans contrefiches.

433. La figure 594 nous donne un autre exemple de comble à une seule panne sans contrefiches et dont l'entrait

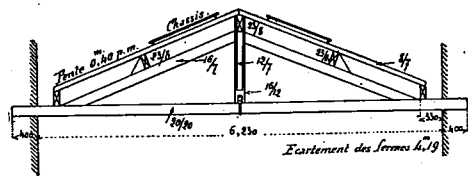


Fig. 594.

est scellé dans deux murs latéraux de manière à permettre l'établissement de chéneaux le long de ces murs. Cette disposition est applicable à la couverture d'une cour entre deux bâtiments, par exemple. La couverture est supposée faite avec des tuiles à emboîtement. La portée

est assez grande et les bois de faible dimension indiquent une charpente économique.

### 3° Comble ordinaire avec contrefiches.

**434.** La figure 595 donne le vrai type des combles à une panne avec la pente ordinairement adoptée pour ce genre de comble. La ferme est tout en sapin. La

coupe longitudinale donnée sur la même figure montre la disposition des pannes sur le mur pignon et l'indication d'une contrefiche C scellée dans le mur et soutenant la panne de faitage. En A, on voit la disposition de la charpente pour recevoir un châssis vitré. Les deux sablières S sont les deux seules pièces en chêne qui existent dans cette charpente. La

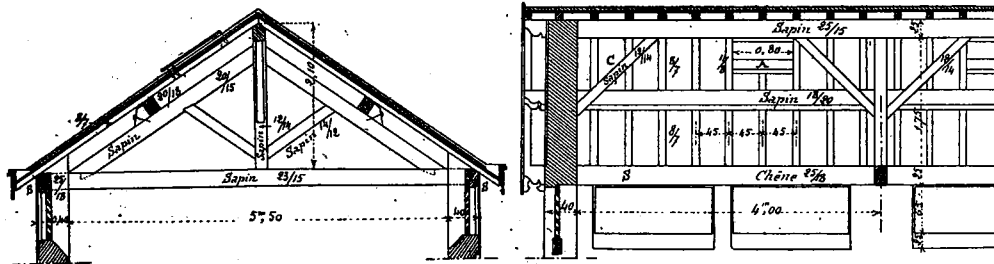


Fig. 595.

portée de ce comble est de 5<sup>m</sup>,50. La distance d'axe en axe des fermes est de 4 mètres.

### 4° Comble avec grenier.

**435.** Les dispositions que nous venons d'examiner ne permettent pas d'établir

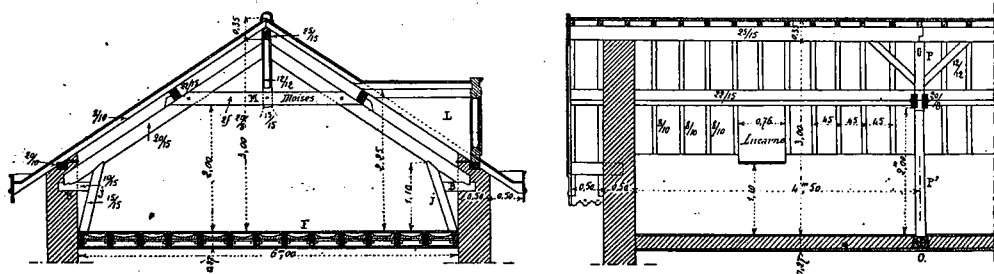


Fig. 596.

entre l'entrait et le faitage, un grenier utilisable. Pour arriver à ce résultat, il faut adopter la disposition représentée par la figure 596. La forme du comble est alors un peu différente. Les contrefiches sont supprimées, et les pannes, placées sur les arbalétriers, sont soutenues par deux moises M établies de chaque côté des arbalétriers et moisant le poinçon. Cette modification aux exemples précédents permet l'installation d'un grenier ayant

2 mètres de hauteur entre le dessous des moises et le dessus du faux plancher F. Le pied de chaque arbalétrier est assemblé dans un blochet B. Ce blochet est encasturé dans le mur et s'assemble par une de ses extrémités avec une jambe de force J fixée par emboîtement sur les arbalétriers et venant se terminer par un assemblage dans la poutre du faux-plancher. En L, nous voyons la disposition à prendre pour l'installation d'une lucarne.

La coupe longitudinale de la figure 596 indique en O la coupe de la poutre supportant le faux plancher. Cette poutre est formée par un fer I du commerce doublé de chaque côté de deux poutres en chêne. Afin de soulager cette poutre, on prend souvent la solution représentée dans cette figure, c'est-à-dire qu'on prolonge le poinçon P en P' de manière à soutenir la poutre en son milieu et à reporter une partie de la charge sur le

comble. Le reste de ce comble se fait comme nous l'avons indiqué précédemment. La portée est de 6 mètres et la distance d'axe en axe des fermes est de 4<sup>m</sup>,50.

### 5° Comble de chalet.

**436.** Une autre disposition de comble à une contrefiche est représentée (fig. 597). C'est la forme ordinaire des combles pour chalets. Nous remarquons, en effet

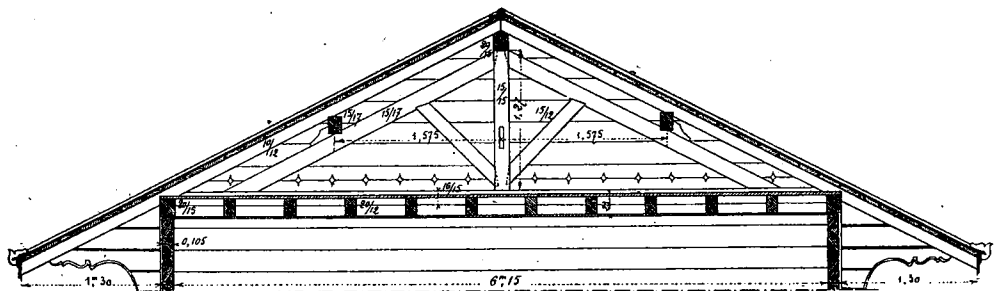


Fig. 597.

dans cette figure, que la charpente tout entière, ainsi que les revêtements, sont en bois. Les pannes ont ici une disposition autre que celle donnée précédemment; elles sont placées verticalement. Bien qu'il y ait absence de grenier, il existe cependant un faux plancher dont le simple but est de former un plafond pour la pièce placée sous le comble. L'ensemble de la disposition est très facile à

comprendre par l'inspection de la figure. La portée du comble est de 6<sup>m</sup>,15 plus deux auvents placés de chaque côté et faisant une saillie de 1<sup>m</sup>,30 sur le nu du mur.

### 6° Comble avec lanterne vitrée.

**437.** La figure 598 montre la disposition d'un comble à une panne avec lanterne vitrée servant à l'éclairage. Dans cet exemple, les pannes sont directement

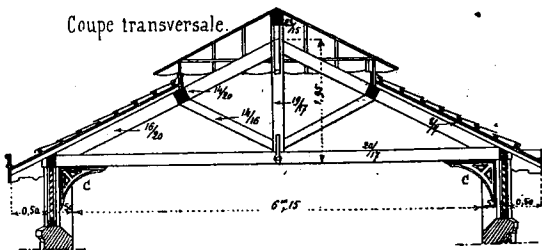
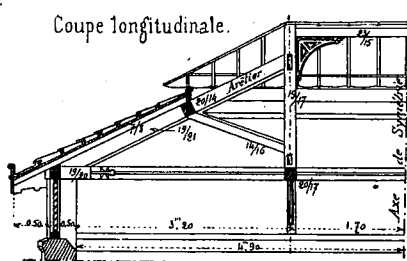


Fig. 598.

assemblées sur les arbalétriers afin de gagner de la hauteur. La portée de l'entrait est soulagée par deux consoles en fonte C fixées, d'un côté, sous l'entrait, et

de l'autre, le long d'un potelet vertical placé à cet effet sur le mur. La coupe transversale et la coupe longitudinale représentées dans cette figure donnent le

type de la construction en bois d'un petit kiosque de forme rectangulaire dont nous voyons des exemples tous les jours dans les gares de chemins de fer.

7° Comble à une panne pour halle à marchandises.

438. Les figures 599 et 600 donnent un exemple d'un comble à une panne très

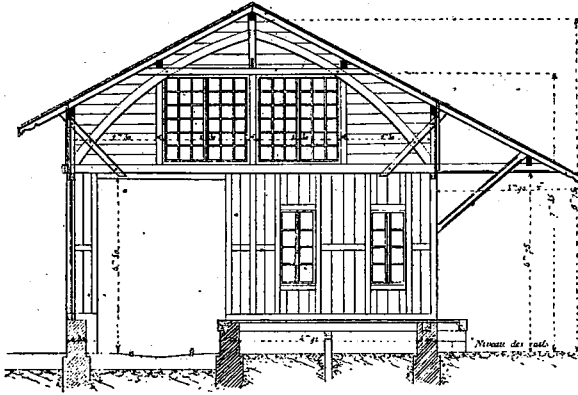


Fig. 599.

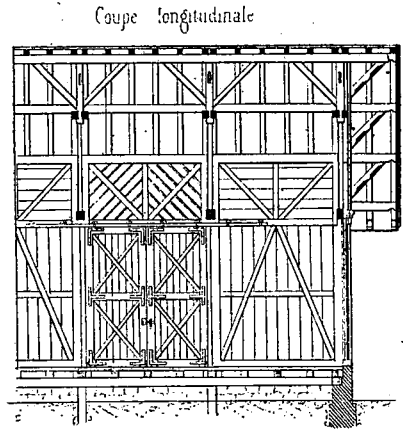


Fig. 600.

fréquemment employé pour les petites halles à marchandises. Dans cet exemple, les arbalétriers sont courbes et sont moisés par une série de pièces soigneusement disposées pour la résistance. La seule inspection de la figure fait facilement

comprendre les diverses dispositions. La portée est variable de 7 à 9 mètres et l'écartement des fermes est de 3<sup>m</sup>,40.

8° Comble à charpente apparente.

439. Nous donnons (fig. 601), le

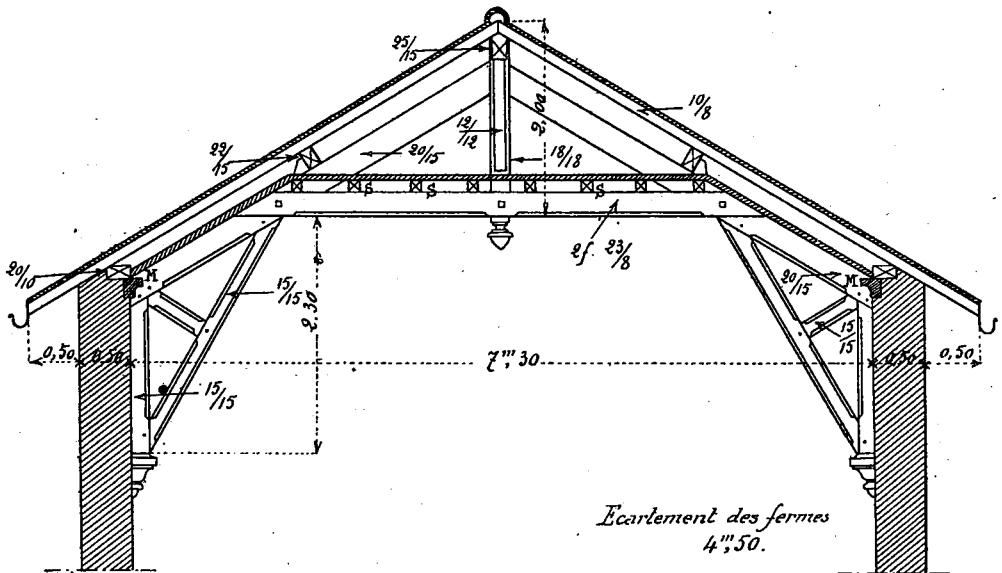


Fig. 601.

croquis d'un comble de 7<sup>m</sup>,30 de portée | montrant comment, à l'aide de simples



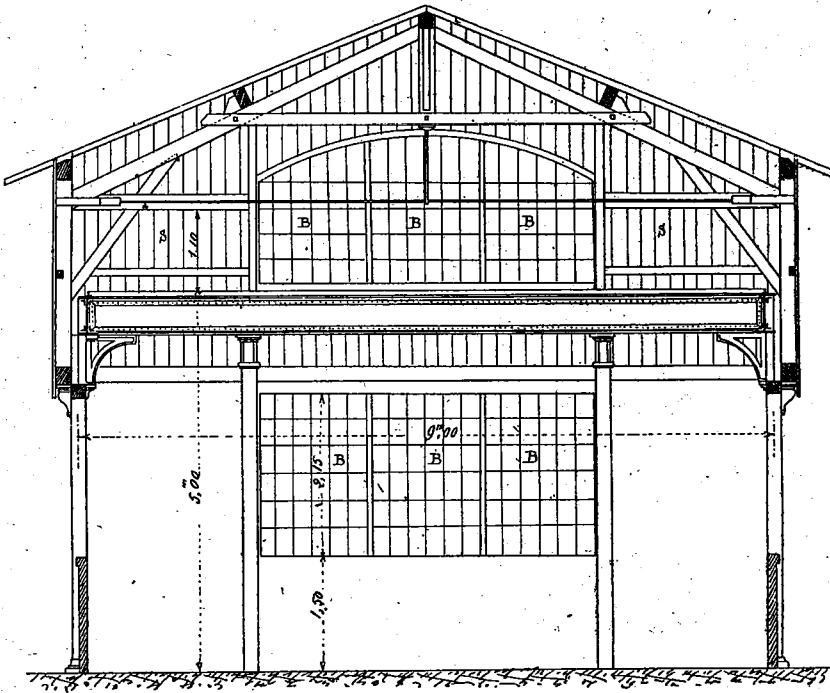


Fig. 602.

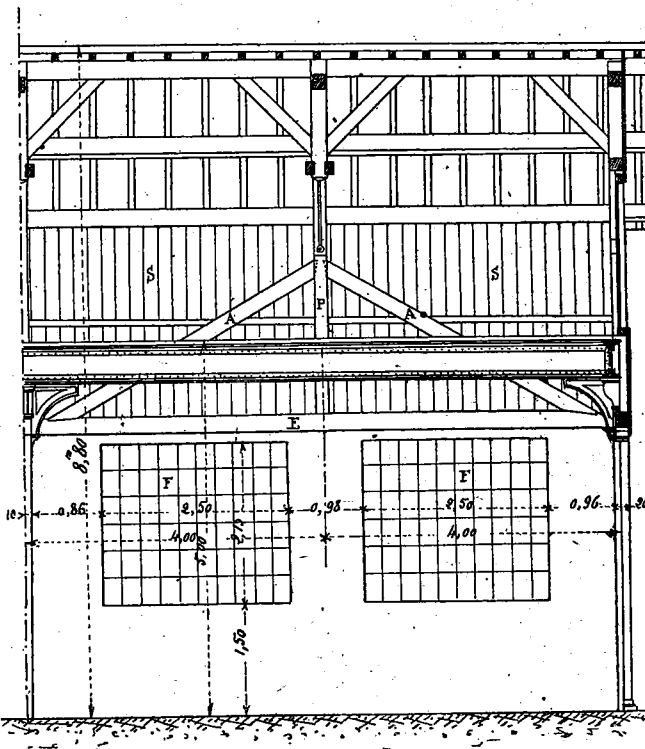


Fig. 603.

chanfreins sur les diverses pièces de bois, on peut produire une certaine décoration. Ce comble est formé de deux arbalétriers, d'un faux entrait composé de deux pièces de bois et d'un poinçon. L'ensemble de ces pièces est soutenu par de véritables potences posées sur des consoles et assemblées avec les arbalétriers. Des moulures en bois M cachent l'assemblage des chevrons sur les sablières. De petites solives S restent apparentes et forment de véritables caissons d'un bon effet. L'écartement d'axe en axe des fermes est de 4<sup>m</sup>,50.

9° *Comble en bois à une panne pour atelier.*

**440.** Pour terminer l'étude des combles à une panne, nous représentons par les figures 602 et 603, une coupe transversale et une coupe longitudinale d'un comble d'atelier avec poutre en tôle et cornières devant supporter un pont roulant servant à transporter les pièces lourdes d'un point à un autre de l'atelier. Ce comble n'offre rien de particulier ; il peut même rentrer dans l'un des cas étudiés précédemment. Cependant la coupe longitudinale nous montre que, dans certains cas, ou, pour une raison quelconque, il y a impossibilité de mettre des supports à toutes les fermes, on peut enlever ce support et faire reposer la ferme sur une véritable poutre formée d'un entrait E (fig. 603), de deux arbalétriers A et d'un poinçon P. A l'aide de cette ingénieuse combinaison, que nous aurons l'occasion de retrouver dans d'autres exemples, on peut, dans un mur longitudinal d'un atelier, ouvrir une grande baie sans être gêné par un support de ferme. Le poids de cette ferme est ainsi reporté par les deux arbalétriers A sur les poteaux ou sur les colonnes des deux fermes voisines.

L'ensemble de la disposition est très simple et se comprend à la seule inspection de la figure. En B, dans les deux figures, se trouvent de grandes baies vitrées servant à l'éclairage de l'atelier. En S, sont indiqués des revêtements en planches servant à clore l'atelier. La portée du comble est de 9 mètres et la distance d'axe en axe des fermes est de 4 mètres.

### 3° COMBLES A DEUX PANNES

**441.** Les combles à deux pannes s'emploient pour une portée ordinaire de 8 à 12 m. et qui peut atteindre 16 m., lorsque la couverture est légère. Une contrefiche soutient la première panne ; mais, lorsque cette contrefiche est gênante, dans un grenier, par exemple, il est facile de la

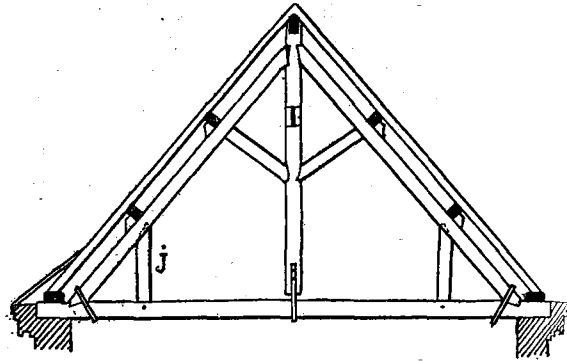


Fig. 604.

remplacer par un faux entrait formé d'une seule pièce de bois assemblée sur les arbalétriers, ou, ce qui est préférable, de former ce faux entrait de deux pièces de bois moisant les arbalétriers. La seconde panne peut être soutenue par une jambette J (fig. 604), assemblée à tenon sur le tirant. Cette jambette ayant l'inconvénient de reporter un certain poids

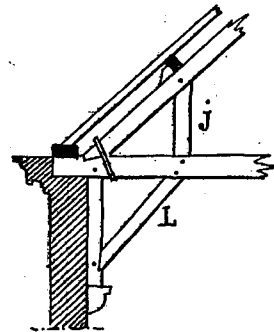


Fig. 605.

sur l'entrait et, dans ce cas, de le faire travailler à la flexion, est quelquefois soulagée, à son tour, par un lien in-

cliné L (fig. 605). Cette combinaison n'étant pas très heureuse, il est préférable de la remplacer par une autre dans laquelle ces deux pièces, jambette et lien, sont supprimées et remplacées par une

moise M saisissant une pièce verticale ou potelet P (fig. 606) et reposant sur une saillie ménagée dans le mur. On peut aussi exécuter la pièce M en deux morceaux assemblés avec l'entrait comme l'indique

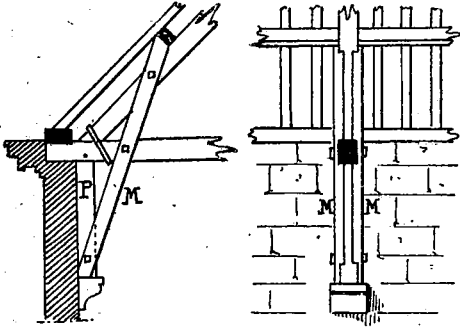


Fig. 606.

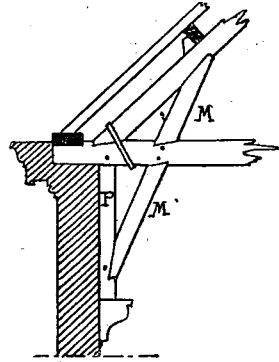


Fig. 607.

le croquis (fig. 607), mais ce procédé ne vaut pas l'emploi de la moise. Le reste de la ferme est disposé comme nous l'avons indiqué précédemment.

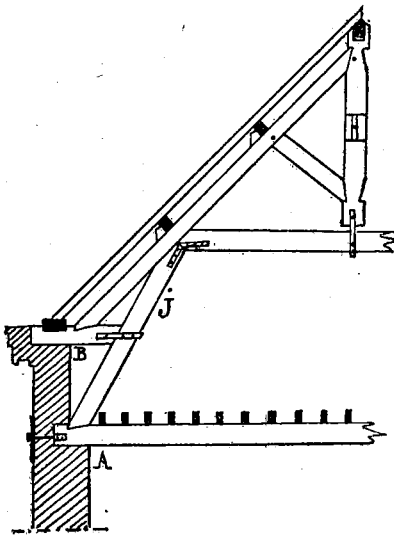


Fig. 608.

Il arrive souvent que le tirant sert à porter les solives du plancher et que celui-ci ne doit pas se trouver au niveau de la corniche du bâtiment. On met alors,

comme le montre le croquis (fig. 608), un entrait retroussé au niveau du plafond et le poids de la ferme est reporté sur le tirant par deux jambes de force J auxquelles sont reliées les sablières par des blochets moisés ou non. Presque toute la charge du comble étant reportée au point A, la partie du mur placée au-dessus de ce point peut être moins épaisse que celle qui est au-dessous. Souvent, entre le point A et le point B, on se contente d'élever un simple muret en briques de 0<sup>m</sup>,11 ou de 0<sup>m</sup>,22 d'épaisseur. Les combles dont nous donnons le croquis schématique (fig. 608), nommés *combles relevés* ou *retroussés*, sont souvent employés dans les charpentes avec greniers; ils prennent plusieurs formes que nous étudierons plus loin.

#### 1° Combles simples à deux pannes.

442. La figure 609 donne un exemple simple de comble à deux pannes. Chaque panne est soutenue par une contrefiche dont il est facile de voir la disposition. La portée de ce comble est de 10<sup>m</sup>,60 et l'écartement d'axe en axe des fermes est de 4 mètres, comme le montre la coupe longitudinale de la même figure. Lorsque, dans un hangar par exemple, les pignons sont formés par des fermes, il faut trou-

ver un moyen simple de faire la fermeture de ces pignons. La figure 610 montre comment, en employant le comble représenté (fig. 609), il est facile de disposer

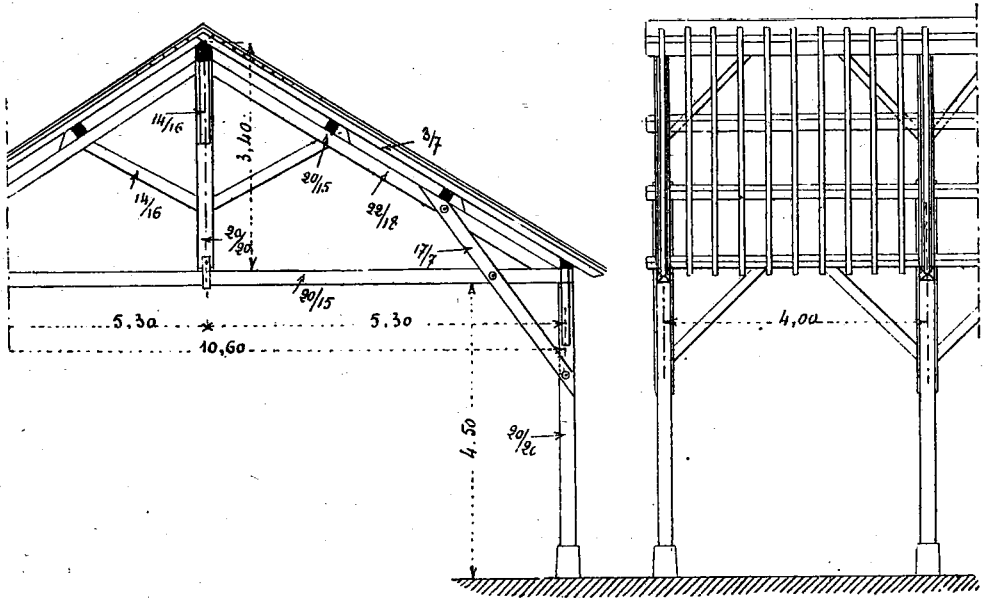


Fig. 609.

une série de pièces de bois de remplissage | permettant une fermeture légère, non

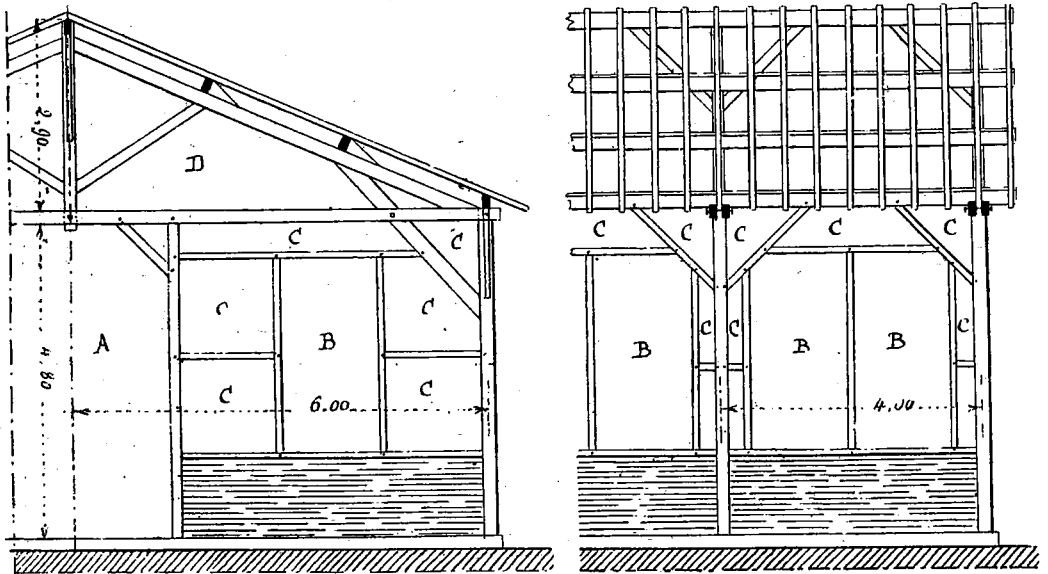


Fig. 610.

seulement pour les fermes pignon, mais | hangar. Le soubassement de ce hangar encore pour les faces longitudinales du | est supposé fait avec un remplissage en

briques à plat de  $0^m,11$  d'épaisseur. En A, se trouve l'emplacement réservé pour une grande porte d'entrée; en B, existent de grands châssis vitrés pour

l'éclairage du hangar ou de l'atelier. Les parties C sont remplies en briques de  $0^m,11$  d'épaisseur comme le soubassement. Afin de ne pas trop charger et pour faire

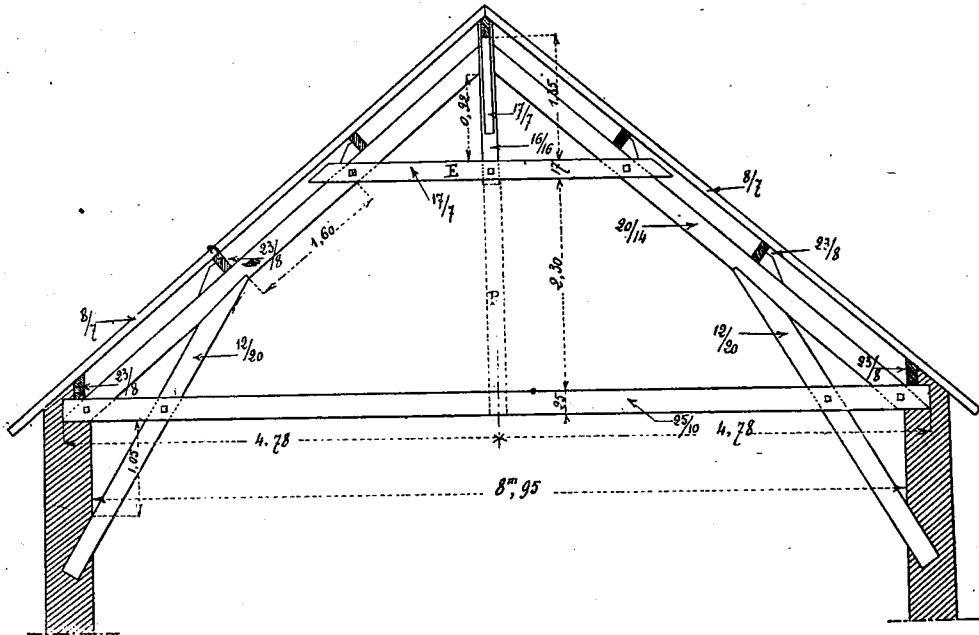


Fig. 611.

des économies, on cloue ordinairement, sur les deux tympons D de la ferme de tête, de simples planches jointives et recouvertes de couvre-joints de  $0^m,04$  de largeur.

Une autre disposition également très simple d'un comble à deux pannes est indiquée (fig. 611). Dans ce cas, les poteaux n'existent pas et sont remplacés par des murs dans lesquels les contrefiches soutenant la deuxième panne viennent se sceller. La première panne, au lieu d'être soutenue comme dans l'exemple précédent par une contrefiche, est retenue par un faux entrait E placé à une assez grande hauteur pour permettre le passage libre entre le tirant et ce faux entrait. Dans certains cas, lorsque la portée de l'entrait est grande et que le plancher du grenier doit porter une assez forte charge, on prolonge le poinçon P, comme l'indique la figure par la partie pointillée, de manière à pouvoir soutenir le plancher en

son milieu et diminuer, par cela même, la portée des poutres formant l'entrait.

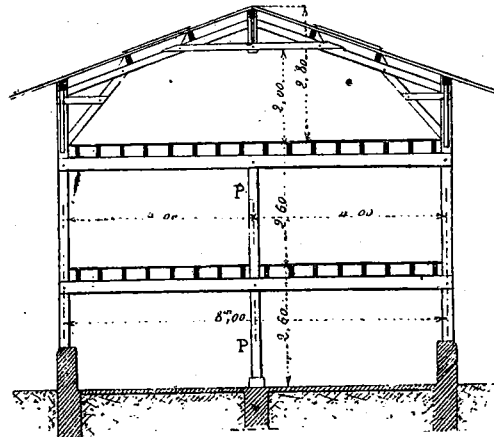


Fig. 612.

La portée de ce comble est de  $8^m,95$ . L'espace d'axe en axe des fermes est de

4 mètres, ce qui permet, pour une couverture ordinaire, d'employer, comme panne, les madriers du commerce ayant  $2\frac{3}{8}$  d'équarrissage.

Une disposition simple de comble à deux pannes et qui est souvent employée est représentée (fig. 612). Cette figure nous montre la coupe d'un bâtiment à

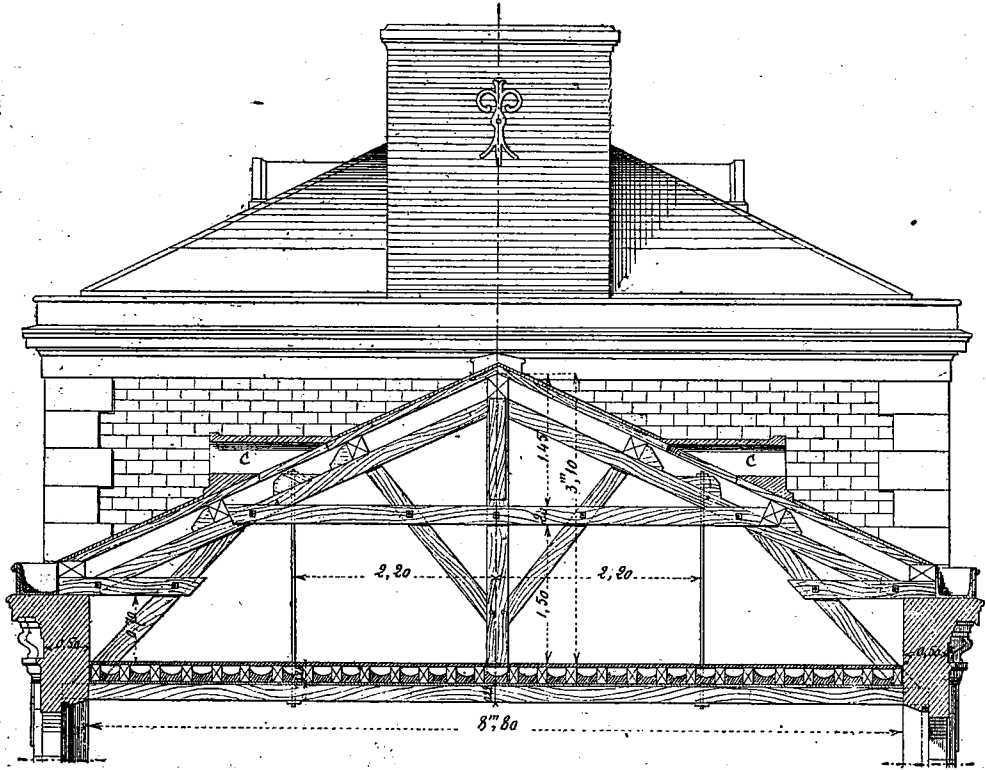


Fig. 613.

étage pouvant servir d'atelier ou de magasin.

La portée du comble est de 8<sup>m</sup>,00. L'écartement des fermes est de 4<sup>m</sup>,00. Comme

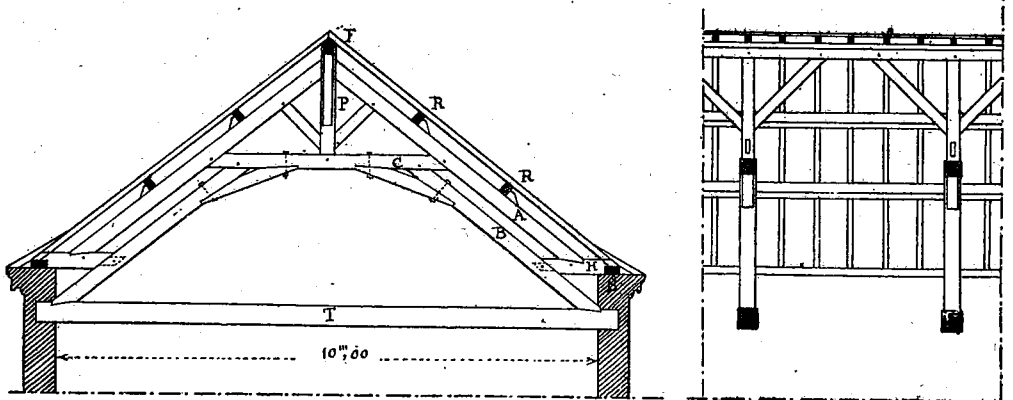


Fig. 614.

les charges supportées par les divers | planchers sont relativement considérables,

on place au milieu de la longueur, des poteaux P qui soulagent la portée des poutres en bois.

La figure 613 donne un exemple de comble à deux pannes formant la charpente du grenier d'un bâtiment d'école.

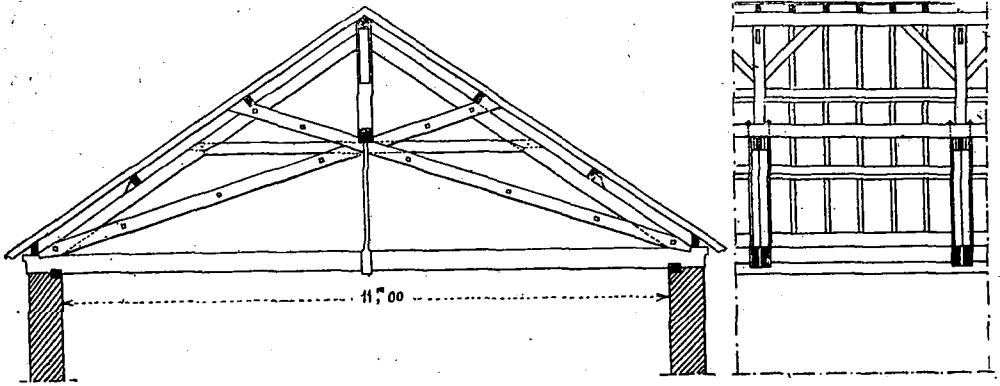


Fig. 615.

Le grenier, dans ce cas, n'ayant pas une bien grande utilité, peut, sans aucun

inconvenient, être traversé par des bois. Le faux plancher formant plafond pour

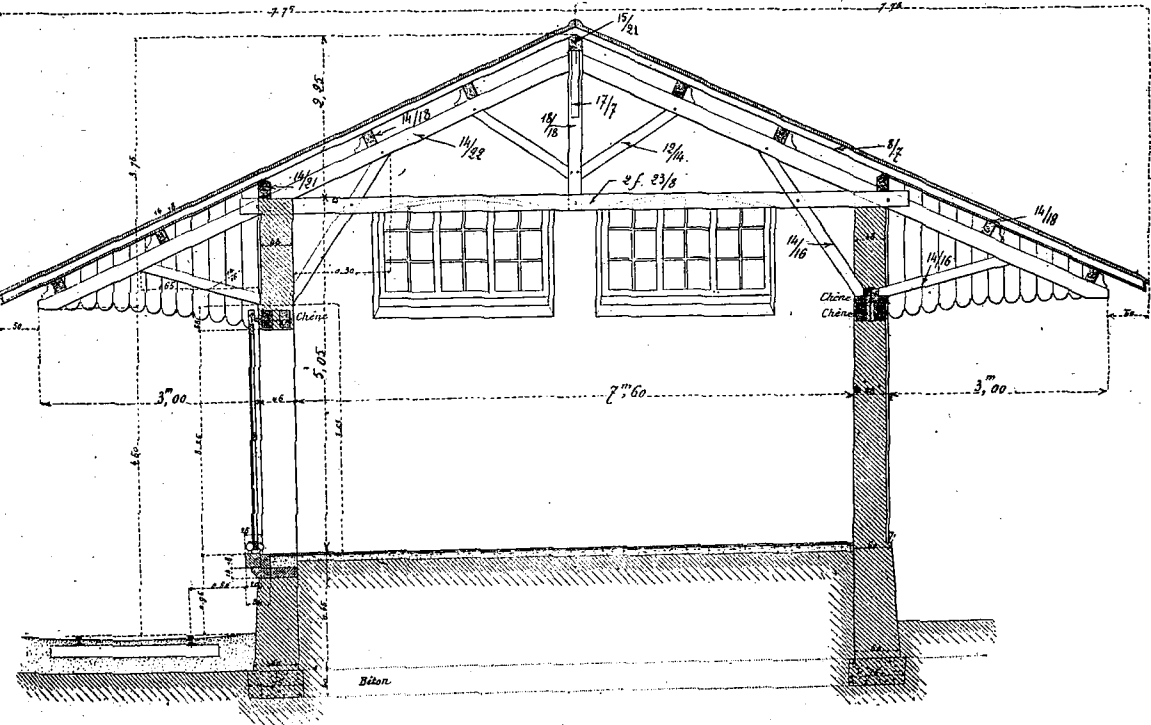


Fig. 616.

les pièces du dessous est solidement relié au comble par le poinçon et par deux

forts boulons venant soulager la portée de l'entrait.

Dans cet exemple, nous voyons en C la forme de deux chatières disposées pour l'aération du grenier. La portée de ce comble est de 8<sup>m</sup>,80. La distance d'axe en axe des fermes est de 4<sup>m</sup>,50. Pour terminer les formes les plus simples des combles à deux pannes, nous en donnons encore deux exemples (fig. 614 et 615).

La figure 614 présente l'assemblage d'une ferme d'un comble à deux pannes d'un aspect très lourd, souvent en usage dans les places fortes. Ce comble peut, en effet, être employé pour la charpente des casernes ou des bâtiments militaires. Il se compose d'un tirant T et de l'arbalétrier B qui s'assemble dans l'entrait C,

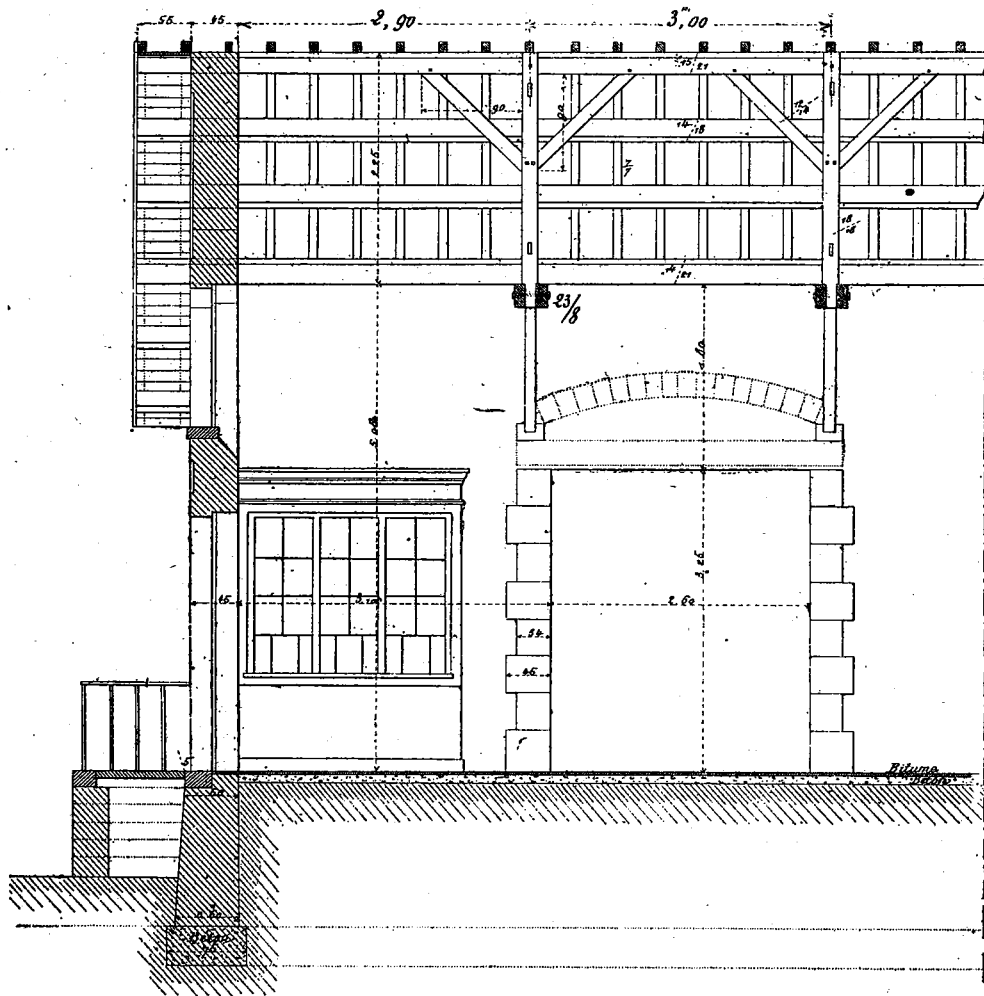


Fig. 617.

servant de support au poinçon P et à la lierne de faitage F. L'arbalétrier A, qui reçoit la panne R, est posé sur un blochet H, qui est assemblé dans l'arbalétrier B, posé sur les murs et assemblé dans la sablière S.

Toute cette composition nécessite une forte construction. Dans le cas d'une ville fortifiée mise en état de siège, on couvre les bâtiments de terre et de fumier pour les mettre à l'abri des effets d'un bombardement.



Il est impossible de donner les dimensions des différentes pièces. Ces dimensions dépendant évidemment de la surcharge qu'on désire faire supporter au comble, il faudra les calculer dans chaque cas particulier.

La figure 613 donne un exemple d'un comble à deux pannes de construction relativement légère. La ferme repose sur un tirant dans lequel s'assemblent les arbalétriers et les flèches moisées des croix de Saint-André. Un entrait, qui passe par le point de rencontre des flèches de la croix de Saint-André, s'assemble dans les arbalétriers et lui donne un excédent de force pour résister à la charge.

Des liernes basses et de faitage maintiennent toutes les fermes dans la verticale et un étrier en fer décharge le tirant et prévient sa rupture vers le milieu.

### 2° Comble à deux pannes pour halle à marchandises.

443. Les figures 616 et 617 donnent la disposition à adopter pour une halle à marchandises dont l'écartement des murs longitudinaux est assez restreint pour permettre l'emploi d'une ferme à deux pannes. La disposition est simple et, sauf le cas de l'addition de deux auvents de 3<sup>m</sup>,00, peut rentrer dans l'un des cas examinés précédemment. La portée de la ferme est de 7<sup>m</sup>,60 et la distance d'axe en axe des fermes est de 3<sup>m</sup>,00 seulement. Cette faible distance est réclamée par la série des portes roulantes réparties sur les faces longitudinales du bâtiment.

### 3° Combles à deux pannes pour magasins, ateliers, etc.

444. Nous donnons (fig. 618, 619, 620

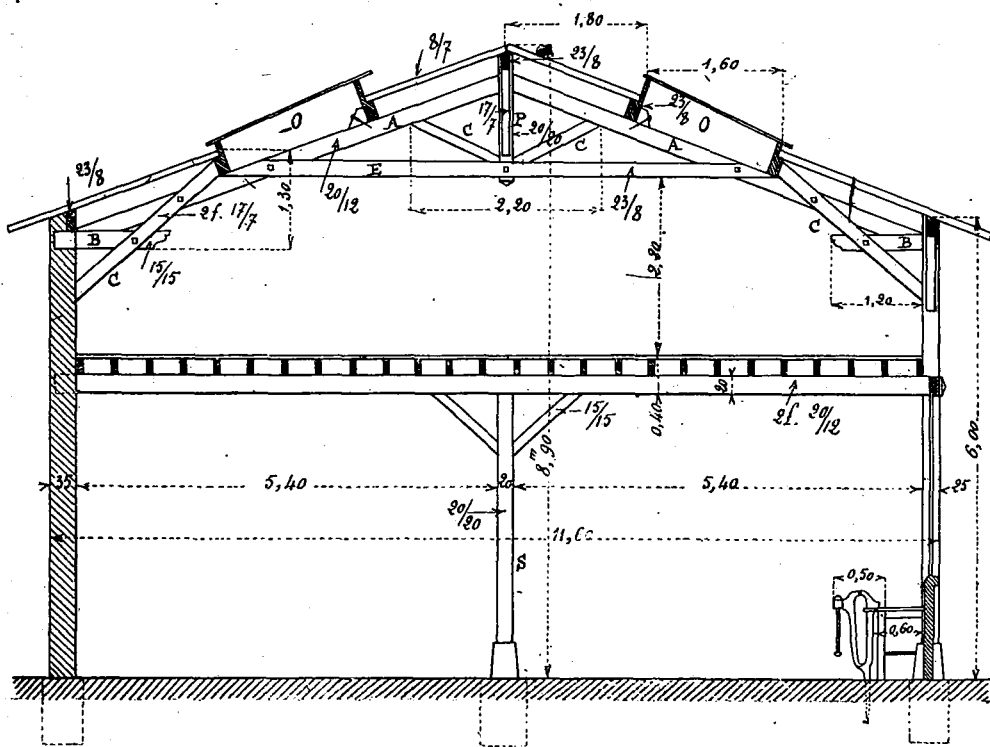


Fig. 618.

et (621) quatre types de fermes en bois à deux pannes fréquemment employées, pour magasins, ateliers, etc.

La figure 618 donne la coupe d'un atelier d'ajustage avec grenier servant de remise pour les modèles et les divers

outils. Le comble de ce grenier est formé par des fermes composées de deux arbalétriers A dont l'écartement est fortement maintenu par un faux-entrait moisé E. Ce faux-entrait est soutenu en son milieu par le poinçon P. Les pannes de cette ferme

sont soutenues par les contrefiches C. Enfin, les blochets B reportent la pression sur les murs longitudinaux. Deux châssis O servent à l'éclairage du grenier. Comme le poids que doit supporter le plancher est relativement élevé, il a été impossible

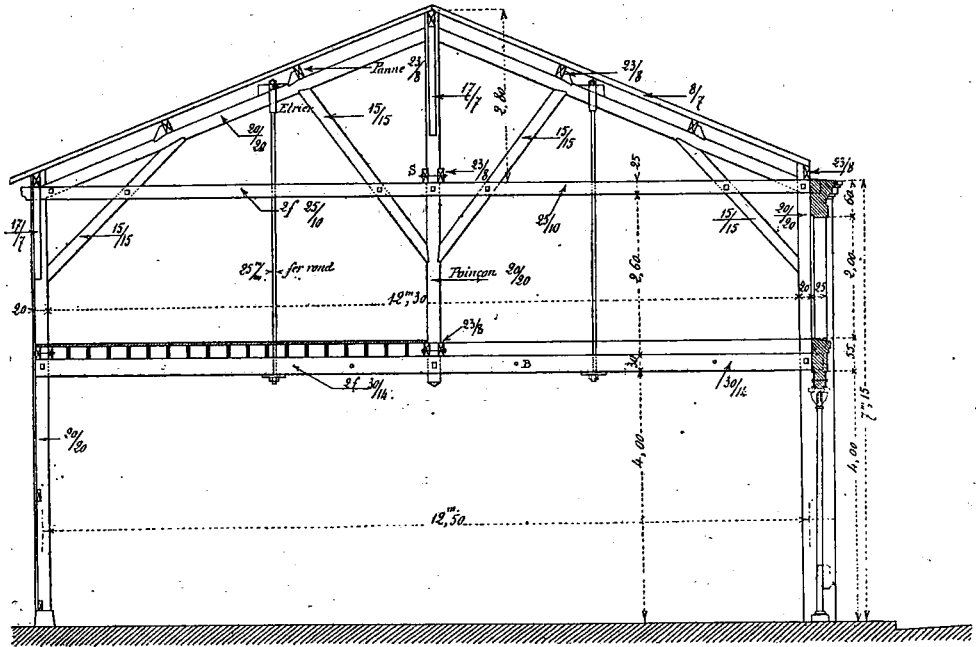


Fig. 619.

d'éviter les points d'appui pour soutenir le plancher. Le but du poteau S est donc de diminuer la portée des grandes poutres

portant plancher. La portée de ce comble est de 11<sup>m</sup>,00; la distance d'axe en axe des fermes est de 4<sup>m</sup>,00.

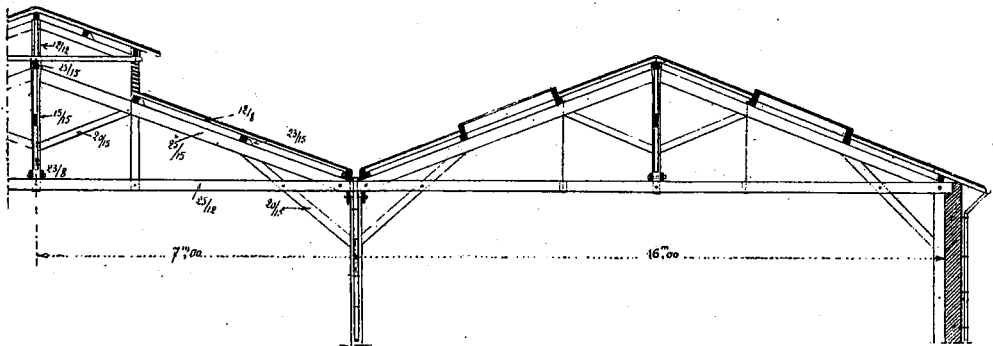


Fig. 620.

La figure 619 donne la coupe d'un atelier de 12<sup>m</sup>,50 de portée. Dans ce cas, la

condition imposée est d'éviter les points d'appui sur le sol du rez-de-chaussée: il

faut alors supporter, en partie, le plancher par le comble. Ce plancher, dont la charge par mètre carré peut être de  $200^k$ , est formé de deux fortes poutres de sapin ayant un équarrissage de  $30/14$ . Ces poutres sont boulonnées entre elles de distance en distance en ayant soin, toutefois, de placer une cale à l'endroit des boulons B pour rattrapper l'épaisseur des pièces moisées. Sur ces poutres, et perpendiculairement à leur direction, on place une série de madriers sur lesquels on cloue des planches de  $0^m,03$  à  $0^m,04$

d'épaisseur, planches qui doivent former le plancher. Le poinçon de la ferme est prolongé pour soutenir les poutres en leur milieu. Un cours de moises relie le pied de deux poinçons et maintient ainsi invariable l'écartement de deux fermes voisines. La portée des poutres du poinçon aux murs latéraux étant encore très grande, on a suspendu cette partie de poutre par un fort boulon de 25 millimètres de diamètre reportant ainsi une partie de la charge du plancher sur les arbalétriers. La disposition de la ferme

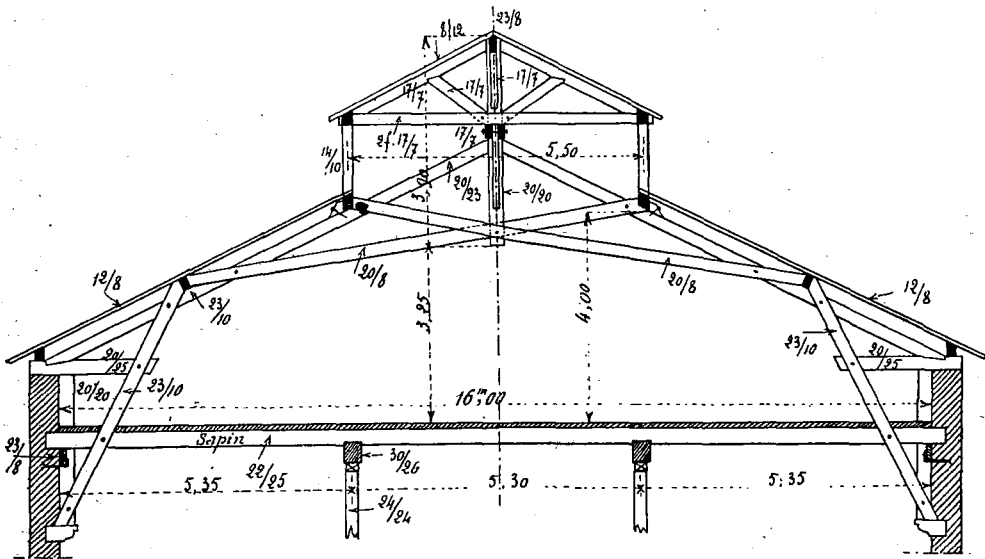


Fig. 621.

est très simple et se comprend à la seule inspection de la figure. Le contreventement entre deux fermes est assuré par deux moises S indiquées au-dessus de l'entrait et entre lesquelles on peut placer d'autres pièces obliques partant des moises d'une ferme pour aller se fixer sous le faitage de la ferme suivante, puis une autre pièce partant du faitage de cette dernière ferme pour aller s'assembler dans les moises de la ferme suivante et ainsi de suite sur toute la longueur de l'atelier.

L'espacement des fermes de ce comble est de  $4^m,00$  d'axe en axe. La figure 620 représente la coupe de deux combles d'a-

telier dont l'un est éclairé par des chassés à tabatière placés sur chaque versant du comble et dont l'autre est aéré et éclairé par une lanterne vitrée placée sur le faitage. La disposition de cette lanterne vitrée est très simple et se comprend à la seule inspection de la figure. Sur les côtés, se trouvent des lames de persienne mobiles pour permettre une plus ou moins grande ventilation de l'atelier. La portée de ces combles est de  $14^m,00$  pour celui qui a une lanterne vitrée et  $16^m,00$  pour l'autre. L'écartement d'axe en axe des fermes pour les deux combles est de  $4^m,00$ .

Enfin, la figure 621 donne une autre disposition d'un comble de  $16^m,00$  de por-

tée avec lanterne vitrée, mais ici avec la condition d'avoir un grenier libre. Les bois composant cette ferme ont une section relativement faible pour la portée. C'est donc un comble économique qu'on pourra employer dans bien des cas. La

distance d'axe en axe des fermes est de 4 mètres.

4° *Combles à deux pannes, de forme curviligne et sans entrain.*

445. La figure 622 donne l'assemblage

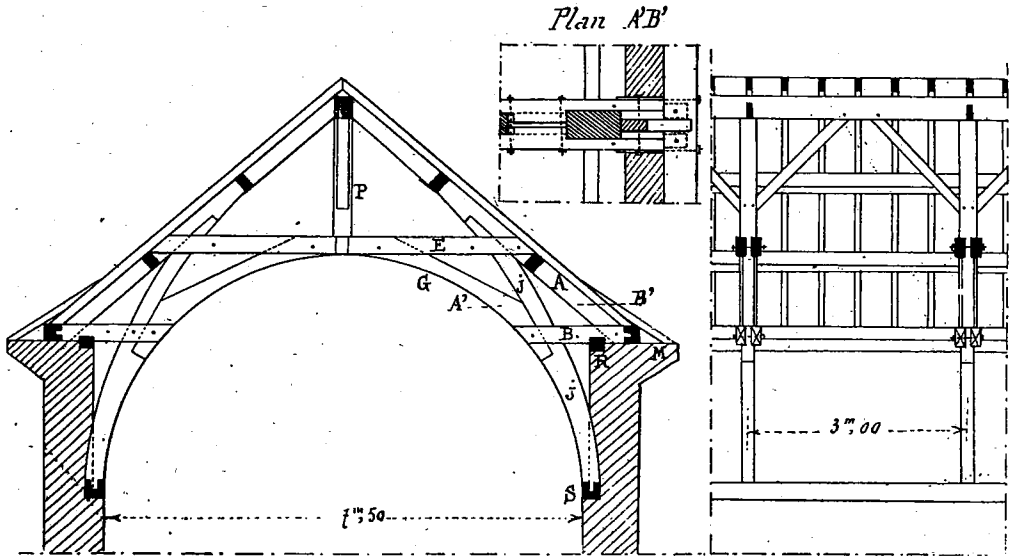


Fig. 622.

d'une ferme formant une voûte en plein- | cintre construite sur une galerie de 7<sup>m</sup>,50

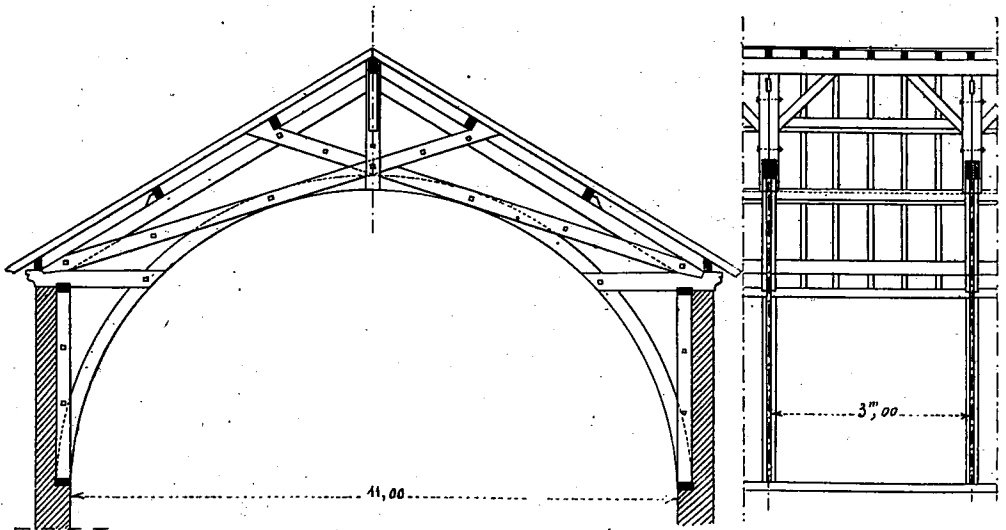


Fig. 623.

de largeur. Cette ferme se compose de | deux jambes de force J cintrées, assem-

blées dans des sablières S, posées sur une saillie pratiquée exprès à l'intérieur des murs : elles se contre-butent par embrèvement, dans le haut, avec les arbalétriers A et reçoivent l'assemblage, aussi par embrèvement, des aisseliers cintrés G, qui s'arc-boutent sur le poinçon P.

Un faux entrait moisé E relie fortement les jambes de force et l'assemblage des aisseliers sur le poinçon. Deux blochets B, sur lesquels reposent les arbalétriers, embrassent en outre l'assemblage de l'aisseleur et de la jambe de force. Nous donnons, dans la même figure, la coupe longitudinale de la ferme et un détail d'assemblage au niveau A'B'. Cette charpente dont la portée est de 7<sup>m</sup>,50 et dont l'écartement des fermes varie de 3 à 4<sup>m</sup>,00, est d'une composition très solide. La figure 623 donne un deuxième exemple de ce genre de ferme. Ce comble est supporté par des blochets posés sur des sablières

qui règnent sur tout le développement des murs longitudinaux. Les arbalétriers sont assemblés sur les blochets qui reçoivent, au même endroit, l'assemblage des flèches des croix de Saint-André moisées, qui, à leur extrémité supérieure, embrassent les arbalétriers, qu'ils déchargent sur leur portée et se croisent sur le poinçon posé sur le milieu du cintre. Ce cintre repose sur des sablières basses posées elles-mêmes sur un empatement pratiqué à cet effet dans le mur. Cette composition, quoique légère, est d'un bon assemblage.

La portée de ce comble est de 11 mètres, la distance d'axe en axe des fermes est de 3 mètres.

5° *Comblés relevés ou combles retroussés.*

**446.** Si l'on veut ménager plus de place dans le comble d'un bâtiment, par exemple pour y établir des logements, on descend

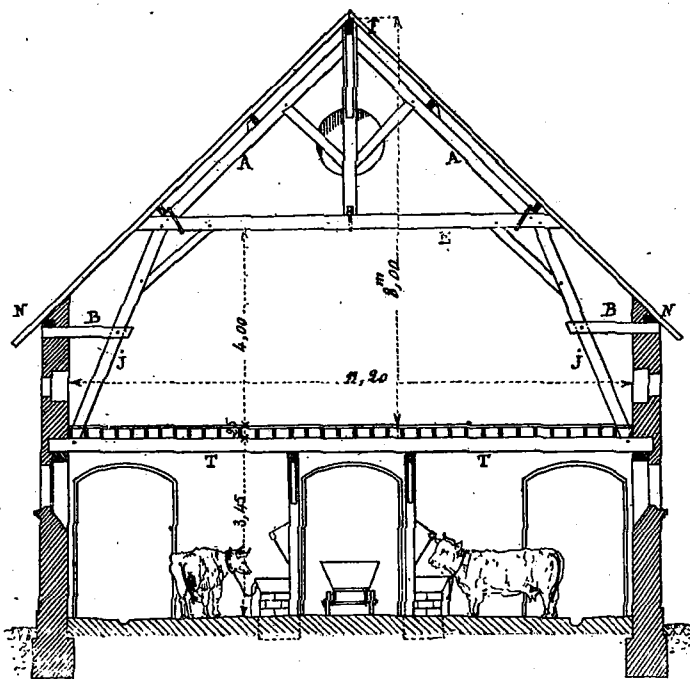


Fig. 624.

le tirant au-dessous de la corniche, comme nous l'avons indiqué (fig. 608), et on le relie à l'arbalétrier, au moyen d'une jambe

de force J ou pièce inclinée, maintenue elle-même par un blochet B qui reçoit le pied de l'arbalétrier. La partie supérieure

de la ferme est pourvue d'un faux entrain. La poussée est reportée sur l'extrémité du tirant par la contrefiche ou jambe de force qui est elle-même reliée à la tête du mur par un blochet simple ou moisé.

Souvent, comme le montrent les figures 624 et 625, les arbalétriers ne sont pas prolongés jusqu'aux blochets. La ferme se compose alors de deux parties : l'une triangulaire, l'autre trapézoïdale. La figure 624 donne un exemple d'une ferme à entrain retourné, permettant l'instal-

lation d'un vaste grenier au-dessus d'une étable. Cette ferme se compose d'un tirant T, qui reçoit les jambes de force J lesquelles sont assemblées dans l'entrain F. Sur cet entrain sont assemblés les arbalétriers A et le poinçon P, qui est fixé dans la panne de faitage F. Le blochet B est moisé dans la jambe de force et reçoit la sablière N. La portée de ce comble est de 11<sup>m</sup>,20, et la distance d'axe en axe des fermes de 4 mètres.

Ce genre de comble relevé est aussi

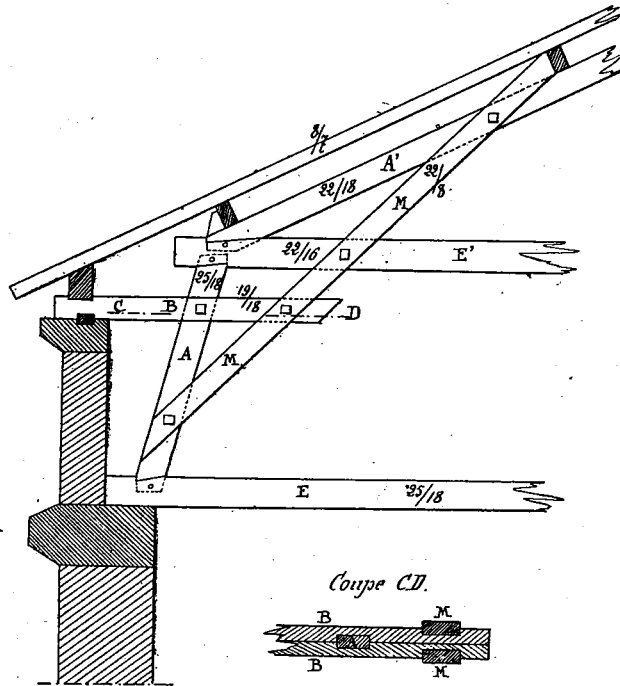


Fig. 625.

applicable aux maisons ordinaires. Leur forme se rapproche alors de la disposition indiquée (fig. 608).

Nous donnons (fig. 625) une variante de la retombée d'une ferme à entrain relevé. Cette partie de ferme représentée par la figure se compose de deux entrains : l'un E, placé au niveau du plancher ; l'autre E', placé au plafond du grenier, et constituant l'entrain relevé proprement dit ; d'une contrefiche A faisant suite à l'arbalétrier A' ; d'un blochet B composé

de deux pièces, enfin d'une grande contrefiche M moisant la jambe de force A, les deux parties du blochet B, l'entrain relevé E', l'arbalétrier A', et enfin servant d'échantignole à la deuxième panne du comble. Pour bien faire comprendre le rôle de cette moise M et bien montrer comment elle est placée, nous donnons, dans la même figure, la coupe horizontale CD, faisant facilement comprendre les diverses dispositions de toutes ces pièces.

6° *Autres dispositions de combles à deux pannes.*

447. Il existe encore d'autres dispositions de combles à deux pannes. Les trois premières figures 626, 627 et 628, ne permettent pas l'installation d'un grenier

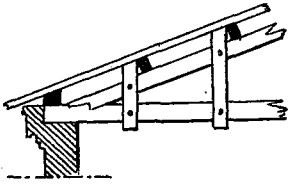


Fig. 626.

utilisable. Les trois suivantes représentées (fig. 629, 630, 631), permettent l'installation d'un grenier pouvant servir de débarras. La disposition indiquée (fig. 626)

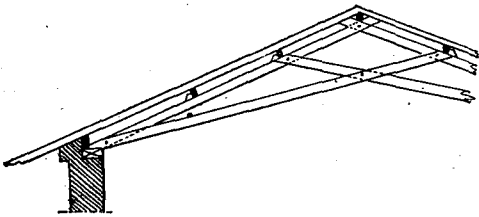


Fig. 627.

est très simple et convient bien pour un comble à faible pente. La ferme se com-

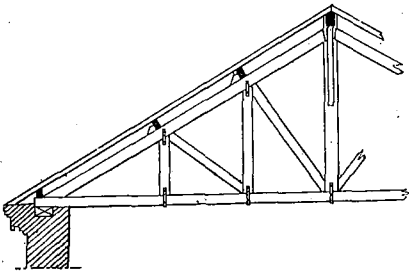


Fig. 628.

pose d'un entrait, de deux arbalétriers et d'un poinçon. Les pannes sont soutenues par une série de moises verticales très faciles à placer et venant se boulonner avec l'entrait et les arbalétriers. Cette

disposition est bien convenable quand il y a un plus grand nombre de pannes.

La figure 627 donne un autre exemple

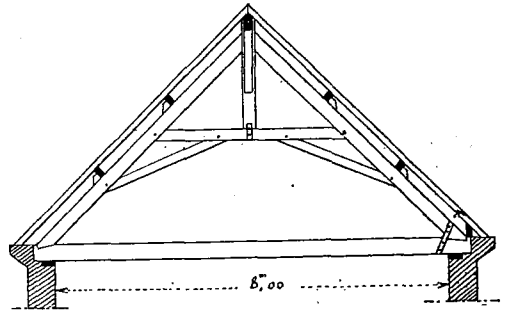


Fig. 629.

de comble à faible pente dont chaque ferme est composée de deux arbalétriers et de deux grandes contrefiches soutenant les pannes supérieures.

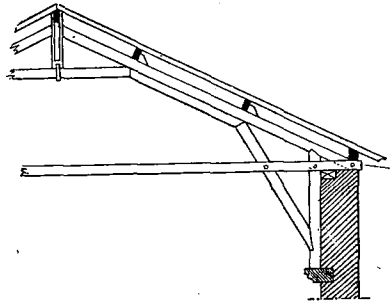


Fig. 630.

Cette disposition de charpente peut être

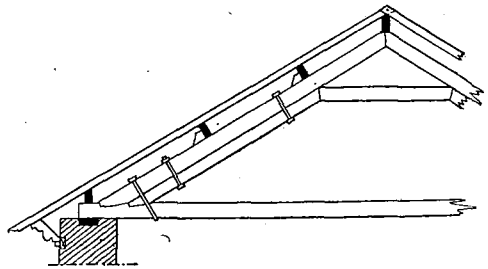


Fig. 631.

adoptée pour la construction de hangars économiques et couverts très légèrement.

La figure 628 montre la possibilité de faire une ferme de comble ayant la forme d'une véritable poutre en treillis. La ferme est composée d'une série de potelets verticaux réunis entre eux par des contrefiches inclinées, le tout venant s'assembler dans l'entrait et dans les arbalétriers. Cette disposition est très solide et est souvent employée pour les combles d'atelier. La figure 629 est également très simple et permet l'installation d'un grenier. La ferme se compose d'un entrait, de deux arbalétriers, d'un poinçon et d'un faux entrait, plus deux aisseliers, venant s'assembler dans le faux entrait et les arbalétriers. Leur but est de soulager la portée du faux entrait.

Les figures 630 et 631 donnent deux dispositions de comble avec sous-arbalétriers. Dans le premier cas (fig. 630), il existe un poinçon ; dans le second, ce poinçon est supprimé. Ces deux derniers exemples sont assez compliqués comme exécution et exigent beaucoup de ferrures.

#### 4° COMBLES A TROIS PANNES

**448.** Dans les combles à trois paires de pannes dont nous donnons un croquis (fig. 632), la première panne est soutenue par une contrefiche, la seconde par une pièce horizontale, nommée *faux entrait*, placée comme un tirant, mais qui est comprimée au lieu d'être étendue. La troisième

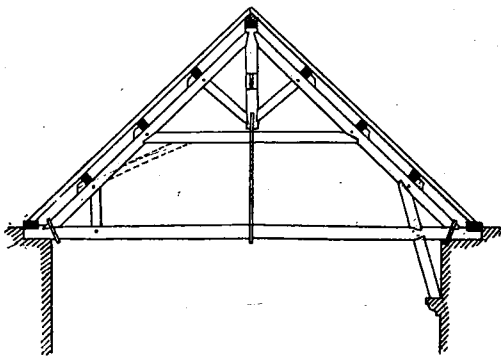


Fig. 632.

peut être supportée par une jambette comme le montre la partie de la figure ou, mieux, par une contrefiche moisée ou

non, comme le montre la partie droite de cette même figure. Dans cet exemple (fig. 632), nous avons supposé le faux entrait d'une seule pièce et assemblé directement sur les arbalétriers. Alors, le poinçon se prolonge par une tige en fer rond venant soutenir l'entrait en son milieu. On peut, comme le montre la figure 633, mettre une moise comme faux entrait. Alors le poinçon descend jusqu'en bas en passant entre les deux pièces formant le faux entrait.

On peut aussi, pour un comble à trois pannes, prendre la disposition indiquée (fig. 634). C'est un véritable comble relevé analogue à ceux que nous avons décrits précédemment. Dans cet exemple, on joint le faux entrait à la jambe de force par un aisselier afin de reporter la pression de la jambette sur la jambe de force qui est une pièce de bois beaucoup plus forte et qui reporte la pression sur l'entrait.

Lorsque l'angle n'est pas trop obtus (fig. 632), on joint quelquefois le faux entrait et l'arbalétrier par un aisselier comme nous l'indiquons en pointillé dans cette figure.

Quelque essentiel que soit le tirant dans un comble, on ne peut pas toujours le conserver, par exemple à cause d'une voûte qui monte dans le comble ou pour toute autre raison. Il faut alors, autant que possible, composer la ferme de triangles indéformables dont nous donnons un exemple (fig. 635) ; mais ce ne sont que des palliatifs. La charpente pousse le mur et on doit le renforcer ou diminuer

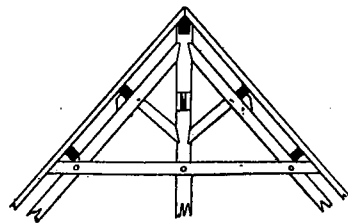


Fig. 633.

le poids de la couverture. Le comble représenté (fig. 635) peut s'exécuter en planches pour constructions provisoires.



On peut aussi donner aux combles à trois pannes, lorsque la pente est peu prononcée, la forme de véritables poutres armées, comme le montre le croquis

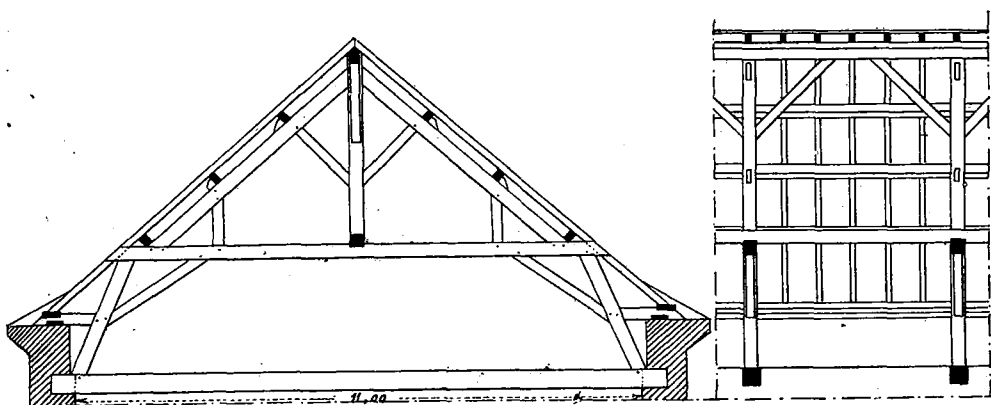


Fig. 634.

(fig. 636). En face de chaque panne, on joint quelquefois des contrefiches indiquées en pointillé dans la figure.

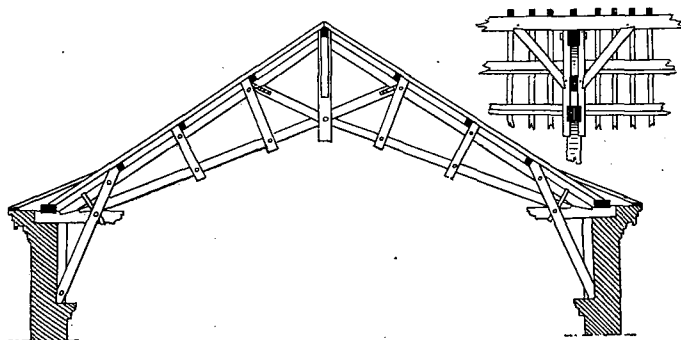


Fig. 635.

Les combles à trois paires de pannes, dont nous allons donner quelques exem-

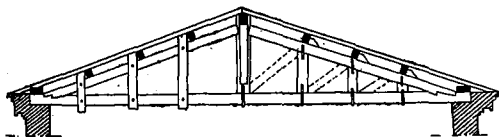


Fig. 636.

ples tirés des principes énumérés ci-dessus, se font ordinairement pour des portées de 12 à 16 mètres.

Sciences générales.

1° *Combles à trois pannes pour ateliers.*

**449.** Les figures 637, 638 et 639 nous montrent des exemples de combles à trois paires de pannes souvent employés dans les ateliers. Le comble représenté (fig. 637), est formé par un entrait, un faux entrait, un poinçon, des contrefiches et de fortes jambes de force J venant s'assembler dans les poteaux d'une part, et de l'autre, dans de fortes pièces de bois S que nous pouvons appeler des *sous-arbalétriers*. Ces pièces sont, en effet, destinées à soulager l'arbalétrier et à l'empêcher de fléchir

sous le poids de la couverture. Des moises | poinçons et à maintenir invariable l'écar-  
M servent à relier entre eux les pieds des | tement de deux fermes consécutives. La

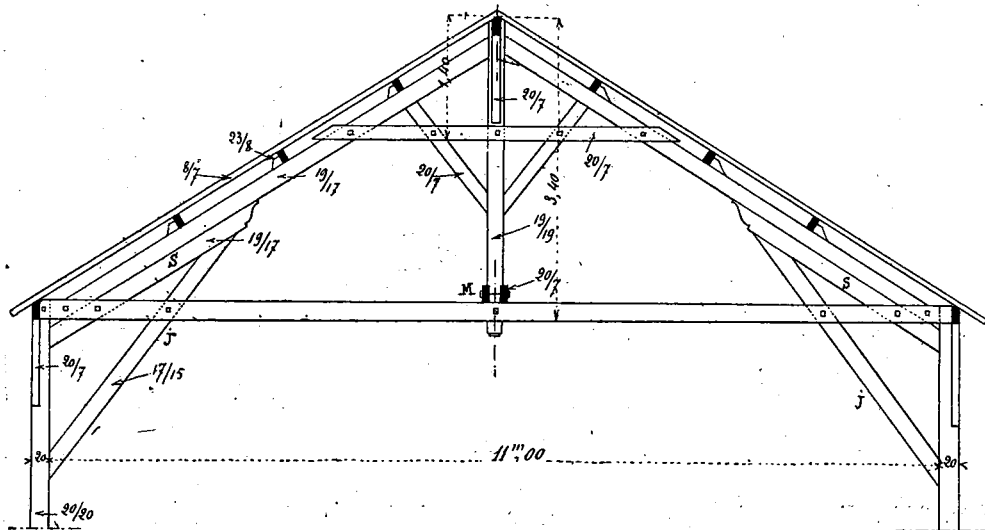


Fig. 637.

portée de ce comble peut varier de 11 à

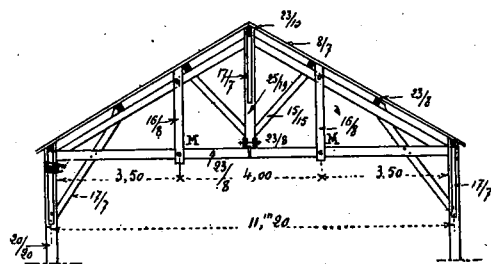


Fig. 638.

13 mètres. L'écartement d'axe en axe des fermes est de 4 mètres.

La figure 638 donne un exemple de comble d'atelier avec emploi de moises pendantes M. Ces moises sont fixées à l'entrait et aux arbalétriers au moyen de boulons.

L'ensemble de ce comble forme une véritable poutre armée permettant, dans bien des cas, de suspendre à l'entrait une transmission de mouvement ou un appareil de levage quelconque souvent employés dans les ateliers.

La portée de ce comble est de 11 à 12 mètres avec écartement de 4 mètres d'axe en axe des fermes.

La figure 639 donne en croquis un comble ayant beaucoup d'analogie avec

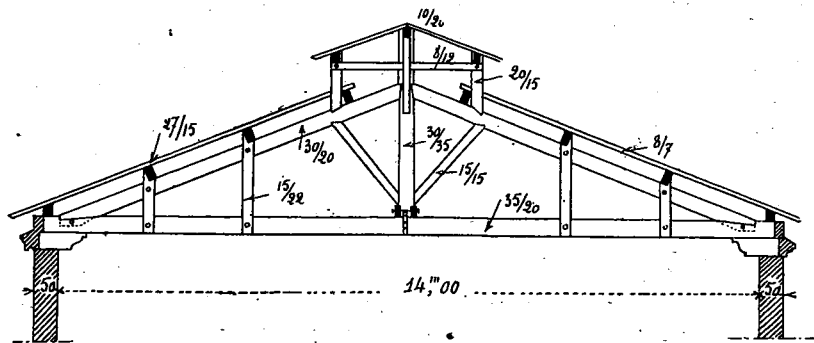


Fig. 639.

le précédent, mais avec l'addition d'une lanterne vitrée servant à éclairer l'atelier.

La disposition adoptée est simple et facile à comprendre.

La portée de cette ferme est de 14 mètres. La distance d'axe en axe des fermes de 4<sup>m</sup>,50.

2° *Comble à trois paires de pannes et faux plancher en fer.*

450. La figure 640 nous montre un comble de 10<sup>m</sup>,50 de portée ayant trois paires de pannes et dans lequel une partie de la charge, venant de la couverture.

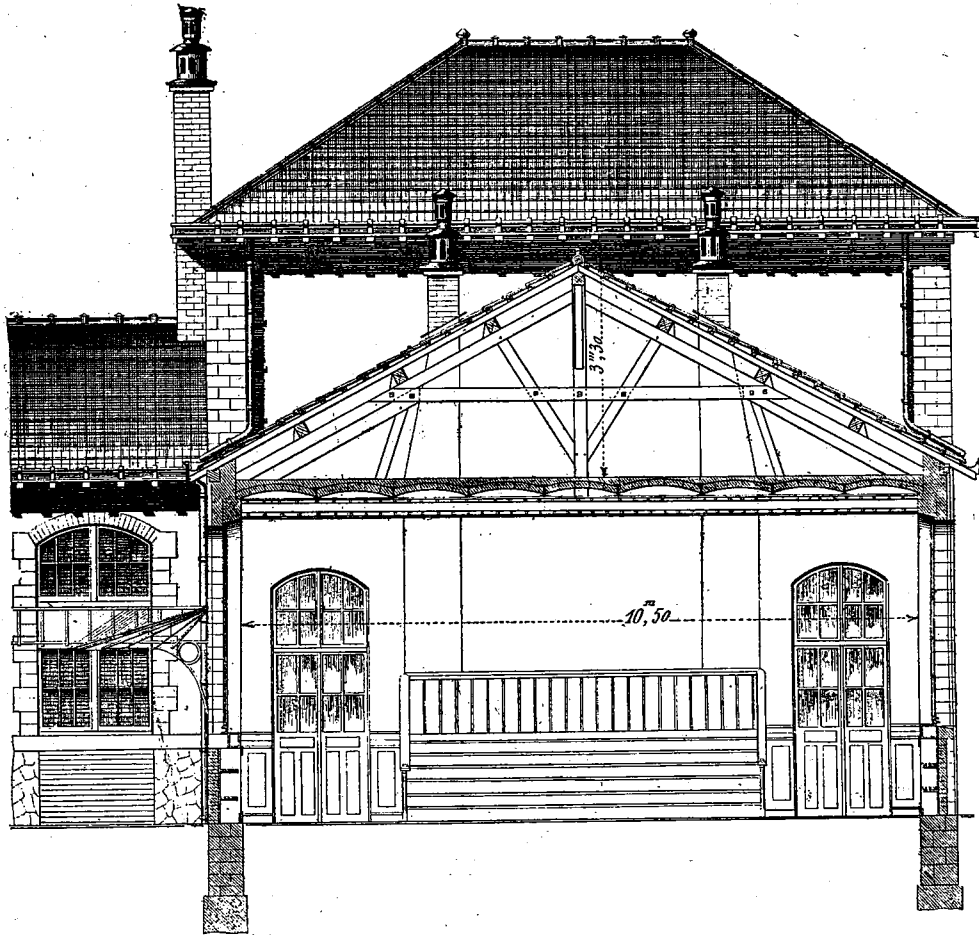


Fig. 640.

est reportée sur le faux plancher formé de poutres et de solives avec hourdis apparent en dessous. On s'est pour ainsi dire servi du faux plancher pour supporter une partie de la couverture : c'est un cas assez rare, qui ne permet pas une bonne utilisation du grenier et qu'il faut éviter quand cela sera possible.

3° *Comble pour halle à marchandises.*

451. La figure 641 nous donne en croquis la disposition d'un comble à trois pannes avec appentis, auvent à droite et à gauche permettant, sous l'appentis, de loger et d'abriter les wagons et sous l'auvent d'abriter les voitures qui vien-

nent charger les marchandises déposées dans la Halle. La disposition de cette

ferme est simple et facile à comprendre. Nous donnons, sur la même figure, les

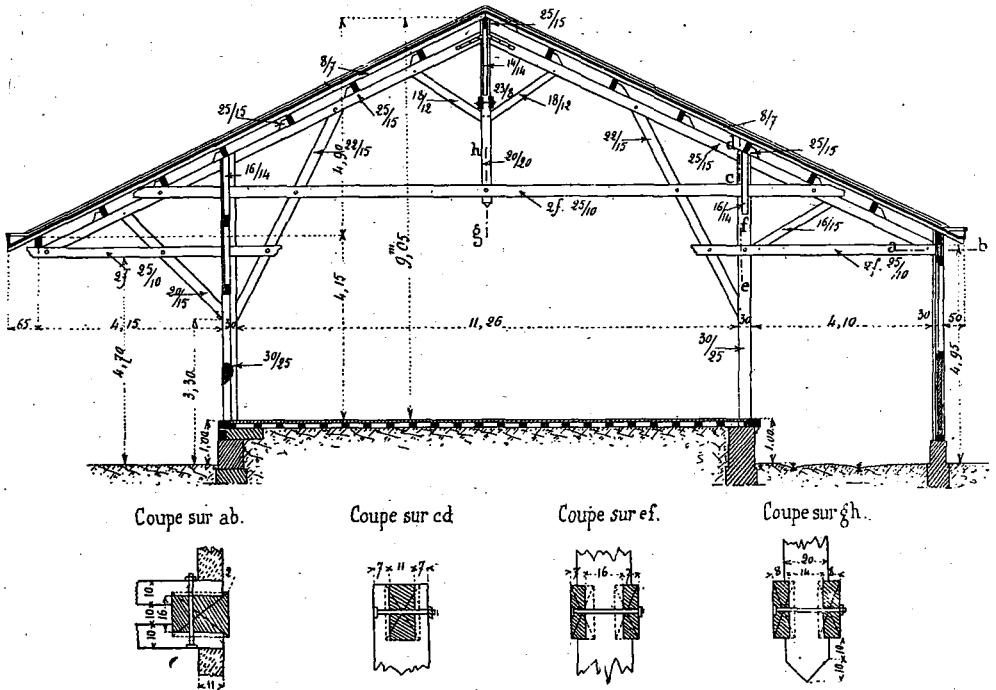


Fig. 641.

4 coupes les plus importantes pour faire bien comprendre le mode d'assemblage.

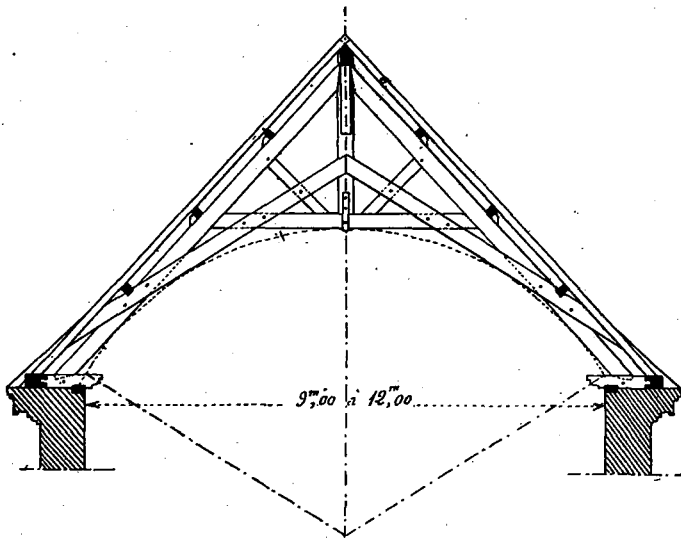


Fig. 642.

La portée du comble est de 11<sup>m</sup>,26. La distance d'axe en axe des fermes est de

5 mètres. Cette grande portée d'une ferme à l'autre explique la nécessité d'employer de fortes pannes cotées dans le croquis 25/15.

4° Comble à trois paires de pannes sans entrain.

452. Pour terminer l'étude des combles à trois paires de pannes, nous donnons

(fig. 642, 643, 644 et 645), quatre dispositions de combles sans entrain qu'on peut employer quand il est utile d'avoir une grande partie complètement vide et non gênée par un entrain.

La ferme représentée (fig 642) est une ferme dans laquelle, pour une raison quelconque, on a été obligé de couper l'entrain en ne laissant de cet entrain que les

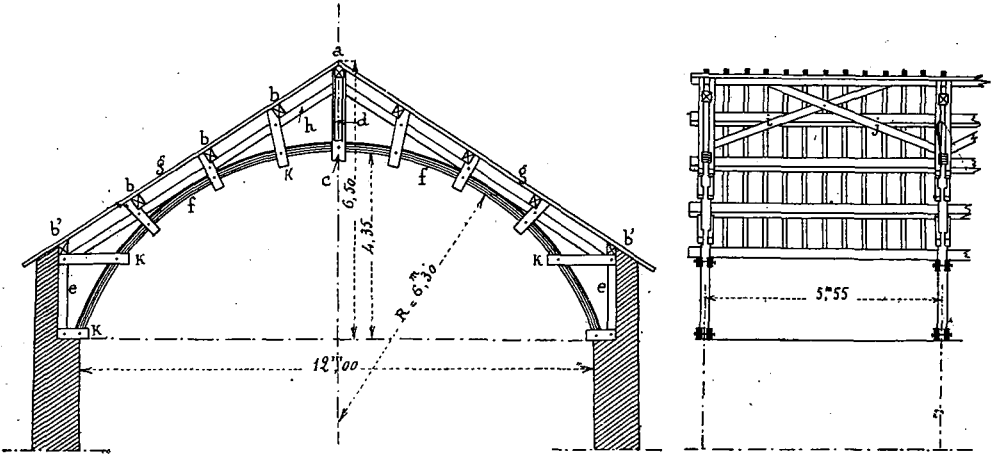


Fig. 643.

deux extrémités dans lesquelles s'assemblent les arbalétriers, pour tenir lieu de blochets.

Pour raffermir cette ferme ainsi dépourvue de son entrain, on arc-boute sur le poinçon deux contre-fiches moisées

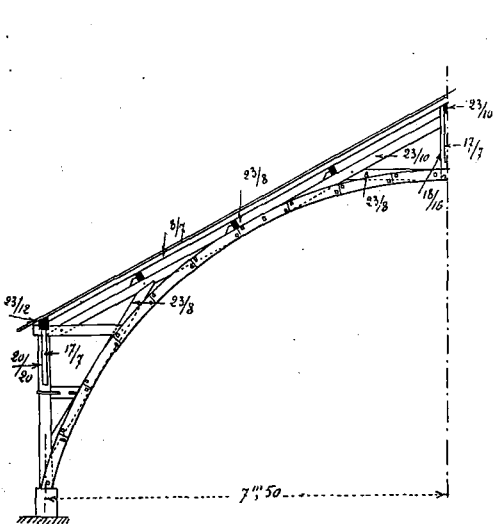


Fig. 644.

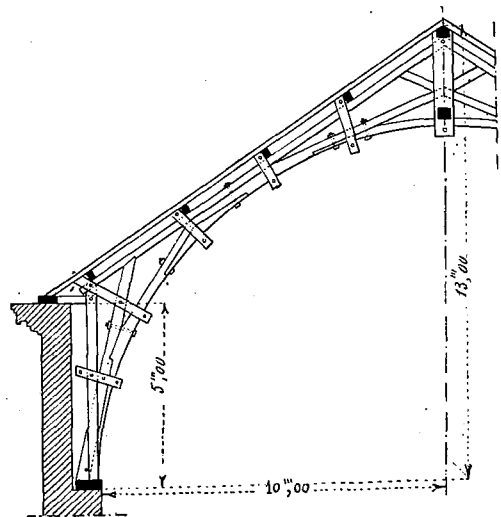


Fig. 645.

qu'on assemble avec les arbalétriers. Des contre-fiches embrassées par ces moises et

assemblées à la fois avec le faux entrain et les arbalétriers, sont destinées à fortifier ces derniers contre les secousses produites par le vent.

On aurait pu, dans le même but, remplacer ces dernières contre-fiches en prolongeant les moises inclinées jusqu'aux arbalétriers et en leur faisant former une croix de Saint-André.

La figure 643 nous montre un comble de 12 mètres de portée dont la légende suivante fera connaître, non seulement les dimensions, mais encore les noms des principales pièces qui composent cette charpente.

Désignation des pièces	NOMS des DIFFÉRENTES PIÈCES	ÉQUARRISSEMENT
a	Faitage .....	0 <sup>m</sup> .20 × 0 <sup>m</sup> .23
b	Pannes .....	0 <sup>m</sup> .22 × 0 <sup>m</sup> .25
b'	Pannes de rive .....	0 <sup>m</sup> .20 × 0 <sup>m</sup> .23
c	Poinçon .....	0 <sup>m</sup> .30 × 0 <sup>m</sup> .10
d	Liens de faitage .....	0 <sup>m</sup> .20 × 0 <sup>m</sup> .18
e	Potelets .....	0 <sup>m</sup> .20 × 0 <sup>m</sup> .20
f	Cintre en 4 feuilles de 0 <sup>m</sup> .05 d'épaisseur .....	0 <sup>m</sup> .20 × 0 <sup>m</sup> .20
g	Chevrons .....	0 <sup>m</sup> .08 × 0 <sup>m</sup> .09
h	Arbalétriers .....	0 <sup>m</sup> .20 × 0 <sup>m</sup> .20
k	Moises .....	0 <sup>m</sup> .25 × 0 <sup>m</sup> .10

La portée de ce comble est de 12 mètres et la distance d'axe en axe des fermes, comme le montre la coupe longitudinale, est de 5<sup>m</sup>.55, ce qui nous explique les fortes dimensions des pannes.

La figure 644 donne un autre exemple de comble sans entrain ayant 15 mètres de portée et dont l'arc vient retomber sur des dés en pierre posés sur le sol. La partie courbe de l'arc est formée par une série de planches courbes moisant les différentes pièces qu'elles rencontrent. Le reste de la ferme n'a rien de particulier. La distance d'axe en axe des fermes est de 4 mètres.

La figure 645 montre un dernier exemple dans lequel l'arc est formé par des pièces de bois de forme spéciale se boulonnant entre elles et solidement maintenues par une série de moises servant aussi d'échantignolles pour les pannes. La portée de ce comble est de 20 mètres.

### 5° COMBLES A QUATRE PANNES

**453.** Ces combles sont ordinairement admis pour des portées de 16 à 20 mètres. Lorsque la pente est assez forte, comme l'indique le croquis (fig. 646), le haut de la ferme peut être disposé comme nous

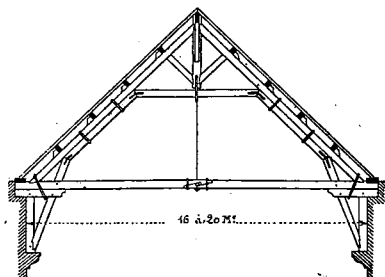


Fig. 646.

avons indiqué pour les combles à trois paires de pannes. Dans le bas, on double l'arbalétrier avec une fourrure ou un

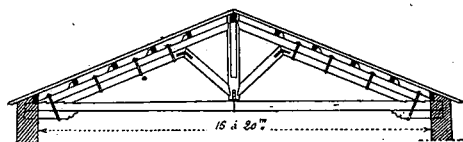


Fig. 647.

sous-arbalétrier. Des frettes et des boulons réunissent fortement ces deux pièces. Des équerres placées à la rencontre du sous-arbalétrier avec le faux entrain ainsi

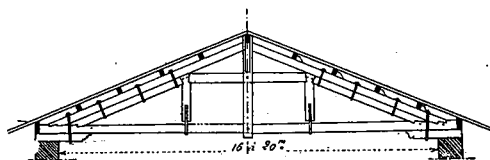


Fig. 648.

qu'avec la jambe de force consolident les assemblages. On met souvent une fourrure sous l'entrain, en face du mur, pour empêcher qu'il ne cède sous l'action de l'effort tranchant. Lorsque la pente est faible, les deux dispositions (fig. 647 et 648) sont alors applicables. Dans la première



rissage de  $\frac{25}{12}$ , de deux arbalétriers de  $\frac{18}{27}$ , d'un poinçon de  $\frac{20}{20}$ , de contrefiches de  $\frac{16}{20}$  et de  $\frac{18}{22}$ , le tout reposant sur des poteaux en bois de chêne de  $\frac{24}{27}$ . Le contreventement de ce comble est assuré par deux moises *M* allant du poinçon d'une ferme au faitage de la ferme suivante, et réciproquement, en formant de grandes Croix-de-Saint-André. La portée de ce comble est de 16 mètres et la distance d'axe en axe des fermes est de 5 mètres.

Si, pour une raison quelconque, on devait appliquer la même disposition à une ferme ayant une portée de 19 et même de 20 mètres, les dimensions à adopter seraient les suivantes en supposant toujours un écartement de 5 mètres entre deux fermes consécutives.

*Portée de 19 mètres.*

Arbalétriers	$\frac{30}{18}$	d'équarrissage.
Tirant	$\frac{25}{22}$	—
Poinçon	$\frac{20}{22}$	—
Contrefiches de faitage	$\frac{16}{22}$	—
Contrefiches sur poteaux	$\frac{18}{23}$	—
Pannes	$\frac{22}{18}$	—
Chevrons	$\frac{8}{7}$	—

*2° Comble à quatre pannes pour atelier, grange, etc.*

**455.** Un autre type de comble à quatre pannes est représenté en croquis (fig. 650). Il est très simple de construction et peut très facilement être employé pour la charpente d'une grange. Il se compose d'un tirant formé par un simple madrier du commerce retenu en trois points de sa longueur par des moises pendantes ayant un équarrissage de  $\frac{22}{8}$ . Au milieu de la longueur du tirant, le poinçon se trouve moisé par deux bouts de madrier servant à supporter l'entrait. Rien de particulier à cette charpente, si ce n'est sa grande légèreté pour une portée relativement grande de  $22^m,00$ . L'écartement d'axe en axe des fermes est de  $4^m,00$ .

*3° Comble d'atelier à quatre paires de pannes.*

**456.** Le comble représenté en croquis (fig. 651) donne un exemple de comble d'atelier de  $22^m,00$  de portée avec appentis

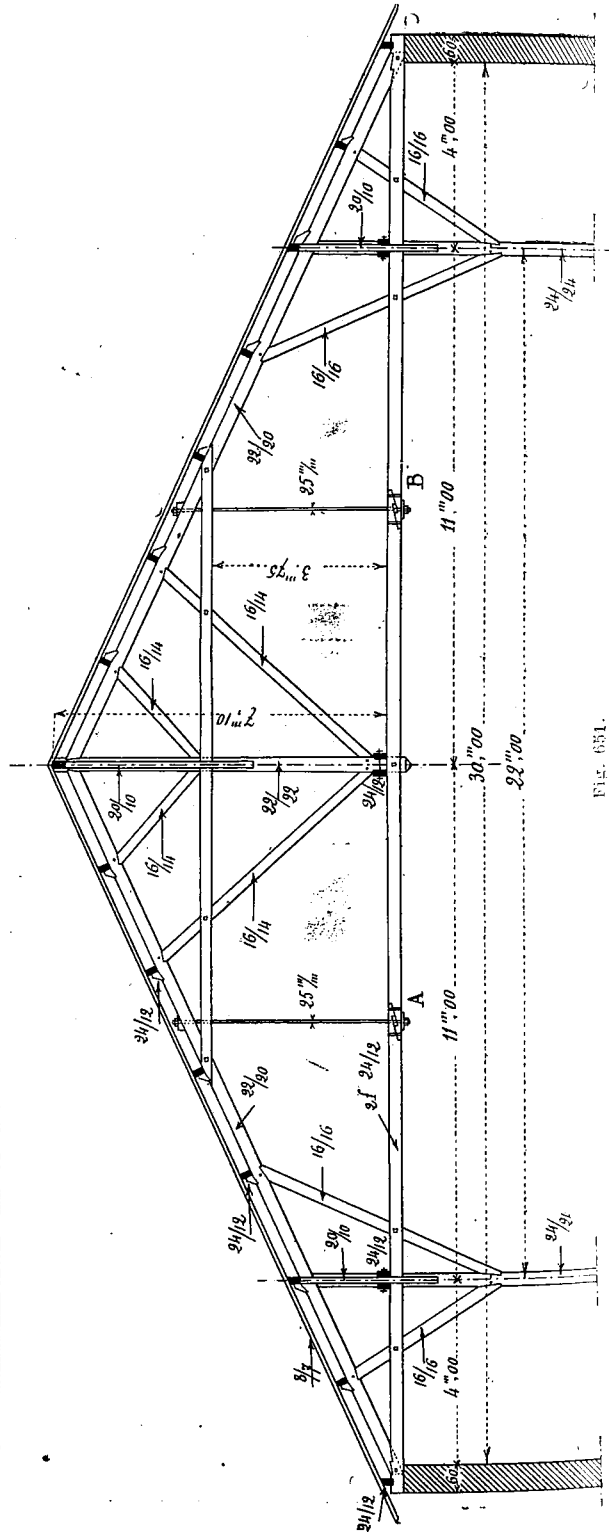


FIG. 651.



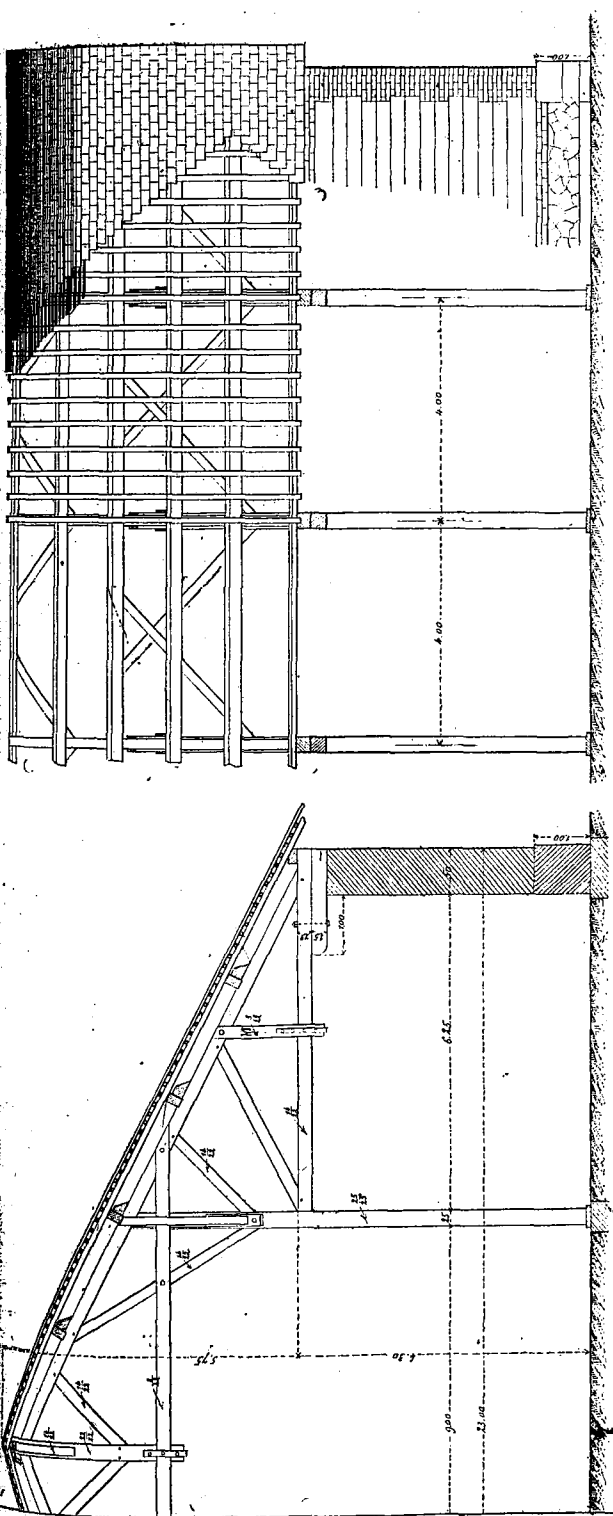


Fig. 652.

à droite et à gauche formés par le prolongement de l'entrait et des arbalétriers. Ce comble est, pour ainsi dire, le type des combles à quatre paires de pannes. Il montre, en effet, comment, tout en conservant à la ferme une forme élégante, on peut arriver à soutenir chacune des pannes. La première panne du bas est supportée par une contrefiche venant se fixer sur le poteau. La seconde est maintenue par un faux entrait placé à une distance de  $3^m,75$  du tirant de la ferme ; enfin, les deux autres pannes sont soutenues par deux contrefiches venant s'assembler dans le poinçon.

Comme l'entrait de ce comble a une grande longueur, on le compose de trois morceaux, ce qui donne aux points A et B deux assemblages dont nous avons déjà étudié la forme. Pour soulager la grande portée de cet entrait, on met, en ces deux points A et B, deux forts boulons qui se fixent à leur partie supérieure sur les deux arbalétriers. Des moises placées au pied des poinçons maintiennent l'écartement de deux fermes consécutives. Dans cette charpente, la distance d'axe en axe des fermes est de  $5^m,00$ . Si l'on avait un espace plus considérable à franchir, on ferait de l'arbalétrier une poutre armée soit ordinaire, soit américaine, ou bien l'on multiplierait les contrefiches, les faux-entrants et les aisseliers ; mais, aujourd'hui, l'emploi des fermes métalliques ôte tout intérêt à l'étude de ces systèmes.

#### 6° FERMES EN BOIS A GRANDE PORTÉE AVEC POTEAUX INTERMÉDIAIRES

**457.** Lorsque la portée augmente dans un comble en bois, il y a intérêt, pour ne pas avoir des bois d'un trop fort équarrissage, à multiplier les points d'appui. On se sert alors, comme nous allons le voir, de poteaux intermédiaires.

La figure 652 nous donne, en coupe transversale et en coupe longitudinale, les croquis d'un comble destiné à couvrir un espace de 23 mètres de largeur à l'aide de poteaux intermédiaires. Cette charpente est, pour ainsi dire, formée de deux combles de  $6^m,23$  de portée dans œuvre adossés à droite et à gauche à un comble ayant une portée de 9 mètres et placé au milieu.

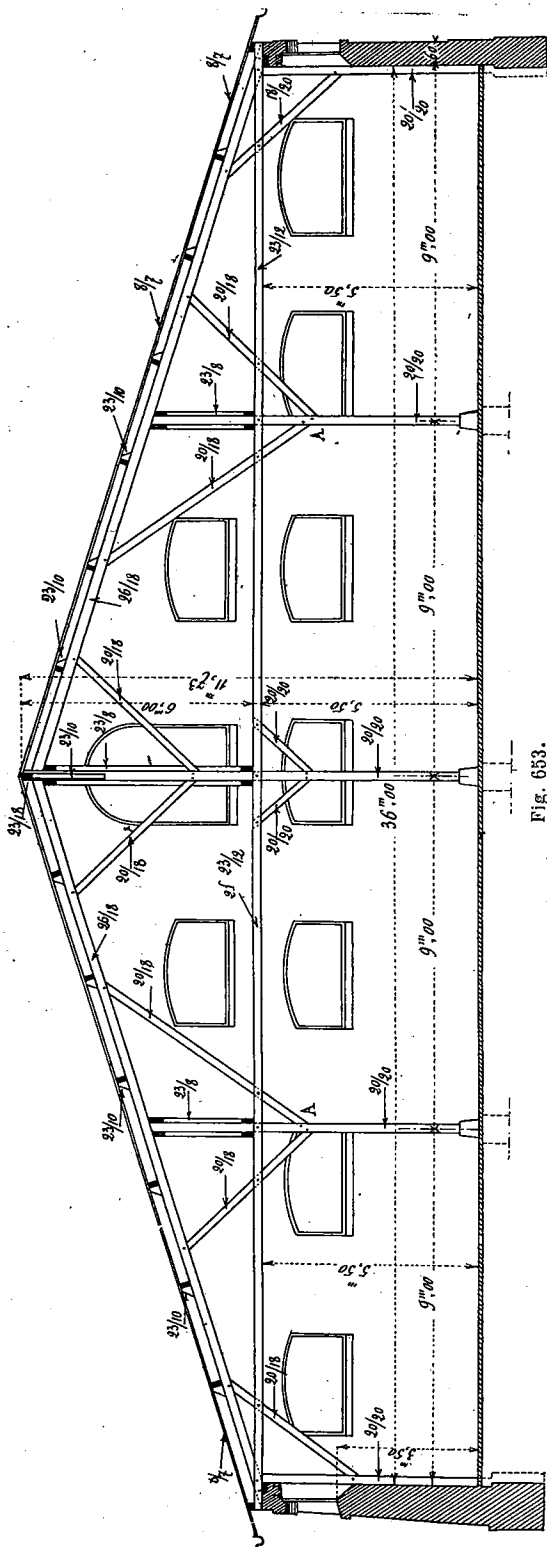


Fig. 653.

La disposition est simple et facile à comprendre ; elle rentre dans les cas examinés précédemment. Les pannes peuvent être de simples madriers de 23/8 d'équarrissage, leur portée n'étant que de 4 mètres.

Dans les deux appentis de 6<sup>m</sup>,25 de portée, le poinçon est formé de deux pièces de bois de 22/8 d'équarrissage. Il existe aussi un sous-entrait destiné à soulager la portée de l'entrait de la ferme.

La figure 653 nous donne un autre exemple de charpente en bois avec poteaux intermédiaires. Dans ce cas particulier, le poinçon de la ferme est prolongé et forme poteau.

L'ensemble de la disposition est très simple. La portée de 36 mètres est formée par quatre travées successives de 9 mètres. Cette charpente, très légère, est sup-

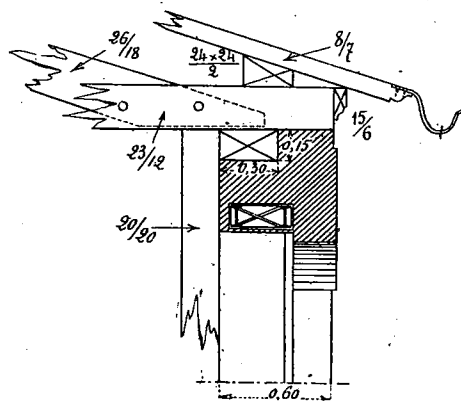


Fig. 654.

posée couverte en zinc. La distance d'axe en axe des fermes est de 5 mètres. Le contreventement est obtenu par de longues moises placées de chaque côté du prolongement des poteaux et allant de l'entrait d'une ferme au faitage de la ferme suivante et réciproquement, de manière à former de grandes croix de Saint-André. Afin de ne pas trop affaiblir les poteaux, les constructeurs ont eu le soin de ne pas mettre l'assemblage de deux contrefiches au même endroit comme nous le voyons en A dans la figure 653. C'est une disposition qu'on devrait imiter dans bien des cas.

Nous donnons (fig. 654) le détail de l'ex-



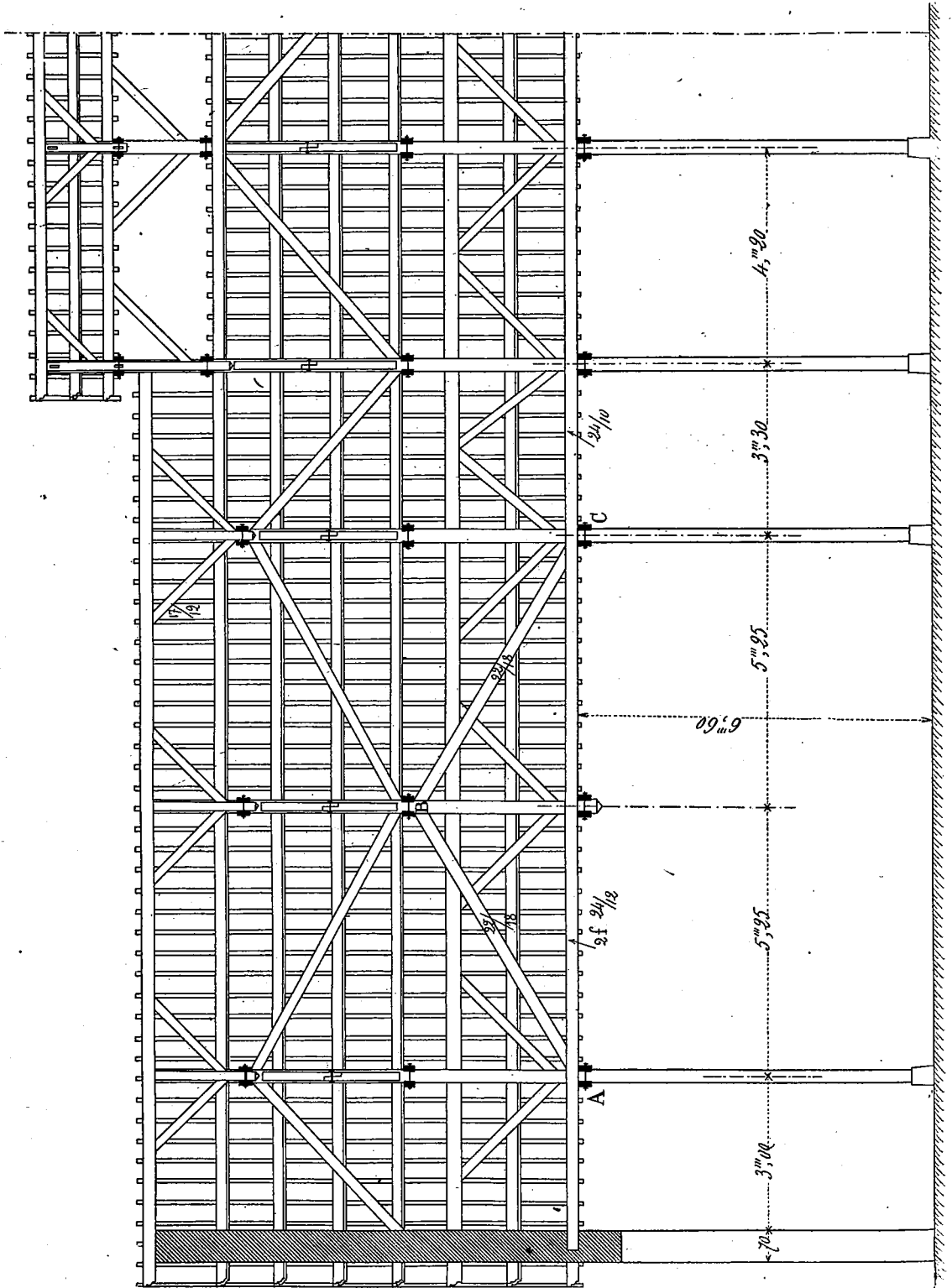


Fig. 656.

trémité de la ferme avec la disposition de la gouttière et du linteau de baie. Ce détail se comprenant très facilement à la seule inspection de la figure, nous n'insisterons pas d'avantage.

Nous donnons (fig. 655 et 656) une grande ferme avec poteaux intermédiaires destinée à couvrir un espace devant servir à abriter de grands fours. Elle est très simple de construction.

Chaque panne est solidement soutenue et le contreventement bien étudié. Le lanterneau de la partie supérieure, qui n'existe que sur une partie de la longueur du bâtiment, est soutenu sur les deux poteaux du milieu, disposition que nous n'avons pas encore rencontrée dans les types précédents. La figure 655 montre, en pointillé, la disposition de la ferme où le lanterneau est supprimé.

Ce comble, couvert en tuiles mécaniques Muller posées sur liteaux en sapin de sciage de 0<sup>m</sup>,030 de côté, présente une pente de 0<sup>m</sup>,55 indispensable pour permettre de loger de grands appareils. Les chevrons, dont nous voyons la disposition dans la coupe longitudinale (fig. 656), sont espacés de 0<sup>m</sup>,40 d'axe en axe et ont un équarrissage de 8/7. Du côté gauche de la figure 655, la charpente est supposée portée par un mur construit préalablement avec potelets reposant sur une pierre dure logée à cet effet dans l'épaisseur du mur. Du côté droit de la figure, la charpente est supposée montée sur poteaux avant la construction du mur. Ces poteaux extérieurs seront, à la fin de la construction, compris dans le mur longitudinal.

Vu la grande portée, cette charpente paraît assez légère; elle est, sauf les poinçons, entièrement construite en sapin. Il faut avoir soin de mettre des embrèvements pour toutes les pièces obliques et bien soigner les assemblages.

La figure 656 montre la coupe longitudinale de cette grande ferme. Dans cette coupe, le contreventement est complètement indiqué. Pour une raison quelconque, on a été obligé de supprimer un poteau. Nous retrouvons ici une disposition dont nous avons déjà parlé et qui consiste à reporter la charge de cette ferme sans

poteau sur les deux poteaux voisins, ce qui se fait, comme nous le savons, à l'aide de deux arbalétriers et d'un poinçon. On forme ainsi un triangle représenté, sur la figure, par les lettres A, B, C.

Pour satisfaire certaines exigences, les distances d'axe en axe des fermes sont bien différentes les unes des autres. C'est ce qui ne nous a pas permis de coter les pannes dans la coupe transversale de la ferme. On pourra, suivant les portées de chacune d'elles, employer les équarrissages suivants :

Les pannes pour travées auront :

1° Jusqu'à 4 mètres... ..	23/10
2° Jusqu'à 4 <sup>m</sup> ,50.....	23/12
3° Jusqu'à 5 <sup>m</sup> ,25.....	25/14

Vu les grandes dimensions de cette charpente, il nous paraît intéressant de donner le cube approximatif des bois entrant dans une ferme.

Détail d'une ferme et cube approximatif des bois.

DÉSIGNATION	Nombre	longueur	Équarrissage	Cube
Poteaux.....	2	3.50	22 × 22	0.339
— .....	2	8.50	26 × 26	1.149
— .....	2	13.50	24 × 24	1.590
Arbalétriers.....	2	17.25	23 × 20	1.518
Entrails.....	2	31 »	24 × 12	1.786
Faux entrails.....	2	18.25	22 × 10	0.803
— .....	2	7 »	22 × 10	0.208
Poinçon.....	1	2.25	16 × 16	chêne
Contrefiches.....	2	2 »	16 × 16	0.102
— .....	2	2 »	18 × 16	0.115
— .....	2	6 »	22 × 18	0.475
— .....	2	2.75	17 × 8	0.150
— .....	2	2.90	18 × 16	1.670
— .....	2	2.25	17 × 12	0.092
Croix-de-St-André...	2	5.50	16 × 16	0.282

Soit, net, environ 10 mètres cubes <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pour chaque ferme en tenant compte des poinçons qui sont en chêne et de diverses petites pièces de bois de calage, etc.

### Observations relatives aux ouvertures pratiquées dans les combles à deux pentes égales.

**458.** Les ouvertures qui se pratiquent le plus ordinairement dans les combles, sont les *lucarnes*, étudiées précédemment, les *trémies* (ouvertures destinées à donner passage aux tuyaux ou aux souches de

cheminées) et les *lanterneaux* dont nous avons déjà vu l'usage. Les lucarnes, les lanterneaux et les chassis vitrés, qu'on place souvent sur le rampant même des combles, servent à l'éclairage ou à l'aération de l'espace compris sous le toit. Les trémies destinées à donner passage aux tuyaux de cheminée, rentrent dans le cas des ouvertures carrées ou rectangulaires pratiquées pour la construction des lucarnes.

Les percées pour l'établissement de ces diverses ouvertures se font presque toujours dans les intervalles compris entre les fermes, c'est-à-dire au travers du chevonnage. Les souches de cheminées et les petits chassis, peuvent, le plus souvent se placer dans l'intervalle laissé libre entre deux chevrons consécutifs. Lorsque l'ouverture à faire est plus large que l'intervalle qui existe entre deux chevrons, le chevron qu'on coupe s'assemble dans une pièce transversale portée par les chevrons adjacents. Quelles que soient la grandeur et la figure des ouvertures de ce genre, elles sont formées par un encadrement compris entre deux chevrons spéciaux auxquels on donne plus de force qu'aux autres, à cause des assemblages qu'ils doivent recevoir et du surcroît de fatigue auquel ils sont exposés. Ces chevrons forment deux des côtés de l'ouverture. Les autres côtés sont formés par des entretoises ou linçoirs qui s'assemblent avec eux et qui reçoivent eux-mêmes l'assemblage de l'extrémité des chevrons compris dans l'intervalle. Nous avons déjà vu des exemples de ces encadrements dans l'étude des lucarnes et dans celles des combles à deux pentes égales.

On pourrait, si cela était nécessaire, rendre l'ouverture octogonale au moyen de goussets assemblés dans chacun des angles du carré. L'ouverture peut aussi être rendue ovale ou circulaire en cintrant intérieurement les côtés de l'encadrement, mais les dispositions principales restent toujours les mêmes. Nous aurons l'occasion de retrouver diverses dispositions de ce genre dans les études de combles qu'ils nous reste à examiner.

### Observations relatives à la construction des combles à deux pentes égales.

**459.** Dans l'étude des combles à deux pentes égales, nous nous sommes imposé, autant que possible, de ne pas dépasser 4 mètres pour la portée des pannes afin de pouvoir employer, dans la plupart des cas, le madrier du commerce dont l'équarrissage est 23/8. Nous avons également pris, comme écartement de deux pannes sur la partie inclinée des combles, la cote de 2<sup>m</sup>,25 nous permettant d'employer le chevron du commerce dont l'équarrissage est 8/7. Il nous sera facile, en observant ces deux données, d'établir, non pas une règle générale et invariable pour la disposition des combles à deux versants égaux, mais au moins des indications permettant au constructeur de trouver la disposition à prendre sans trop de recherches.

Étant donnée la portée d'un comble et la nature de la couverture, on commencera par tracer le triangle ABC (fig. 657). Dans ce triangle, la ligne AC donne la portée du comble dans l'œuvre, c'est-à-dire entre les deux murs ou entre les colonnes ou poteaux qui supportent le comble. Les deux lignes AB et BC représentent les deux arbalétriers. L'angle  $\alpha$  que forment les deux arbalétriers avec l'entrait AC sera donné par la pente qu'on désire adopter suivant la nature de la couverture.

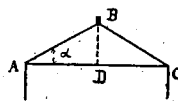


Fig. 657.

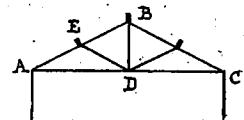


Fig. 658

Ce triangle étant construit, il sera facile de calculer exactement la longueur de chacun des arbalétriers AB et BC, soit en le dessinant bien à l'échelle et en mesurant au décimètre, soit en le calculant trigonométriquement. L'arbalétrier AB, par exemple, est l'hypoténuse du triangle ABD. Il faudra donc calculer

l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont on connaît la longueur AD égale à la 1/2 portée, la hauteur BD donnée par la pente adoptée et, enfin, l'angle  $\alpha$  également donné par la pente que nécessite la nature de la couverture. La longueur de l'arbalétrier étant connue, si elle ne dépasse pas  $2^m,25$ , il n'y aura pas besoin de mettre de panne et la ferme du comble sera simplement formée par un entrain AC et deux arbalétriers AB et BC. Dans ce cas simple, le poinçon BD peut même ne pas exister.

Si la portée de l'arbalétrier AB augmente et dépasse  $2^m,25$  il faudra alors, en divisant la distance AB en deux parties égales, placer une panne au milieu de la portée (fig. 658). Cette panne faisant fléchir l'arbalétrier, il faudra la soutenir et, pour cela, on placera, sous la portée de cette panne, une contrefiche

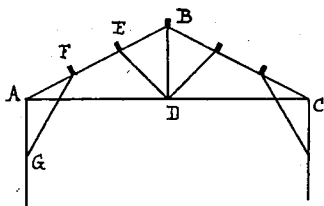


Fig. 659.

ED venant s'assembler dans le poinçon BD. La longueur de l'arbalétrier AB pourra donc être de deux fois  $2^m,25$  soit  $4^m,50$ . Si cette longueur augmente, on place deux pannes qu'il faut encore soutenir. On obtient alors la disposition de ferme de comble représentée en croquis (fig. 659), dans laquelle la première panne est soutenue par une contrefiche ED fixée sur le poinçon et la seconde par une autre contrefiche FG fixée, soit sur un poteau AG, soit directement dans un mur. La portée de l'arbalétrier AB pourra être de trois fois  $2^m,25$  soit  $6^m,75$ . Il est bien entendu qu'il faut, dans tous les cas, placer une panne de faitage en B qui sera toujours soutenue par le poinçon et une sablière en A qui recevra la partie inférieure des chevrons et qui sera toujours portée, soit directement sur un mur, soit sur un poteau, soit sur une colonne.

Si la portée ou longueur de l'arbalétrier augmente, il faudra alors trois pannes intermédiaires et la ferme du comble prendra la disposition indiquée par la figure 660 dans laquelle la première panne est toujours soutenue par une contrefiche ED venant s'assembler sur le poinçon en D ou en D'. La deuxième

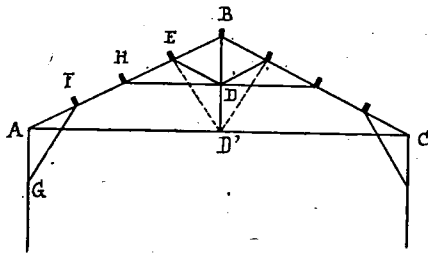


Fig. 660.

panne H est soutenue par le faux entrain HD et, enfin, la troisième est, comme dans le cas précédent, soutenue par la contrefiche FG. Dans cet exemple, la longueur de l'arbalétrier sera de quatre fois  $2^m,25$  soit  $9^m,00$ .

Si la portée ou longueur de cet arbalétrier augmente encore, il faudra alors mettre quatre pannes intermédiaires et la disposition à adopter est représentée en croquis (fig. 661) dans laquelle la première

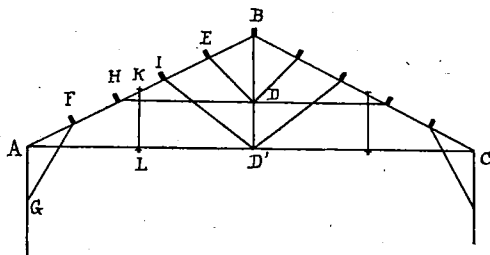


Fig. 661.

panne E est soutenue au moyen d'une contrefiche ED venant s'assembler dans le poinçon. La deuxième I est soutenue par une seconde contrefiche ID'. La troisième H est soutenue par un faux entrain HD. Enfin, la quatrième F est soutenue par la contrefiche FG.

Dans cet exemple, la longueur de l'arbalétrier AB sera de cinq fois  $2^m,25$  soit  $11^m,25$ . Comme la portée de l'entrait AD est alors assez grand, on le soutient souvent par un boulon KL (fig. 661).

On pourrait continuer de la même manière en augmentant le nombre de pannes et en les soutenant par des séries de contrefiches et de faux entrails; mais, dans bien des cas, lorsqu'on dépasse quatre pannes, ce qui donne pour l'arbalétrier une longueur relativement grande, il y a avantage à employer d'autres dispositions en se servant des poutres armées, des poutres en treillis, des poutres en arcs et bien d'autres combinaisons encore.

**460.** En résumé, pour bien étudier un comble en bois, il faut, après avoir tracé le triangle ABC (fig. 562), placer le nombre de pannes qu'il convient d'employer sui-

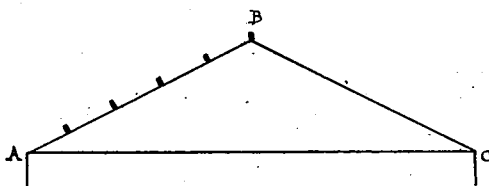


Fig. 662.

vant la portée et chercher à soutenir, *autant que possible*, chacune de ces pannes en ayant soin, toutefois, d'obtenir dans la ferme des parties triangulaires qui sont, comme nous le savons, les moins indéformables et qui offrent le maximum de résistance.

Il faut aussi bien observer que toutes les pièces qui travaillent à la flexion doivent être placées de champ, c'est-à-dire qu'elles aient, en hauteur, au moins le double de l'épaisseur. Quant aux pièces qui sont comprimées, il est préférable de se rapprocher de la forme carrée.

**461.** Pour terminer les combles à deux pentes égales, nous en donnerons encore deux exemples. Le premier représenté en croquis (fig. 663), nous montre une grande halle couverte pouvant servir de hangar pour la paille ou toute autre matière réclamant une grande place.

Cette charpente est composée de deux

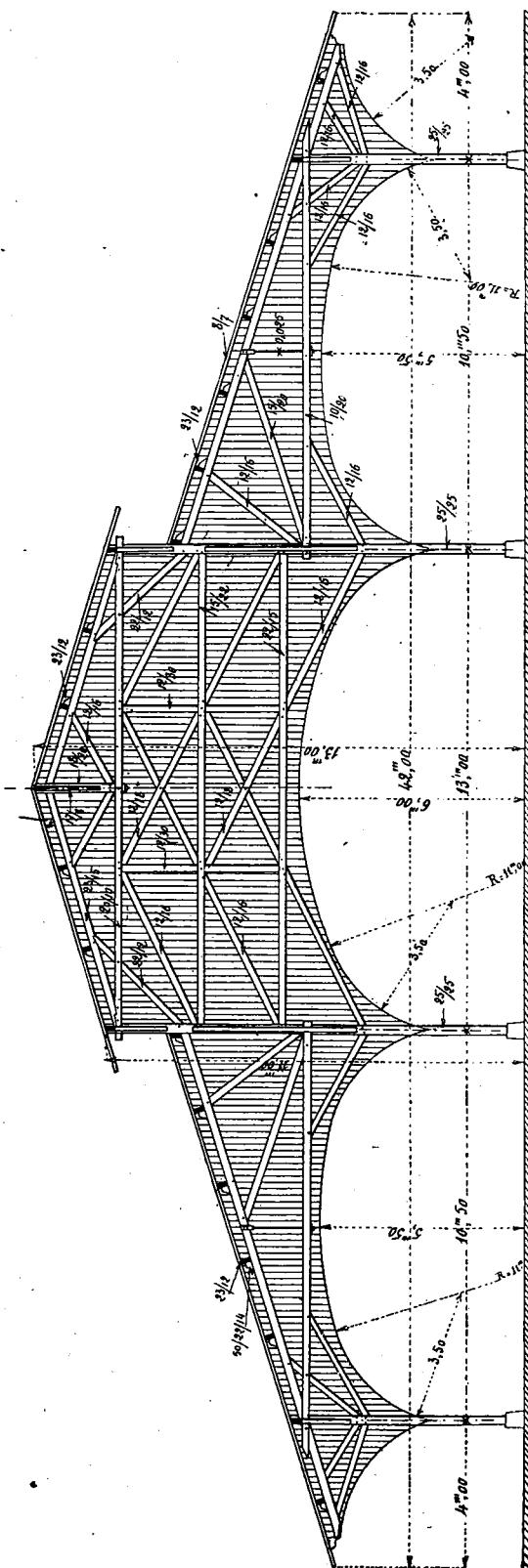


Fig. 663.



travées latérales de 10<sup>m</sup>,50 de portée, d'une travée milieu de 13 mètres de portée et de deux auvents faisant une saillie de 4 mètres et servant d'abri aux voitures qui viennent apporter les marchandises. La travée milieu est très simple de construction et rentre dans le type des combles à deux pannes étudiés précédemment. Les deux travées de 10<sup>m</sup>,50 forment, avec les auvents, de grands appentis dont nous connaissons la disposition et dans lesquels certaines contrefiches servent, non pas pour soutenir l'arbalétrier, mais simplement pour clouer les planches des fermes de tête. Cette forme de charpente

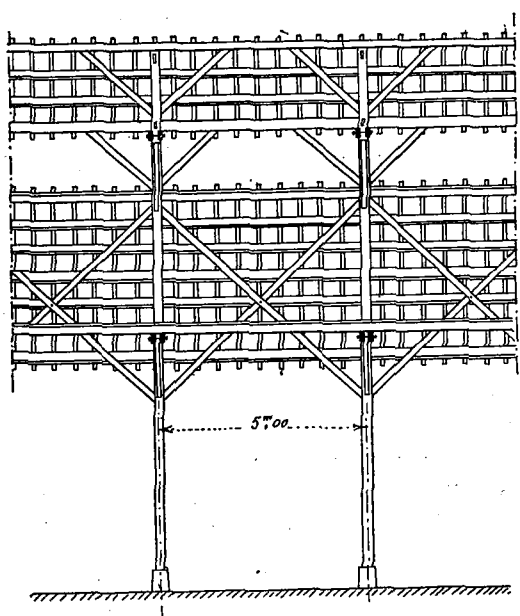


Fig. 664.

nous montre la disposition à adopter pour la fermeture d'une ferme de tête, laquelle fermeture est faite au moyen de planches de 0<sup>m</sup>,20 de largeur et 0<sup>m</sup>,027 d'épaisseur, simplement clouées sur une série de pièces de bois symétriquement disposées.

Ces planches sont posées l'une contre l'autre et recouvertes d'un couvre-joint de 0<sup>m</sup>,04 de largeur cloué d'un côté seulement pour permettre un certain jeu aux planches.

La figure 664 donne la coupe longitudi-

Sciences générales.

nale de ce comble avec l'indication du contreventement. Ce contreventement est formé par de grandes croix de Saint-André partant du faitage d'une ferme pour aller s'assembler dans le poteau de la ferme suivante. Les chevrons sur lesquels est cloué le lattis et qui supportent la couverture en tuiles mécaniques sont espacés de 0<sup>m</sup>,50 d'axe en axe. Cette figure montre également la partie haute du comble ou le contreventement est assuré par une série de contrefiches fixées sur les poteaux et servant également à soutenir les pannes. L'écartement d'axe en axe des fermes est de 5<sup>m</sup>,00.

Le deuxième exemple, représenté en croquis (fig. 665), est un comble qui peut se faire pour une portée de 14 à 20 mètres avec ou sans plancher en bois placé sur l'entrait et permettant une bonne utilis-

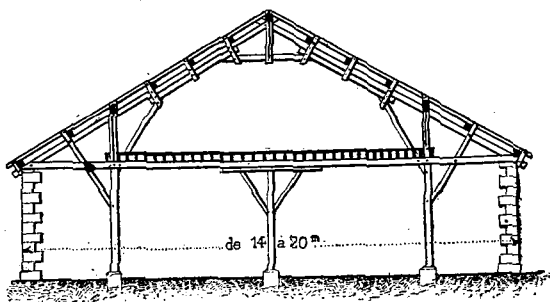


Fig. 665.

tion de l'espace libre laissé sous le comble. Dans le cas où on place un plancher pour avoir un grenier, il faut absolument ajouter, au milieu de la portée, un poteau sur lequel s'assemblent deux contrefiches destinées à soulager l'entrait du comble. Ces deux contrefiches peuvent s'assembler directement dans l'entrait ou dans un sous-entrait indiqué dans la figure. Dans le cas où ce poteau n'existerait pas, il faudrait soutenir l'entrait en son milieu par une aiguille pendante fixée à la partie inférieure du poinçon. Le reste de la disposition n'a rien de particulier. La ferme est portée sur deux poteaux se prolongeant jusqu'à la panne et sur lesquels sont fixées des contrefiches. Les pannes sont soutenues par une contrefiche pour la

CHARPENTE. — 19:

panne inférieure et par un sous-arbalétrier et un faux entrain pour les pannes suivantes. Toutes ces pièces, dont il est difficile de fixer les dimensions la portée étant variable, sont reliées par une série de petites moises venant ajouter à la ferme une grande solidité.

Les murs indiqués sur la figure peuvent être enlevés et les parties de droite et de gauche des grands poteaux peuvent former appentis annexés à un grand hangar ouvert. La distance d'axe en axe des

fermes sera de quatre mètres. Le contreventement, placé dans l'axe des grands poteaux et composé comme nous l'avons indiqué précédemment, devra être étudié avec soin.

6° COMBLES EN BOIS A GRANDE PORTÉE SANS POTEAUX INTERMÉDIAIRES ET AVEC UN NOMBRE QUELCONQUE DE PANNES.

**462.** Les combles que nous allons décrire sont destinés à couvrir de vastes espaces et à former de grands hangars pour

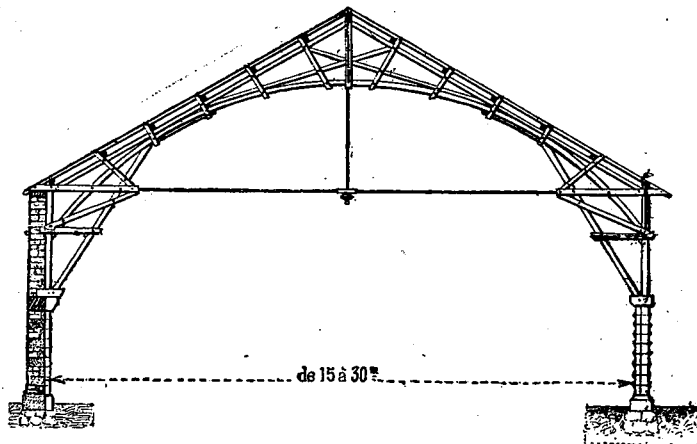


Fig. 666.

le dépôt de marchandises encombrantes. Les portées de ces combles étant très variables, on pourra mettre un nombre quelconque de pannes, le moyen de les soutenir étant toujours très simple puisqu'il consiste à placer à côté de chaque panne, et devant lui servir d'échantignolles, deux petites moises pendantes fixées sur l'arbalétrier et sur l'entrain cintré ou non. La première disposition de ce genre de comble est donnée en croquis (fig. 666). La ferme est formée par un entrain courbé composé de planches cintrées et dont l'arc est disposé de manière à venir soutenir chacun des arbalétriers en leur milieu. Cet arc vient se fixer sur les poteaux verticaux adossés ou non à un mur ; il est moisé par le poinçon formé de deux pièces et, en face de chaque panne, il reçoit les moises pendantes dont nous avons déjà parlé. Lorsque la portée est

grande, il faut alors, pour soulager l'arc au milieu des arbalétriers, le doubler d'une forte pièce comme l'indique la figure. Ce comble peut se faire pour une portée variable de 15 à 30 mètres. Cette grande variation dans la portée explique pourquoi il est difficile de donner les dimensions des pièces. Le constructeur devra les calculer dans chaque cas particulier. Nous donnerons un exemple pratique de ces calculs dans le chapitre intitulé *Stabilité et résistance des Combles en bois*.

Cette disposition nécessite, comme le montre la figure, l'emploi d'un tirant en fer soutenu en son milieu par une aiguille pendante venant se fixer à la partie inférieure du poinçon. La distance d'axe en axe des fermes peut être de 5 mètres.

Une autre disposition de comble à grande portée est représentée par le cro-

quis (fig. 667). Comme l'indique la figure, le nombre des pannes peut être quelconque, puisqu'elles sont chacune soutenues par des moises pendantes dont il est facile d'augmenter le nombre. Ce comble peut se faire pour une portée variant de 25 à

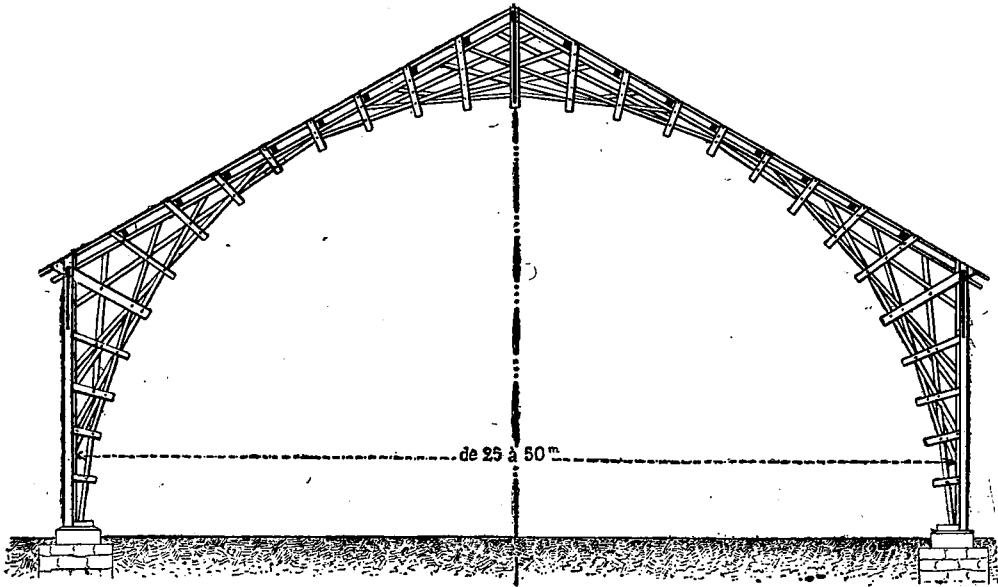


Fig. 667.

50 mètres. Quoique la quantité des bois il a cependant un certain aspect de légè- dont il est formé soit relativement grande, reté due à la grande hauteur laissée entre

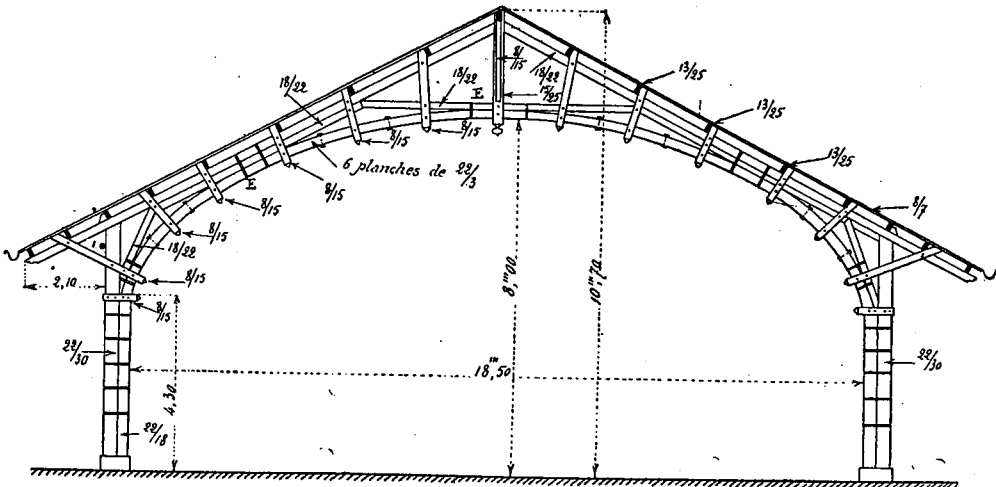


Fig. 668.

le sol et le dessous de l'arc formé par le Les fermes peuvent être espacées de 4 à croisement d'une série de contre-fiches. 5 mètres d'axe en axe. Le contrevente-

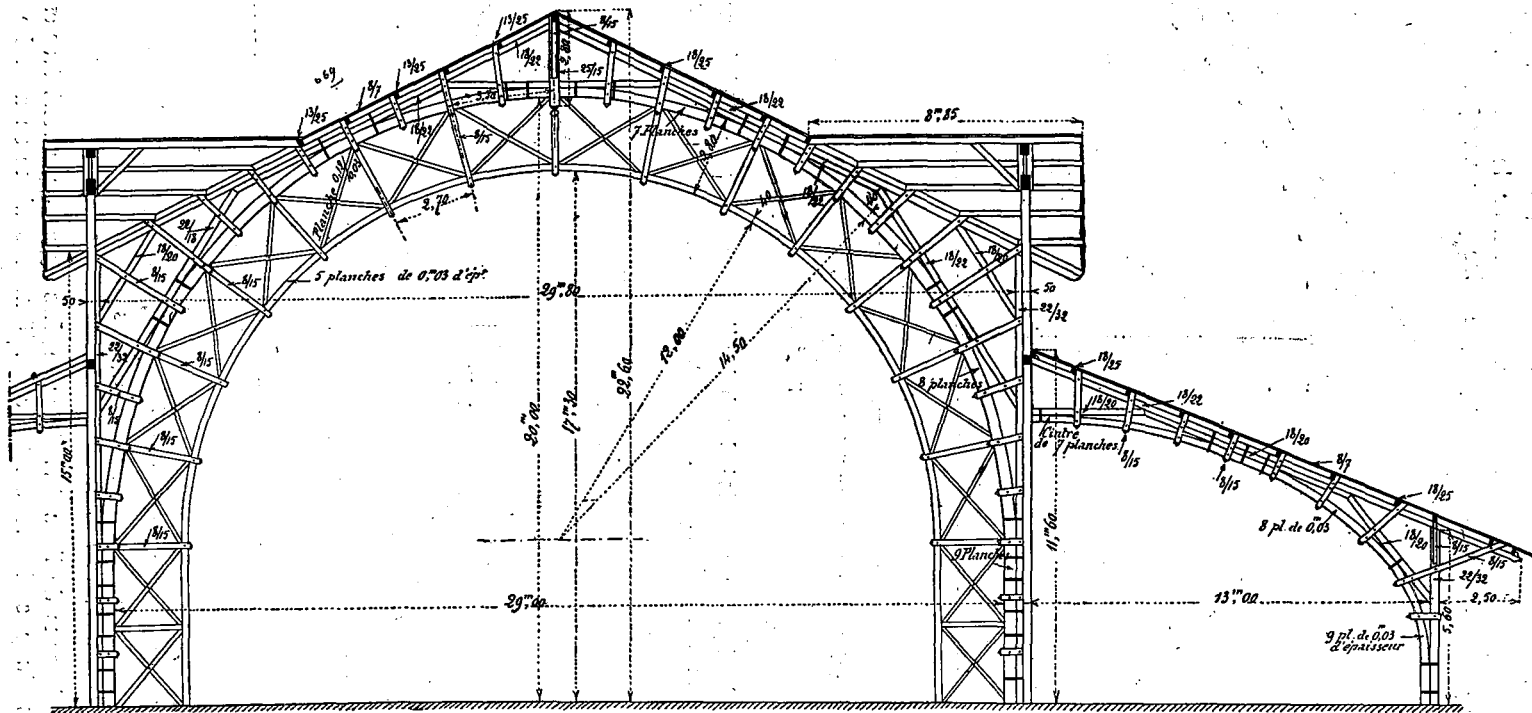


Fig. 369.

ment devra être étudié avec beaucoup de soin, la grande surface de ce comble laissée à l'appentis n'est autre chose que la demi-ferme représentée (fig. 668).

La figure 668 nous donne un troisième exemple de comble à grande portée. Pour pouvoir donner quelques dimensions, nous avons pris, comme type, un comble de 18<sup>m</sup>,50 de portée. La ferme de ce comble est formée de deux arbalétriers ayant un équarrissage de 22/18 soulagés par deux sous-arbalétriers ayant la même section et reposant sur un arc rappelant la forme de l'anse de panier et qui est formé de six planches ayant une largeur de 0<sup>m</sup>,22 et une épaisseur de 0<sup>m</sup>,03. Ces planches sont reliées entre elles par de forts boulons. L'arc est également relié au sous-arbalétrier et à l'arbalétrier par des étriers E solidement fixés sur ces diverses pièces. Le reste de la ferme est facile à comprendre à la seule inspection de la figure et rentre dans les exemples étudiés précédemment.

La figure 669 donne un dernier exemple de grand comble dans lequel l'espace laissé libre est compris sous un grand arc en plein cintre composé, comme dans l'exemple précédent, par un arc en planches. La partie indiquée en dessous de cet arc représente la disposition à adopter pour une ferme de tête. Pour former cette ferme de tête, on place, parallèlement au premier arc, et à une distance de 2<sup>m</sup>,80, un deuxième arc composé de 5 planches d'une épaisseur de 0<sup>m</sup>,03, solidement relié au premier par une série de pièces de bois ayant un équarrissage de 8/15 et une série de croix de Saint-André formées par des planches de 0<sup>m</sup>,12 de largeur et ayant une épaisseur de 0<sup>m</sup>,03. Le reste de la ferme est disposé comme dans l'exemple précédent. A droite et à gauche, se trouvent deux pénétrations formant de grandes ouvertures ou espèces de lucarnes. De chaque côté de cette grande ferme, sont annexés deux appentis ayant une portée de 13 mètres et que nous pouvons donner comme exemple d'un appentis composé d'un nombre quelconque de pannes. Chacun d'eux est formé d'un demi-arc rappelant la demi-anse de panier et composé de cinq planches solidement maintenues par une série de boulons. Le

système des moises pendantes déjà examiné est encore applicable. En résumé, cet appentis n'est autre chose que la demi-ferme représentée (fig. 668). Le nombre des pannes est évidemment quelconque, puisqu'il est très facile de les augmenter en ajoutant une série de moises pendantes. Les arbalétriers sont prolongés en queue de vache de manière à former, en avant du poteau soutenant l'appentis, un petit auvent ayant une saillie de 2<sup>m</sup>,50 et sous lequel on pourra abriter certaines marchandises.

La portée d'axe en axe des fermes pour ce genre de combles peut varier de 4 à 5 mètres.

#### 7° PRINCIPAUX ASSEMBLAGES DES COMBLES A DEUX VERSANTS ÉGAUX

**463.** Les divers exemples que nous avons étudiés pour les combles à deux versants égaux ne permettant pas d'indiquer, sur les ensembles, certains détails d'assemblages qu'il est utile de connaître, nous croyons utile de les placer ici.

**464.** *Assemblages d'arbalétriers et d'entrails.* — La figure 470 donne en I, II, III, IV, les divers moyens que le constructeur peut employer pour assembler un arbalétrier A avec un entrait E. En I, la figure 670 montre l'assemblage d'entrait avec arbalétrier à l'aide d'un *embrèvement ordinaire* ; en II, un assemblage des deux mêmes pièces à l'aide d'un *embrèvement couvert* ; en III, l'assemblage à *double embrèvement* qu'il faut employer lorsque l'angle formé par les deux pièces A et E est très aigu ; enfin, en IV, l'assemblage connu sous le nom de *tenon en recul*.

Pour maintenir ces assemblages, on met des ferrures qui peuvent, comme le montre la figure 670 en V et VI, être de deux espèces : soit un simple boulon B, représenté en V (fig. 670), traversant les deux pièces et dont l'écrou inférieur est logé dans une encoche faite à la demande, soit un étrier F représenté en VI (fig. 670), la partie inférieure de cet étrier étant logée dans une encoche faite dans l'entrait.

La figure 671 donne un exemple de l'assemblage d'un arbalétrier et d'un entrait dans des conditions spéciales. Dans cet

exemple, l'entrait est formé de deux moises, ce qui permet de faire passer, entre ces deux moises, une certaine partie de l'é-  
 paisseur de l'arbalétrier, puis de faire, sur chacune des pièces formant moise, un assemblage à double embrèvement, l'angle

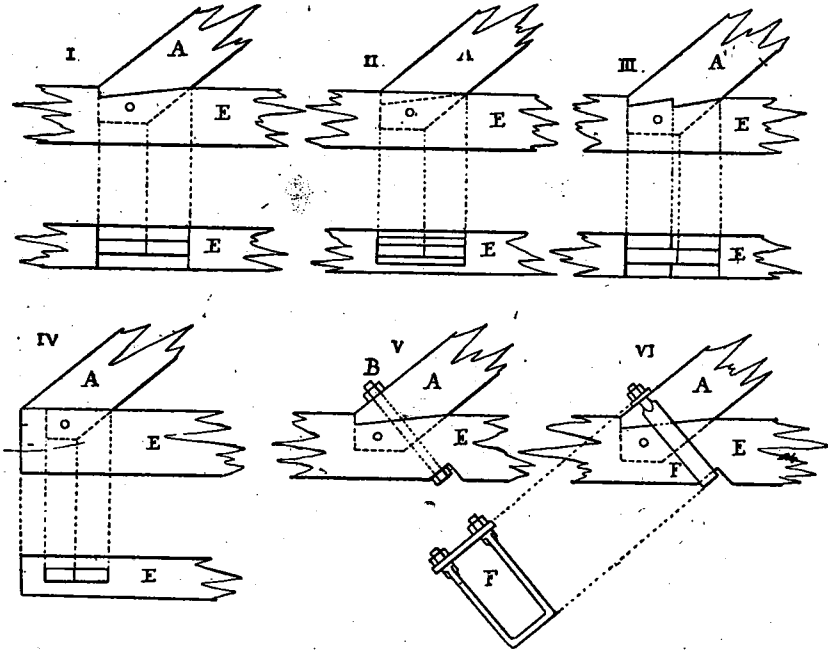


Fig. 670.

de l'arbalétrier et de l'entrait étant très aigu. Comme l'arbalétrier vient buter dans

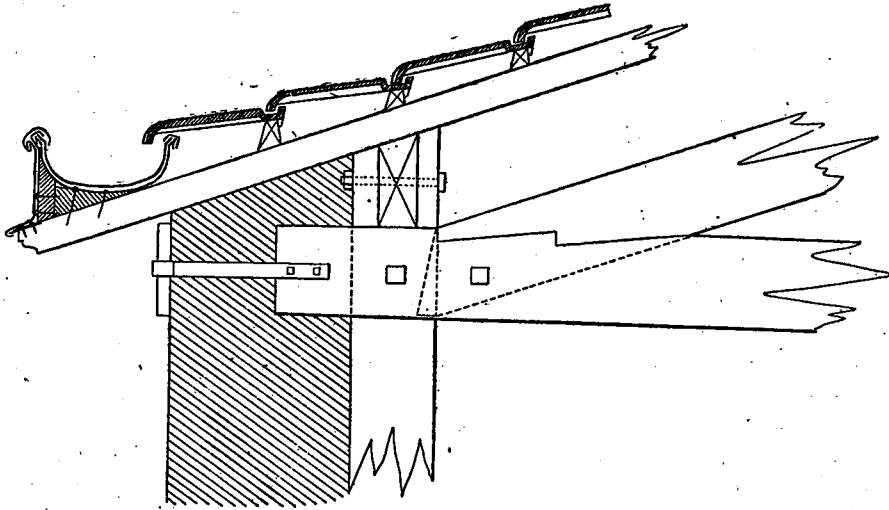


Fig. 671

le poteau, on en profite encore pour faire un embrèvement à l'extrémité de l'arbalétrier et le fixer ainsi sur le poteau. Cet assemblage est très bon et devra être em-

ployé quand on le pourra; il faut avoir soin d'y ajouter, comme dans les exemples

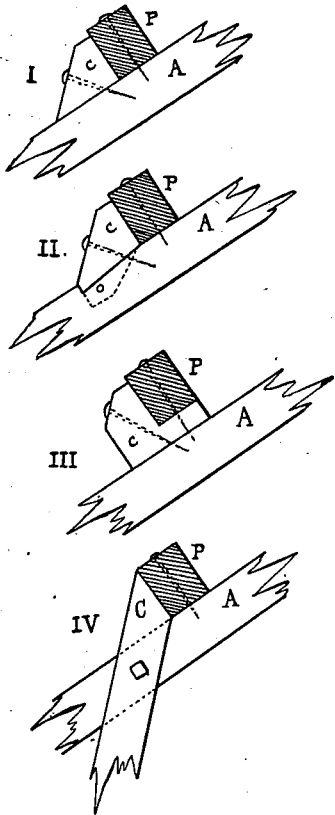


Fig. 672.

précédemment cités, les ferrures néces-

saires. Le poteau est prolongé au delà de l'entrait, ce qui permet d'y faire l'assemblage de la première panne jouant ici le rôle de sablière et servant à maintenir les chevrons. Le poteau est entaillé de manière à laisser passer cette panne. Les deux pièces sont maintenues en place par un fort boulon.

**465. Moyens de fixer les pannes sur les arbalétriers.** — La figure 672 nous montre, en I, II, III, IV, les différents moyens pour soutenir, dans les combles en bois, les pannes sur les arbalétriers. Le moyen le plus simple consiste à donner à l'échantignole la forme représentée en I (fig. 672) et, après l'avoir placée contre la panne, à la maintenir en place à l'aide d'un grand clou *c*; c'est le procédé le plus généralement suivi. Dans les charpentes soignées et lorsque les pannes sont hautes, pour éviter le renversement, on prend la disposition représentée en II (fig. 672). L'échantignole a la même forme qu'en I, plus un embrèvement et un chevillage. Quand, pour une raison quelconque, il y a nécessité d'augmenter la hauteur de la panne sans, toutefois, exagérer son équarrissage, on se sert alors de la disposition représentée en III (fig. 672). Comme on le voit, l'échantignole a une forme spéciale; elle est fixée sur l'arbalétrier à l'aide d'un grand clou. Enfin, nous voyons en IV, une quatrième disposition dans laquelle l'échantignole est supprimée et où une contrefiche *C* fait l'office de cette dernière

Coupe *CD*.

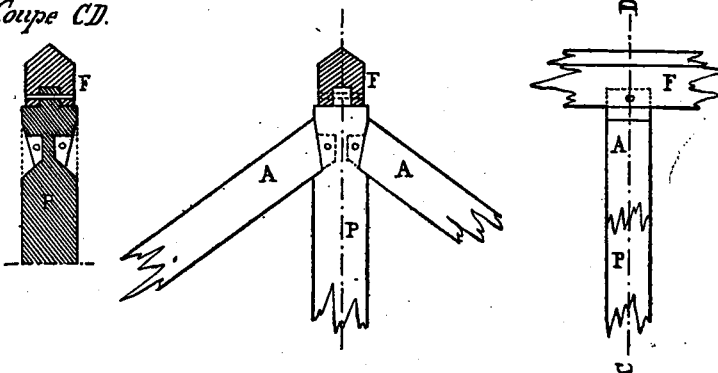


Fig. 673.

pièce. Au lieu d'être une contrefiche, on peut se servir, comme nous l'avons déjà

vu, de moises pendantes comme échanti-  
gnoles.

466. *Assemblages d'arbalétriers, de  
poinçons et de pannes de faitage.*— La fi-  
gure 673 donne un exemple de l'assemblage  
des arbalétriers et de la panne de faitage  
dans le poinçon.

Les deux arbalétriers A s'assemblent  
dans le poinçon à l'aide d'embrèvements  
qu'il est facile de comprendre à la seule

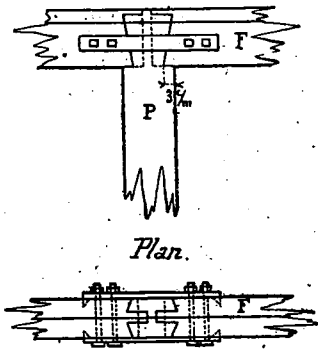


Fig. 674.

inspection de la figure. Lorsque l'angle  
formé par l'arbalétrier et le poinçon est  
très aigu, ou lorsque le comble doit  
porter une grande charge, par exemple  
quand le poinçon soutient un faux plan-  
cher, on peut alors faire un double em-  
brèvement.

Le faitage F est assemblé sur le poin-  
çon à l'aide d'un simple tenon exécuté à  
l'extrémité du poinçon et venant se pla-  
cer dans une mortaise réservée dans la  
panne de faitage. Une forte cheville  
maintient le tout en place.

L'assemblage du faitage et du poinçon

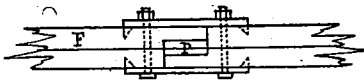


Fig. 675.

peut encore s'exécuter comme l'indique la  
figure 674, lorsque la panne de faitage est  
en deux morceaux. Dans ce cas, l'extré-  
mité du poinçon est taillée en forme de  
queue d'hirondelle et chaque extrémité de

la panne de faitage porte un tenon qui,  
comme le montre bien le plan, se place fa-  
cilement dans le poinçon. Ces trois pièces,  
le poinçon et les deux bouts de panne de  
faitage, sont solidement maintenues par  
deux plates-bandes en fer fixées à l'aide  
de quatre boulons.

On peut aussi se servir de la disposition  
représentée en plan (fig. 675) dans laquelle  
le poinçon forme tenon et où les deux  
extrémités de la panne de faitage rap-  
pellent l'assemblage à mi-bois.

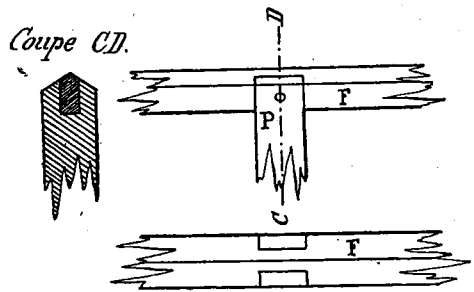


Fig. 676.

On peut aussi prendre l'assemblage à  
enfournement représenté (fig. 676).

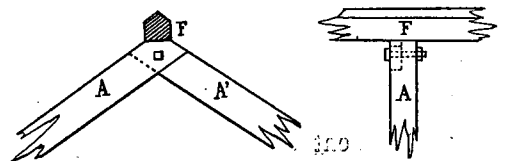


Fig. 677.

Un assemblage simple de deux arbalé-  
triers entre eux, lorsqu'il n'y a pas de

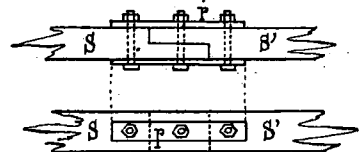


Fig. 678.

poinçon, est indiquée (fig. 677) : c'est un  
assemblage à mi-bois maintenu par un  
boulon.



**467. Rencontre de deux sablières.** — La figure 678 donne la disposition de l'assemblage de deux bouts de sablière : c'est, comme on le voit, un assemblage à mi-bois en bout, maintenu par deux plates-bandes.

**468. Assemblage des chevrons sur les pannes.** — Lorsque les chevrons passent sur les pannes, on les y fixe au moyen de clous. Lorsque la longueur est grande, il y a nécessité de prendre plusieurs longueurs

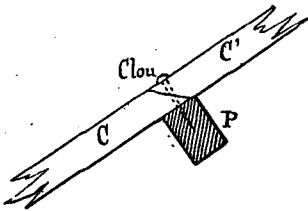


Fig. 679.

de chevrons. L'assemblage sur la panne se fait alors comme le montre le croquis (fig. 679). Chacun des chevrons est taillé en biseau et un seul clou les maintient fixés sur la panne.

**469. Assemblage des chevrons sur la panne de faitage.** — La figure 680 donne les deux assemblages employés pour fixer les chevrons sur la panne de faitage. Dans le premier cas, les chevrons sont coupés en biseau et se joignent sur l'axe de la panne de faitage; un clou dans chaque chevron le maintient sur cette panne. Dans le deuxième exemple, les chevrons



Fig. 680.

se doublent en face de la panne de faitage et sont reliés entre eux, soit par un clou, soit par une cheville ou un petit boulon.

**470. Assemblages de deux morceaux de panne.** — Lorsque les pannes sont en deux morceaux, l'assemblage se fait sur l'arbalétrier comme le montre en plan le croquis (fig. 681). Les deux

morceaux de pannes sont maintenus par des plates-bandes. En *e*, la figure montre la position en plan de l'échantignole.

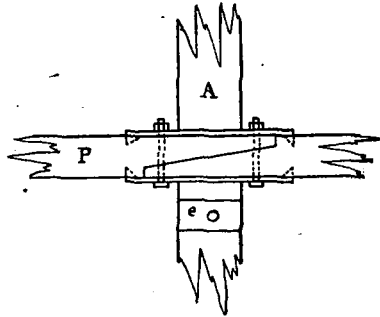


Fig. 681.

**471. Assemblage des moises.** — La figure 682 rappelle les diverses dispositions à employer pour les moises. D'après ce

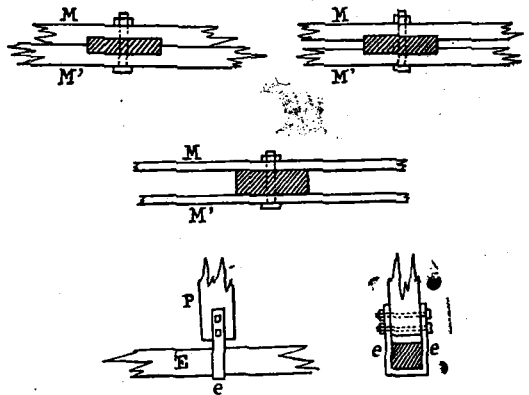


Fig. 682.

qui a été dit dans l'étude des assemblages, il est inutile de nous y arrêter,

**472. Assemblage de l'entrait et du poinçon.** — La figure 682 montre comment on peut assembler le poinçon avec l'entrait en se servant d'un étrier *e*.

**473. Assemblage des aisseliers avec le poinçon et la panne de faitage.** — Pour terminer ces quelques renseignements sur les assemblages, nous donnons (fig. 683) le moyen le plus souvent employé pour assembler les aisseliers avec la panne de faitage et le poinçon. La figure fait très

facilement comprendre la disposition à adopter :

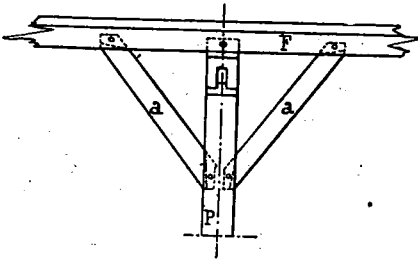


Fig. 683.

### Comble à deux versants inégaux. — Étude des sheds.

#### DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES

**474.** Les combles connus sous le nom de *sheds* et dont la forme schématique est représentée en croquis (fig. 684), ont pris naissance en Angleterre. Leur ensemble représente, en coupe transversale, la même disposition que les dents d'une scie, d'où le nom de *combles en dents de scie*, qu'on leur donne quelquefois.

Le problème à résoudre, en se servant de cette forme qui, au premier abord paraît bizarre, est d'augmenter la quantité de lumière qui arrive dans un atelier et d'éviter, en exposant la partie vitrée du côté du nord, la trop grande vivacité des rayons lumineux venant d'un autre point du ciel. Les rayons du soleil n'entrant jamais dans l'atelier, l'éclairage est toujours donné par une lumière diffuse, ce qui assure la régularité et la constance de l'éclairage.

Ces combles, primitivement employés pour les tissages mécaniques où le jour doit avoir une direction donnée, sont aujourd'hui appliqués avec succès à un grand nombre d'ateliers où ils rendent de véritables services.

Le principe de leur construction est simple. Il consiste à diviser la surface à couvrir en une série de bandes égales et parallèles dirigées de l'est à l'ouest, puis à recouvrir ces bandes avec des combles à pans dissemblables dont le côté qui regarde le nord sera seul muni de jours. Ces

combles se composeront donc de deux longs pans d'inégale largeur et de pentes inégales dont le plus petit et le moins incliné devra toujours être tourné vers le nord et être formé par la plus grande quantité de vitrage possible. Cette surface de vitrage doit être assez grande pour que les rayons lumineux puissent arriver à toutes les parties du métier, si c'est un tissage, ou de la machine, si c'est un atelier.

On a cherché à donner la position verticale au petit versant; mais, comme les

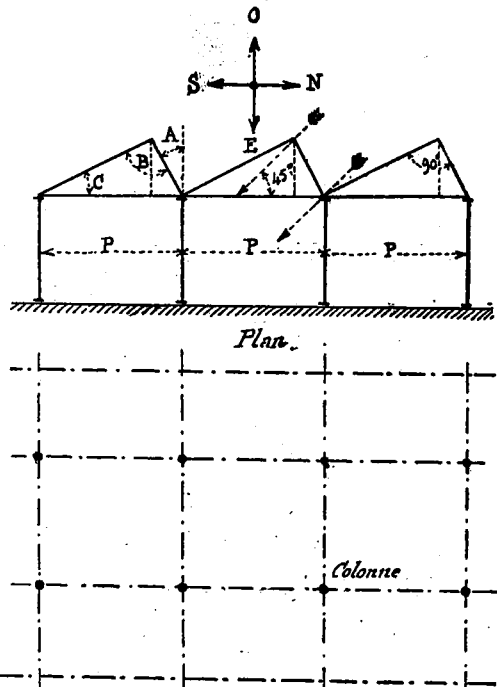


Fig. 684.

rayons lumineux tombent obliquement, il est de beaucoup préférable de l'incliner d'un certain angle.

**475. Principales données applicables aux combles-sheds.** — Dans ce genre de comble, on adopte assez généralement pour l'angle A (fig. 684) une valeur de quinze à vingt degrés. L'angle B est presque toujours de quatre-vingt-dix degrés. Enfin, l'angle C est donné par la nature de couverture adoptée.

**476. Observations.** — On admet, pour l'étude et l'éclairage des sheds, que les

rayons du prisme lumineux font un angle de quarante-cinq degrés avec l'horizontale.

La portée des sheds ne peut atteindre de grandes dimensions à cause de l'éclairage qui ne serait plus suffisant et qui forcerait à donner une grande hauteur au petit versant. Les bonnes portées restent dans les limites de 5 à 10 mètres.

Dans l'étude des sheds, on a cherché plusieurs dispositions tendant à éviter, en été, l'élévation trop grande de température pouvant nuire à certaines industries. On s'est alors servi de différentes matières emprisonnées entre deux voligeages jointifs placés de chaque côté des pannes, l'un en dessus, l'autre en dessous, puis on remplissait l'intervalle avec de la sciure de bois, du tan ou toute autre matière.

Il y avait certains inconvénients à ce procédé par suite des trépidations produites par les transmissions de l'atelier. Toute la sciure et le tan se tassaient et venaient s'accumuler dans la partie basse du grand rampant. On a été alors obligé de les diviser par compartiments, d'où complications. On a aussi employé double plafond et double vitrage avec coussin d'air entre les deux, et encore bien

d'autres dispositions suivant les besoins des diverses industries.

Lorsqu'on se sert de sciure de bois, il faut éviter l'emploi de la couverture en ardoises ou en carton bitumé, matières qui laissent facilement passer l'humidité. On devra recourir à la couverture en zinc ou, mieux, à la couverture en tuiles placonnées en dessous avec couche d'air d'isolement pour éviter la trop grande chaleur ou le trop grand refroidissement.

La partie vitrée étant exposée au nord, c'est-à-dire subissant tous les désagréments de cette exposition, le constructeur devra prendre toutes les précautions pour éviter les infiltrations par les châssis vitrés.

L'éclairage spécial des combles en forme de sheds n'exclut pas les ouvertures dans les murs longitudinaux ou transversaux. On fera bien cependant de les éviter autant que possible, surtout du côté de l'ouest, où les pluies amèneraient de l'humidité dans les ateliers.

#### DISPOSITIONS DIVERSES DES COMBLES EN FORME DE SHEDS

- 1° *Combles en forme de sheds sans pannes*  
**477.** La disposition la plus simple

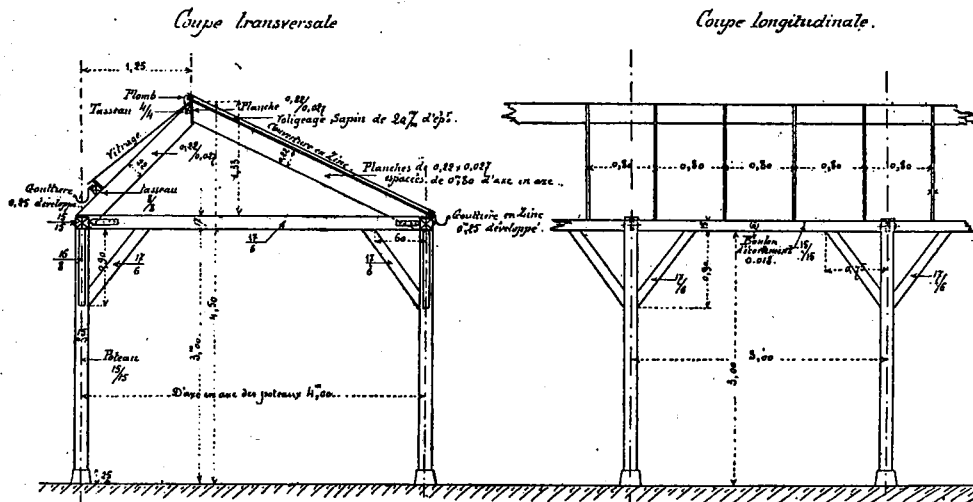


Fig. 685.

d'un shed est représentée en croquis (fig. 685). Il se compose d'une série de coupe transversale et coupe longitudinale | planches de 0<sup>m</sup>,22 de largeur et 0<sup>m</sup>,027

d'épaisseur, espacées entre elles de 0<sup>m</sup>,80 d'axe en axe.

Ces planches sont fixées à la partie supérieure sur une autre planche ayant les mêmes dimensions et servant, pour ainsi dire, de panne de faitage. Le petit versant est également formé par des planches ayant les mêmes dimensions, fixées en haut dans la planche de faitage et en bas dans une sablière assemblée sur les poteaux.

La couverture est faite en zinc avec bandes de plomb à la partie supérieure se rabattant sur le vitrage. Pour recevoir le zinc, on a disposé, sur la série de planches formant chevrons, un voligeage jointif en planches de sapin de 20 milli-

mètres d'épaisseur. Les poteaux sont espacés de 3<sup>m</sup> d'axe en axe et ont une hauteur de 3<sup>m</sup>.

Pour maintenir invariable l'écartement entre les deux sablières, on place un boulon d'écartement de 0<sup>m</sup>,018 de diamètre au milieu de leur portée. Les poteaux portent les contrefiches nécessaires pour assurer une bonne stabilité. Deux gouttières en zinc de 0<sup>m</sup>,25 de développement sont placées de chaque côté et assurent un écoulement à l'eau de pluie.

2° Autre disposition des combles précédents.

478. Une autre disposition de shed sans pannes est représentée en croquis (fig. 686). Les différentes fermes sont for-

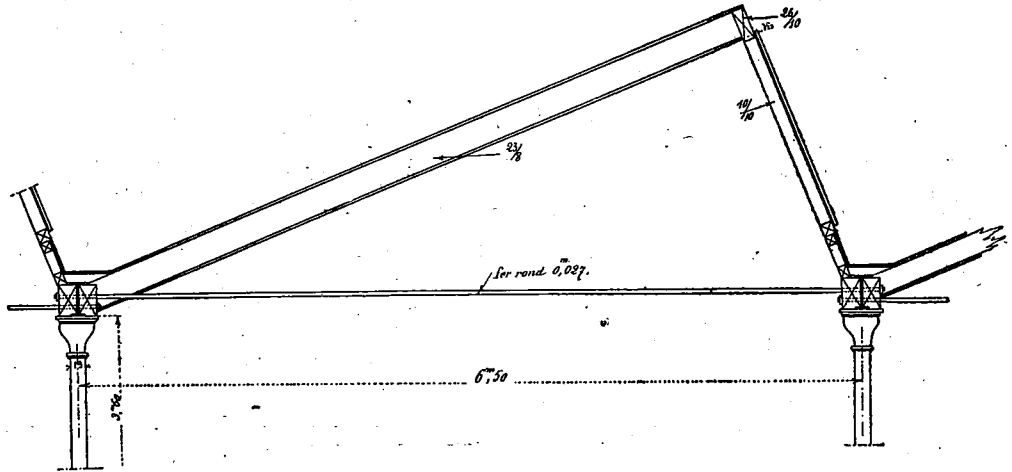


Fig. 686.

mées par des chevrons ayant les dimensions du madrier du commerce, soit 23/8, et sont espacées de 0<sup>m</sup>,55 d'axe en axe.

Ces chevrons sont voligés en dessus et en dessous par des planches jointives laissant libre toute la hauteur des chevrons. C'est entre ces deux voligeages que les constructeurs placent quelquefois de la sciure de bois ou toute autre matière.

La sablière, sur laquelle reposent ces chevrons, a une forme spéciale que nous voyons dans le détail représentée (fig. 687). Elle est formée d'un fer I de 0<sup>m</sup>,26 de hau-

teur, doublé de chaque côté de deux pièces de bois de 25/15 d'équarrissage.

La disposition du chéneau en fonte du système Bigot-Reneaux est clairement indiquée dans la figure 687. Du côté du vitrage, une bande de plomb ou de zinc se rabat sur le chéneau pour assurer l'étanchéité.

La disposition de la partie vitrée n'a rien de spécial. Les fers à vitrages du commerce employés sont vissés en haut dans une panne de faitage de 23/10 d'équarrissage et en bas sur une autre pièce de

bois de forme carrée recevant les chevrons du petit rampant du shed. Sous cette pièce de bois, il en existe une autre vrons du petit rampant du shed. Sous d'un équarrissage plus petit, 8/8, qui sert

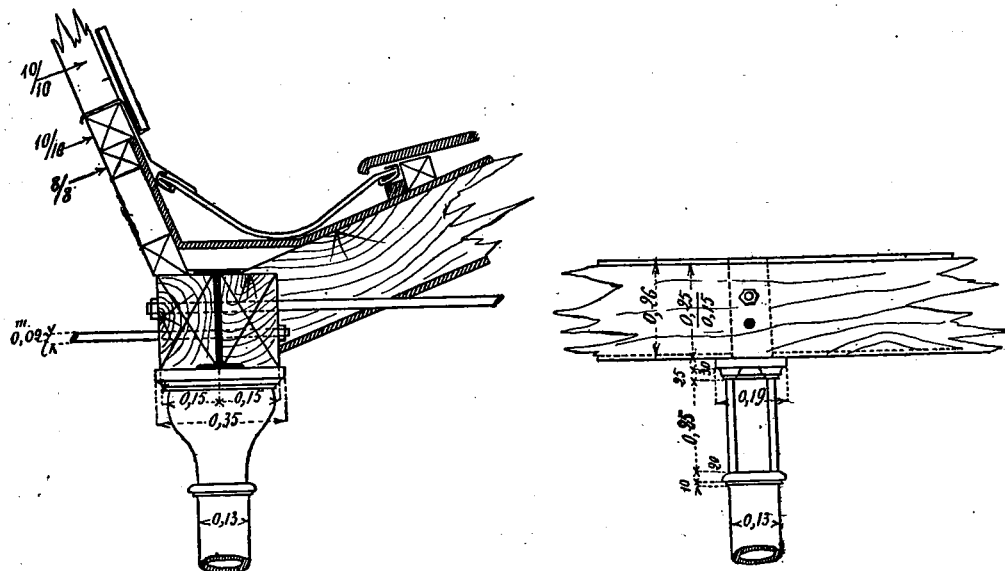


Fig. 687.

à recevoir le dessous du chéneau, lequel est formé par des planches de 0<sup>m</sup>,02 d'épaisseur. La même figure montre comment se fait la rencontre du chéneau avec

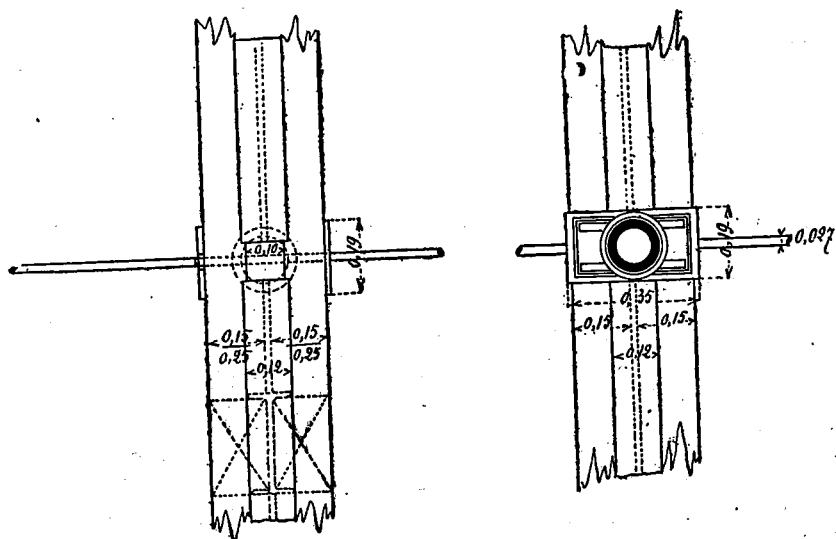


Fig. 688.

la première tuile. La figure 688 donne la vue en dessus et en dessous de la sablière

avec l'indication en plan de la colonne en fonte qui reçoit cette sablière.

Les pièces de bois parallèles au fer à vitrage et ayant un équarrissage de 10/10 sont espacées de 2 en 2 mètres d'axe en axe. De forts boulons de 0<sup>m</sup>,027 de diamètre maintiennent l'écartement des sablières ; ces boulons sont espacés de 3 mè-

tres d'axe en axe. La portée d'axe en axe des colonnes est de 6<sup>m</sup>,50.

### 3° Combles en forme de sheds avec pannes.

**479.** La disposition d'un shed avec pannes (une ou deux) est représentée en croquis (fig. 689). Chaque ferme se compose d'un arbalétrier de 0<sup>m</sup>,20 sur 0<sup>m</sup>,07

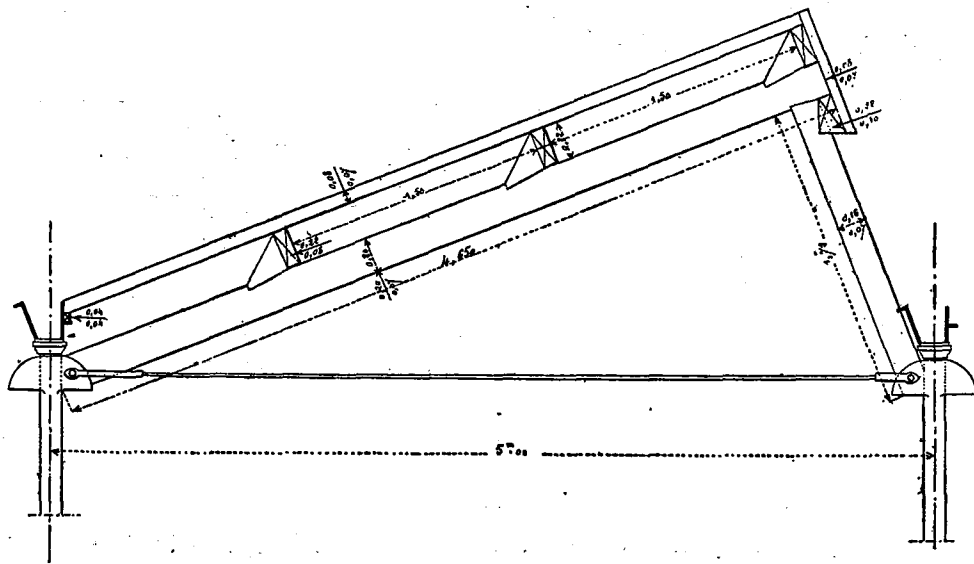


Fig. 689.

assemblé à sa partie inférieure dans une alvéole réservée dans la colonne en fonte et à la partie supérieure avec une autre pièce de 16/7 formant le petit versant du shed. Sur cet arbalétrier, sont placées les pannes qui ne sont autre chose que des madriers du commerce maintenus par des échantignoles. Sur ces pannes, reposent des chevrons de 8/7 d'équarrissage fixés en bas sur un tasseau de 4/4 fixé sur une nervure venue de fonte avec le chéneau et à la partie haute sur la panne de faitage. La figure 690 donne en coupe, verticale, les dimensions de la colonne en fonte.

L'écartement de ces colonnes est rendu invariable par un tirant en fer rond de 0<sup>m</sup>,03 de diamètre.

La portée de ce shed est de 5 mètres. La distance d'axe en axe des fermes est de 4 mètres.

### 4° Autre disposition des combles précédents.

**480.** La figure 691 nous donne une autre disposition d'un shed en bois avec deux pannes, un chéneau et des colonnes en fonte. La disposition est simple et facile à comprendre. Les pannes sont soutenues par des contrefiches venant reposer sur des nervures réservées sur les colonnes. La distance d'axe en axe des fermes est de 4 mètres et la portée du shed est de 5 mètres. Dans cet exemple, nous avons indiqué en détail la disposition des tuiles, du chéneau et du vitrage servant à l'éclairage de l'atelier. Les bois employés sont en grande partie les bois de dimensions commerciales.

### 5° Disposition d'un shed à trois pannes.

**481.** La figure 692 nous montre un type

de shed de 10<sup>m</sup>,00 de portée dans lequel toutes les pannes sont bien soutenues. Comme la portée de l'entrait est relativement grande, on a placé un boulon de 0<sup>m</sup>,015 de diamètre pour soulager cette portée.

Ce shed est très bien étudié et se comprend très facilement à la seule inspection de la figure. Sur la même coupe, nous avons indiqué les bois nécessaires pour disposer un revêtement en planches, représenté

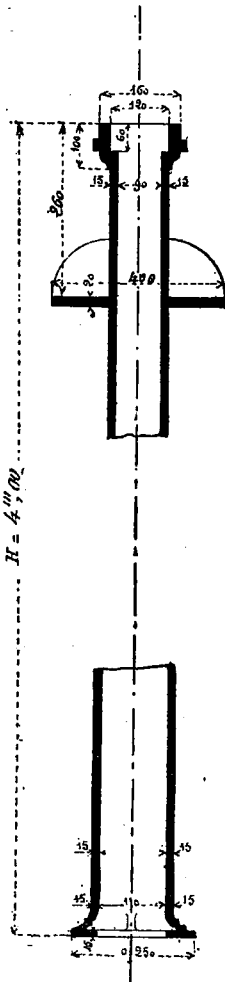


Fig. 690.

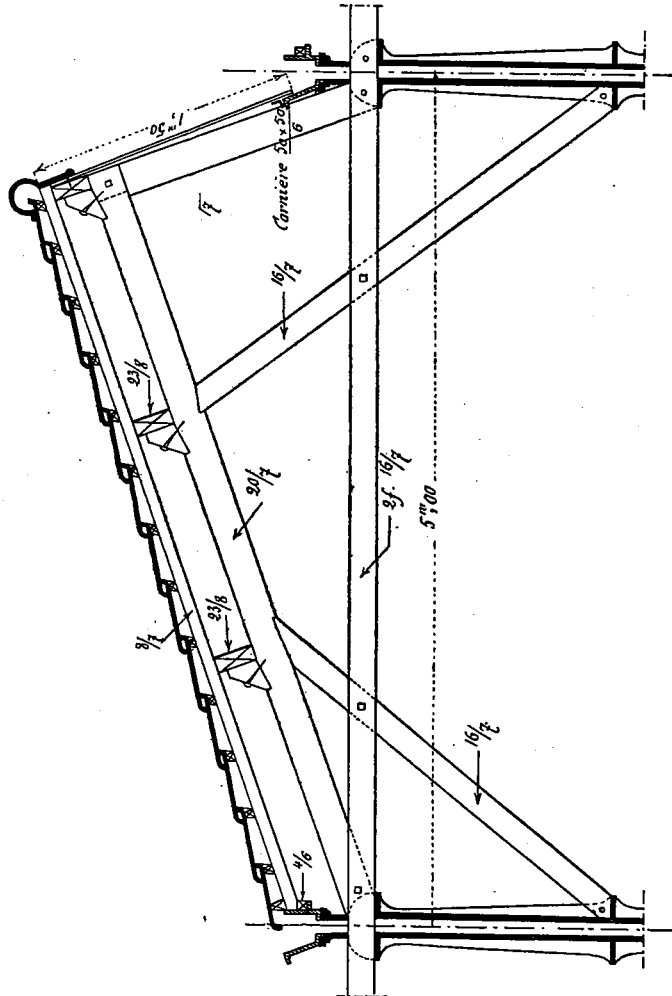


Fig. 691.

dans la partie droite de la figure. Comme ce shed sert pour un atelier où l'éclairage n'a pas besoin d'être très grand, mais où il fallait éviter le soleil, on remarquera que la partie vitrée paraît assez réduite. Si, pour une cause quelconque, on voulait l'augmenter, il suffirait d'enlever le chevronnage placé sur le petit versant.

L'écartement d'axe en axe des fermes est de 4<sup>m</sup>,00.

6° *Shed de forme spéciale placé contre un mur mitoyen.*

482. La figure 693 nous montre le cas particulier d'un shed de 11<sup>m</sup>,50 de portée placé contre un mur mitoyen. Comme

nous le savons, le mur étant mitoyen, on ne doit pas prendre de jour à moins d'une distance de 2<sup>m</sup>,00 de ce mur ; c'est ce qui explique la disposition adoptée. Il a fallu reculer le vitrage pour avoir, du mur mitoyen au pied de ce vitrage, la distance réglementaire de 2<sup>m</sup>,00. Le reste de la disposition est facile à comprendre. La ferme est en effet formée par un entrait et deux arbalétriers dont l'un est prolongé et vient former abri pour le vitrage et dont l'autre sert en même temps de contre-fiche. Le milieu de l'entrait est soulagé par un boulon en fer rond de 0,025 de diamètre.

Ce shed, d'une portée de 11,50, mais qui peut facilement se réduire à 10<sup>m</sup>,00, montre, à la droite de la figure, la disposition d'un petit auvent ayant 2<sup>m</sup>,00 de portée.

La distance d'axe en axe des fermes est de 4<sup>m</sup>,00.

7° Autre disposition du shed précédent.

**483.** Les figures 694 et 695 nous montrent une autre disposition de shed en bois d'une forme spéciale avec partie vitrée et lanterneau à la partie supérieure, disposition qu'on pourra employer dans un atelier où il y aura des fumées ou d'autres produits ayant besoin d'une ventilation quelconque.

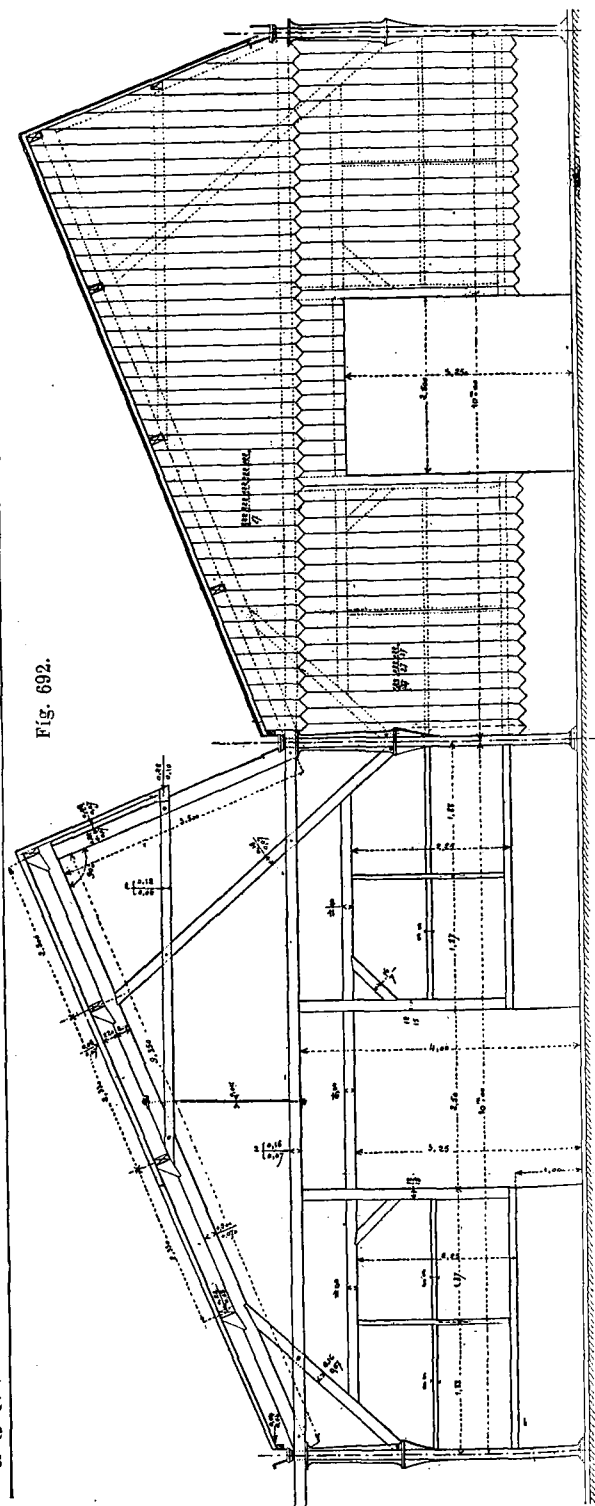
La ferme est formée d'un entrait composé de deux pièces, de deux arbalétriers et d'un poinçon.

L'arbalétrier de droite est, comme dans le cas précédent, prolongé pour venir soutenir la partie haute du petit versant du shed.

L'installation du lanterneau se comprend facilement à la seule inspection de la figure.

Des lames de persiennes, dont on pourra régler à volonté l'ouverture, permettent d'obtenir une plus ou moins grande section pour le passage de l'air vicié. La portée de ce shed est de 8<sup>m</sup>,00 et la distance d'axe en axe des fermes est de 5<sup>m</sup>,00.

Les chevrons ayant une portée un peu plus grande que dans les cas ordinaires ont une section un peu plus forte. La coupe longitudinale montre la disposition des contrefiches.





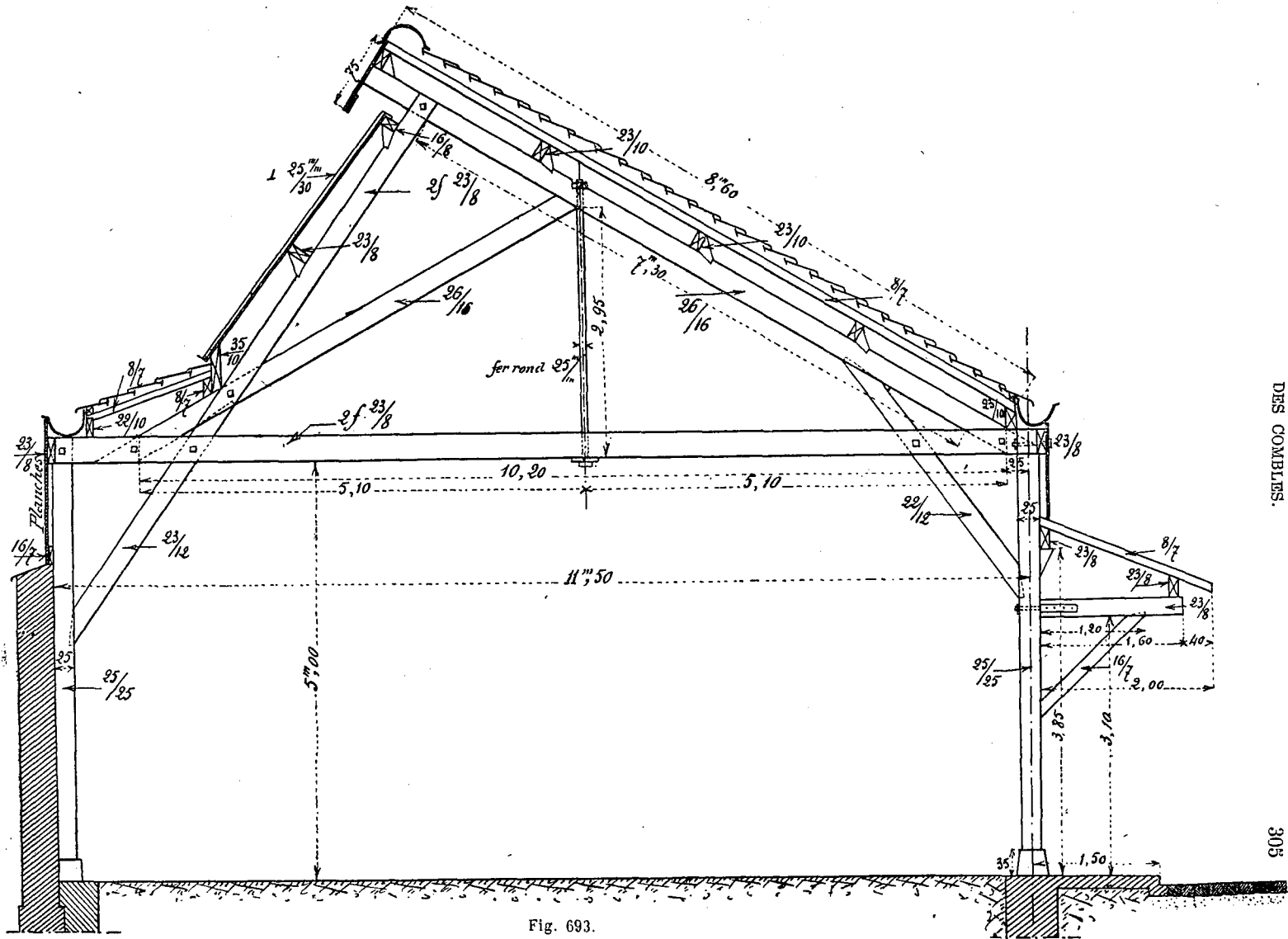


Fig. 693.





## 8° Shed en bois sur poteaux.

484. La figure 696 nous donne le type d'un shed tout en bois, de 12<sup>m</sup> de portée et monté sur poteaux également en bois au lieu de colonnes en fonte, comme nous l'avons vu précédemment. La ferme se compose :

1° D'un entrait en deux pièces formant moises ayant 23/8 d'équarrissage ;

2° D'un faux entrait soutenant l'arbalétrier en son milieu et aussi le vitrage qui a une longueur de 3<sup>m</sup>,10 ;

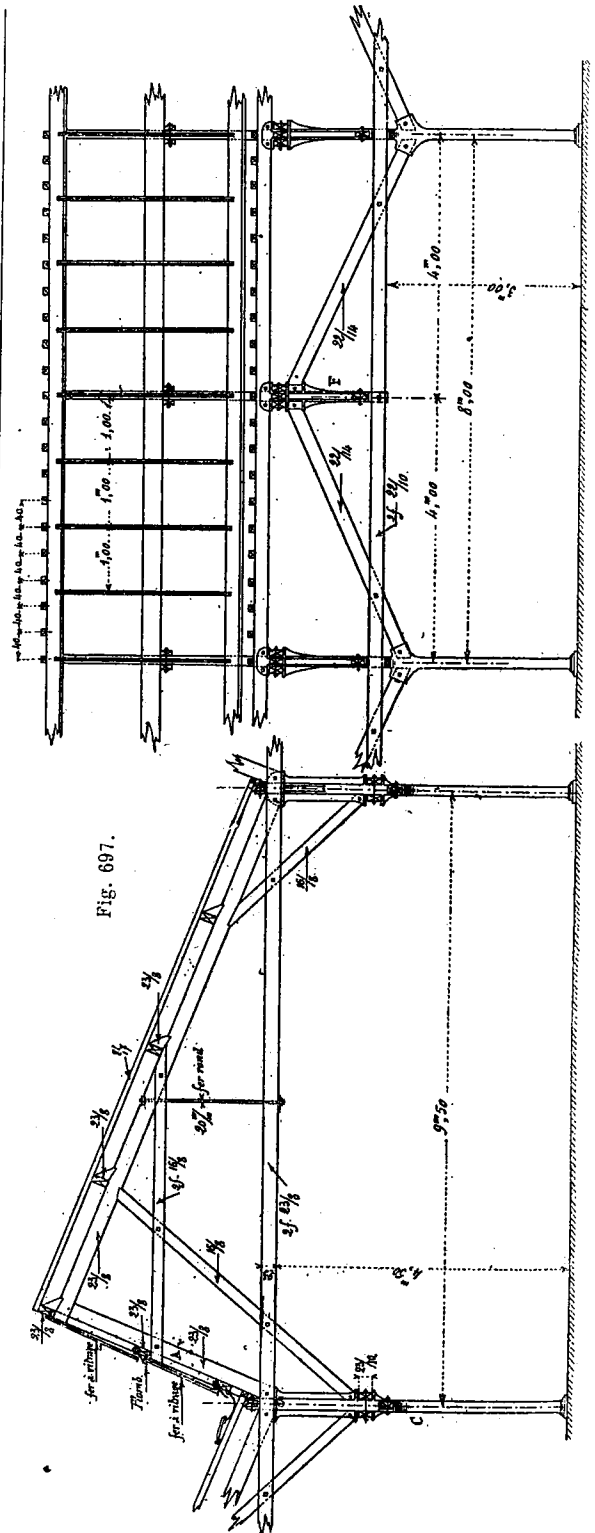
3° De deux arbalétriers, l'un pour le petit versant avec un équarrissage de 23/12 ; l'autre pour le grand versant, avec un équarrissage de 26/16 ;

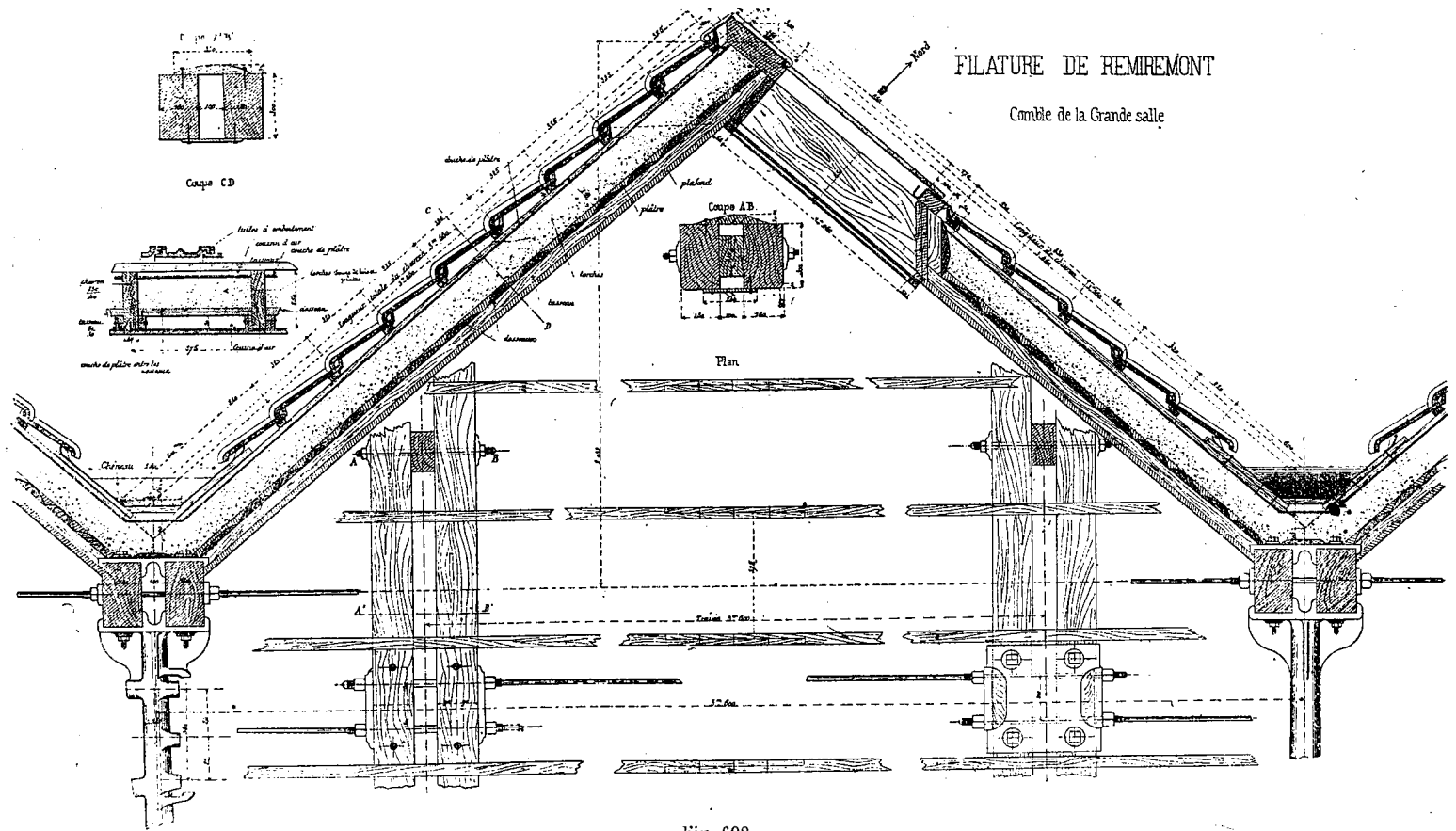
4° De deux contrefiches reportant la charge de l'arbalétrier sur les deux poteaux.

L'entrait ayant une assez grande longueur est soutenu en son milieu par un boulon de 25 millimètres de diamètre. Le chéneau en fonte, du système Bigot Renaux, est soutenu, sur toute sa longueur, par deux madriers qui s'assemblent dans l'entrait et dont la portée est soulagée par une contrefiche venant s'assembler dans les poteaux.

Afin de bien abriter le vitrage, on prolonge l'arbalétrier du grand versant et, sur la dernière panne placée à l'extrémité de cet arbalétrier, on cloue une série de planches *P*. Ces planches sont en bois brut de 0<sup>m</sup>,027 d'épaisseur avec des couvre-joints de 0<sup>m</sup>,04 de largeur. Afin de bien retenir la lisse *L*, placée au bas des planches pour bien les maintenir, il faut prévoir des pattes placées de distance en distance et destinées à retenir la lisse en la fixant sur la panne voisine. Les fers à vitrage employés ont une hauteur de 0<sup>m</sup>,030 et une largeur de 0<sup>m</sup>,025. Ce sont des fers à simple T vissés sur les trois pannes destinées à les porter.

Le constructeur devra prévoir, dans le plan de l'arbalétrier du petit versant, un contreventement longitudinal formé par des croix de Saint-André allant d'une ferme à l'autre et assemblées à mi-bois au point de rencontre. Cette charpente est couverte en tuiles à emboîtement avec pente de 0<sup>m</sup>,40 par mètre. La distance d'axe en axe des fermes est de 4<sup>m</sup>,25.





FILATURE DE REMIREMONT  
Comble de la Grande salle

Fig. 698.

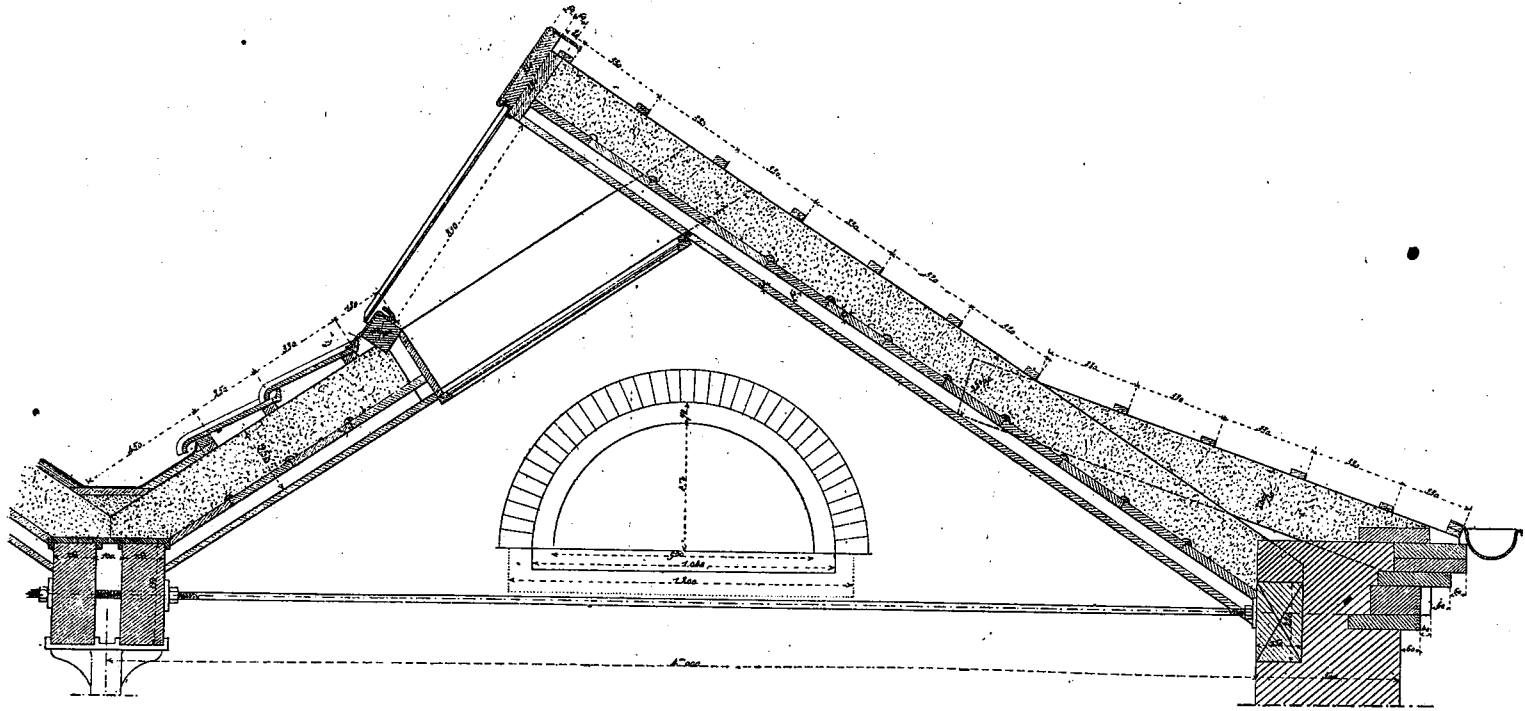


Fig. 699.

9° *Shed en bois sur colonnes spéciales en fonte.*

**485.** La figure 697 montre en croquis la coupe transversale et la coupe longitudinale d'un shed de 9<sup>m</sup>,50 de portée dont la ferme est construite en bois et repose sur des colonnes en fonte d'une forme spéciale appropriée aux exigences de la forme adoptée. La disposition de la ferme est la même que dans l'exemple précédent et n'a rien de spécial. Le vitrage est en deux morceaux. Des bandes de plomb, fixées sur les pannes soutenant le vitrage, empêchent l'eau de rentrer dans l'atelier. Ce comble est couvert en tuiles à emboîtement avec une pente de 0<sup>m</sup>,40 par mètre. La distance d'axe en axe des fermes est de 4<sup>m</sup>,00. Il faut également prévoir un contreventement longitudinal dans le plan de l'arbalétrier A. La coupe longitudinale nous montre le cas d'une ferme ne reposant pas sur colonne, exemple que nous avons déjà rencontré plusieurs fois. Cette ferme intermédiaire est portée sur une pièce spéciale en fonte *F* soutenue par des contrefiches en bois venant se fixer dans des alvéoles réservées à cet effet dans les colonnes en fonte.

Cette coupe longitudinale est faite en avant de la colonne *C* afin de bien montrer la disposition du vitrage dont les fers sont espacés de 1<sup>m</sup>,00 pour recevoir des glaces.

10° *Sheds en bois employés pour tissages et filatures.*

**486.** Dans les divers exemples examinés précédemment, nous n'avons pas parlé des précautions à prendre pour obtenir, dans l'atelier, une chaleur constante, ou, autrement dit, nous n'avons pas indiqué ce qu'il fallait faire pour éviter la trop grande chaleur et le trop grand froid. Dans les tissages et dans les filatures, c'est une question très importante qu'il faut étudier avec soin.

Nous donnons (*fig.* 698 et 699) deux exemples de combles employés dans les établissements de ce genre. Dans la figure 698, la ferme est formée par une série de chevrons d'un équarrissage de 250/40, comme le montre la coupe CD, et espacés entre eux de 0,575 d'axe en axe.

Entre ces chevrons, assemblés à leur partie inférieure sur deux poutres ou sablières longitudinales et à leur partie supérieure dans une panne de faitage, on fait une série de couches isolantes dont la coupe CD rend très bien compte. Sous ces chevrons, on cloue des lattes sur lesquelles on exécute un véritable plafond, puis on laisse un coussin d'air de 0,05 et, au-dessus de ce coussin, on cloue sur des tasseaux de 50/30 convenablement disposés, des dosseaux dont la forme est bien indiquée, dans la coupe transversale du comble. Afin d'égaliser la surface de ces dosseaux qui sont de formes très irrégulières, on place au-dessus une couche de plâtre. Puis sur une hauteur assez grande, on met un torchis formé de sciure de bois et de plâtre sur lequel on place encore une couche de plâtre, puis une deuxième couche d'air et, enfin, les tasseaux devant soutenir les tuiles à emboîtement.

L'éclairage est obtenu à l'aide d'un double vitrage emprisonnant entre les deux vitres une assez forte couche d'air isolante.

Le chéneau d'assez grandes dimensions est construit en zinc, la couverture est faite avec des tuiles à emboîtement.

La portée de ce comble est de 5<sup>m</sup>,60 d'axe en axe des colonnes en fonte.

Les deux coupes AB et A'B' montrent deux sections des sablières horizontales recevant les chevrons. La coupe AB fait voir la disposition de ces poutres à l'endroit où elles sont réunies par un boulon. Il faut alors mettre entre elles une forte cale en chêne. La coupe A'B' montre la coupe courante de ces deux sablières. Au-dessus, on voit la disposition des dosseaux maintenus par deux clous et, au-dessous, la disposition d'une latte maintenue également par deux clous et servant à faire le plafonnage ainsi qu'à boucher l'intervalle laissé entre ces deux pièces de bois.

L'invariabilité de l'écartement des colonnes est assurée par l'existence d'un tirant en fer rond.

La deuxième disposition représentée par la figure 699 est beaucoup plus simple. La figure 700 nous en montre les détails ainsi que la disposition du chéneau; elle donne une indication spéciale facilitant

la marche dans ce chéneau; la ferme

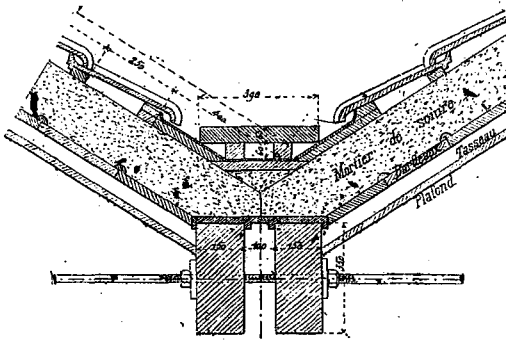


Fig. 700.

est formée de chevrons de 250/30 repo-

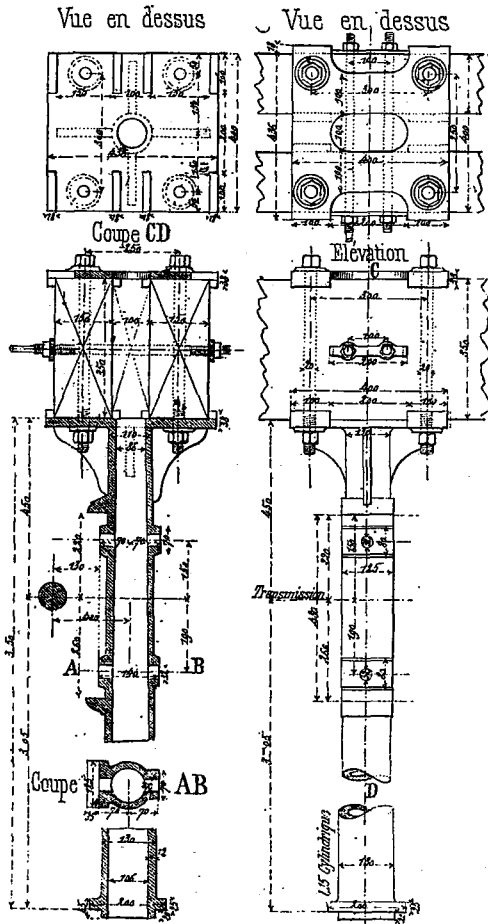


Fig. 701.

sant, à leur partie inférieure, sur une

poutre longitudinale. A la partie supérieure les chevrons se croisent et sont boulonnés ensemble. La couche isolante est formée d'un plafond, d'une couche d'air isolante et d'une forte couche de mortier de sciure posée sur bardeaux. Il existe aussi un double vitrage disposé comme dans l'exemple précédent. Les poutres longitudinales sont portées sur des colonnes en fonte de forme spéciale dont nous donnons les détails (fig. 701). La portée de ce comble est de 4 mètres.

L'invariabilité de l'écartement des colonnes est assuré par un tirant en fer rond boulonné dans les poutres.

11° Shed en bois avec petit versant placé verticalement.

487. La figure 702 donne un exemple d'un shed en bois de 5 mètres de portée dans lequel le petit versant est placé verticalement, disposition moins bonne que les précédentes. La ferme est très simple; elle se compose d'un entrain formé de deux

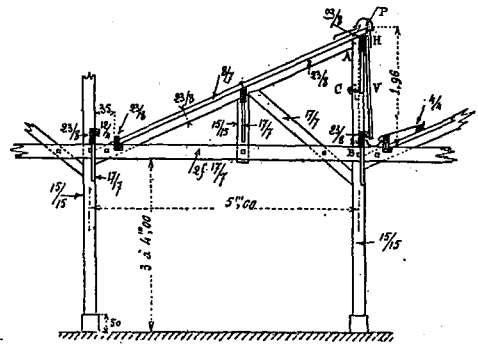


Fig. 702.

pièces, de deux arbalétriers dont l'un est placé verticalement, d'un poinçon et de contrefiches. A la partie supérieure de l'arbalétrier incliné, on place une planche P clouée sur les chevrons et sur les arbalétriers. Cette planche sert à fixer une bande de plomb de 2 millimètres d'épaisseur, venant se rabattre sur le vitrage. Ce vitrage V est formé par des fers T de 35/30 vissés en haut sur la panne et en bas sur un tasseau de 12/4. Ces fers reçoivent des verres striés de Saint-Gobain. Le contreventement est obtenu à l'aide de croix de Saint-André placées derrière le vitrage



dans le plan AB et reliées, en leur milieu, par un boulon réunissant les deux pièces assemblées à mi-bois. Le chéneau employé est en fonte et du système Bigot-Renaux. La couverture est faite en tuiles Müller à recouvrement. Dans ce cas particulier, le dessus des chevrons affleure le dessus de l'arbalétrier incliné. Le poinçon et les poteaux sont en chêne et le reste est en sapin. La distance d'axe en axe des fermes est de 4 mètres.

12° Shed spécial pour atelier.

488. Pour terminer l'étude des sheds, nous donnons (fig. 703) une disposition qu'on pourra employer lorsque, dans un atelier, avec des sheds, on voudra installer un pont roulant.

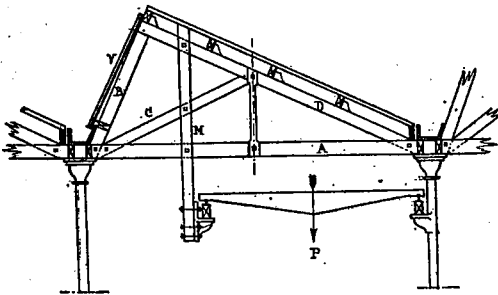


Fig. 703.

La ferme du shed est formée par un entrait A composé de deux moises, deux arbalétriers B et D, d'une contrefiche C, d'une aiguille pendante en fer plat; enfin, de deux moises M solidement reliées aux pièces du comble. Ces moises pendantes soutiennent, à leur partie inférieure, une pièce de fonte solidement boulonnée avec les moises et supportant le chemin de roulement d'un pont roulant souvent en usage dans les ateliers. Il est difficile de donner les dimensions à adopter dans une semblable disposition, la charge reportée sur le comble dépendant du poids P.

**Combles à deux versants inégaux dont la base est un trapèze.**

489. Nous avons toujours supposé, dans ce qui précède, que la largeur des combles était, en plan, partout la même.

Il y a des cas dans la pratique où il est impossible d'arriver à ce résultat, par exemple lorsque les deux murs qui reçoivent les fermes en charpente et, par suite, les chevrons de la toiture, ne sont pas parallèles et présentent la disposition d'un trapèze (fig. 704). Il résulte de cette nouvelle disposition que les surfaces formant les versants ne sont plus des plans, mais des *surfaces gauches*; dans ce cas :

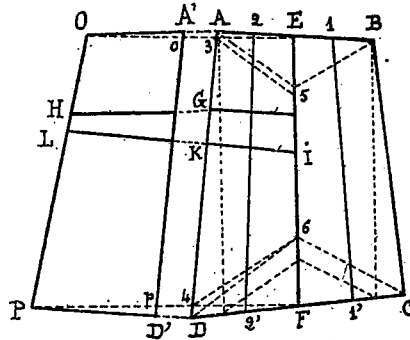


Fig. 704.

1° Si l'on veut conserver une même hauteur au comble dans toute sa longueur et tenir le faitage horizontal, chaque ferme ou chaque chevron devra avoir une pente différente ;

2° Si, au contraire, on donne aux fermes ou aux chevrons une même pente, le faitage n'a plus partout la même hauteur et cesse d'être de niveau, disposition moins satisfaisante que la précédente.

Soit, en plan, la forme du comble représentée par un trapèze ABCD (fig. 704). Il faudra, pour établir un comble sur cette surface, déterminer :

1° La longueur du faitage, ce qui se fait en divisant les deux lignes AB et CD en deux parties égales et en menant, par les points de division E et F, une ligne qui en représentera la longueur et la direction ;

2° La longueur et la direction des pannes. Pour cela, il suffit de diviser les deux droites AB et DC en autant de parties égales qu'on désire placer de pannes, puis de joindre les points correspondants sur chaque ligne. Supposons, dans le cas qui nous occupe, que nous ayons une seule panne. Nous diviserons alors les

lignes EB, EA en deux parties égales et nous obtenons alors les points 1, 2. En opérant de même pour les deux lignes FC et FD, nous aurons deux autres points 1', 2'. En joignant 1, 1' et 2, 2', ces deux lignes donneront la longueur et la direction de chaque panne ;

3° La longueur des chevrons et leur forme. Si nous voulons, par exemple, déterminer la longueur des chevrons du versant AE, FD, nous mènerons, pour cela, sur la ligne FE, les perpendiculaires E3 et F4 qu'on prolonge d'une certaine quantité au delà d'une ligne A'D' tracée parallèlement à AD et à une distance quelconque de cette dernière ligne. On prend ensuite les longueurs OO et pP égales aux lignes de pente 5, 3 et 6, 4. Ces lignes de pente s'obtiennent en prenant chacune des lignes F, 6 et E, 5 égales à la hauteur du faitage au-dessus du plan de l'enrayure et en joignant les points 6, 4 et 5, 3.

On mène ensuite les droites A'O, OP et PD'. La figure A'OPD' est souvent désignée sous le nom de *développement du versant ADFE*. Les chevrons peuvent avoir plusieurs directions. S'ils doivent être parallèles à AO ou à PD, on mène, par le pied G de leur projection, des droites GH qui seront parallèles à ces côtés et qui donneront la longueur de chacun d'eux. Si, au contraire, ils doivent être perpendiculaires à la direction du mur longitudinal AD, ce qui est préférable, au lieu de les mener parallèlement à AO ou à PD, on prolonge leur projection IK jusqu'à leur rencontre en L avec OP et la partie KL donnera leur vraie longueur. Ce que nous venons d'indiquer pour le versant ADFE peut se faire de la même manière pour l'autre versant. Si, pour un cas particulier, les deux versants ont la même inclinaison, la construction précédente pourrait servir pour les chevrons des deux versants ;

4° Déterminer le gauche des diverses pièces. Si nous voulons connaître le gauche des pannes, nous traçons, pour cela, en plan, le dessus des arbalétriers des fermes sur lesquelles elles doivent reposer avec le dessous des chevrons qui y correspondent, et sur le bout BFDE (fig. 705) opposé à celui ABCD qui doit porter carrément

sur l'un des arbalétriers, nous traçons la différence occasionnée par le gauche de la pente. Il nous reste à déterminer le gauche des chevrons et le gauche des arbalétriers. Comme on opère de même

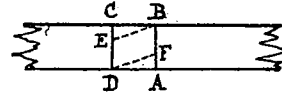


Fig. 705.

pour les chevrons et pour les arbalétriers, nous ne nous occuperons que des chevrons. Les chevrons étant des pièces de bois d'une faible largeur, on ne détermine le gauche qu'ils peuvent prendre que lorsque la surface du comble a un assez fort gauche pour que cela puisse influencer. Soit (fig. 706) le chevron H repré-

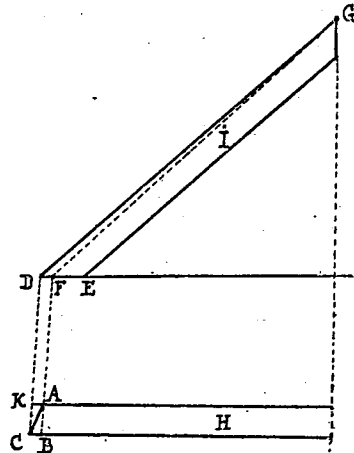


Fig. 706.

senté en plan. On trace, sur l'extrémité de ce chevron, le rectangle CBAK qui comprend le biais que doit avoir ce chevron, puis on joint CA par une ligne droite. Le chevron étant placé en projection verticale en I, suivant la pente qui correspond à sa plus grande longueur, on porte, sur sa base horizontale DE, une longueur DF égale à BC et on fait passer, par l'extrémité G du chevron et par le point F, la ligne GF qui indique le démaigrissement GFD à faire subir au chevron

pour donner à sa partie supérieure le gauche qui lui convient. Pour bien comprendre ce démaigrissement, nous repré-

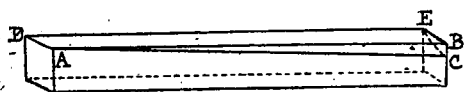


Fig. 707.

sentons (fig. 707) un chevron en perspective cavalière et soit, sur ce chevron, la

longueur BC qui représente le démaigrissement à lui faire subir. Joignons AC et CE. Si, par la pensée, nous supposons que, par un trait de scie, on enlève la quantité de matière représentée par ACBED, il restera un parallépipède ayant la surface gauche qu'on veut obtenir et dans lequel AD sera le joint supérieur de ce chevron avec le faitage; BC représentera la quantité DF de la figure 706 dont on veut le démaigrir et EC la ligne qui joindrait le point C avec le point A de la même figure.

## § VII. — COMBLES BRISÉS OU COMBLES A LA MANSARD

**490.** Les combles à la Mansard (1), composés de quatre plans inclinés égaux deux à deux, participent de la forme des deux systèmes de comble que nous avons étudiés précédemment, la partie supérieure d'un de ces combles étant surbaissée, tandis que les versants sont excessivement inclinés. Ce sont des combles à deux égouts, mais à rampants brisés. La partie la plus abrupte se nomme le *vrai comble*. C'est là que sont établis les logements dits *mansardes*. La partie surbaissée, placée au-dessus, est le faux comble. Ces deux portions sont séparées par une arête de brisure, nommée aussi *arête de brisis*, et formée par une panne qui a reçu le nom de *panne de brisis*. Un faux plancher divise l'intérieur en deux parties et constitue le plafond des mansardes.

C'est pour diminuer la hauteur excessive à laquelle on avait porté les toits à une certaine époque qu'on supprima leur sommité aiguë pour la remplacer par un faux comble très surbaissé. Les premières constructions de ce genre ont été faites sur la partie du Louvre bâtie sous Hen-

ri II<sup>e</sup> par Pierre Lescot mort en 1570. F. Mansard employa aussi cette disposition, mais un peu plus tard, à la construction du château de Chilly et du château de Maisons. Certaines constructions de la haute et de la basse Bretagne étaient déjà couvertes en combles brisés dès la fin du xv<sup>e</sup> siècle.

Ce qui a beaucoup conduit à l'usage de ce genre de comble, c'est la facilité avec laquelle on peut établir des logements dans la partie presque droite du vrai comble. Ils paraissent donner une augmentation de logement avec moins de dépense que celle qu'entraînait un exhaussement des murs, et laissent les étages des appartements principaux se distinguer extérieurement des logements qui n'en étaient que les dépendances. Ils avaient aussi l'avantage de réduire la largeur des jouées des fenêtres dites lucarnes, qui, dans les anciens combles, avaient souvent de grandes proportions. A côté de ces avantages apparents, il y a une série d'inconvénients qui nous empêchent de conseiller l'usage des mansardes. Les deux points principaux à considérer sont évidemment les suivants : le bien-être de ceux qui habitent les mansardes et l'économie apparente attribuée à ce genre de comble. Comme dans tous les combles possibles, les chambres établies sous les toits brisés sont des habitations souvent humides en hiver, souvent d'une chaleur insoutenable

(1) François Mansard, célèbre architecte mort en 1666, qui avait mis ces sortes de combles fort en vogue en France, fut longtemps regardé comme leur inventeur et leur donna son nom. Les logements établis sous la charpente de ce genre de comble reçurent le nom de *mansardes*, qu'elles ont conservé. Dans ces derniers temps, on a repris, surtout à Paris, le mode des combles brisés dont nous donnerons quelques détails.

pendant l'été, et certainement, sinon malsaines, au moins fort incommodes. Les habitants ne sont, en effet, garantis des pluies et du froid que par un galandage de très, faible épaisseur. De plus, le faux comble étant presque toujours couvert en zinc, il en résulte une très grande chaleur l'été.

La raison d'économie est aussi à écarter, car ces combles sont d'un entretien fort coûteux. Ils nécessitent un surcroît de charpente, plancher, crépissage, couverture, etc., qu'on pourrait évidemment éviter par le moyen d'une face en maçonnerie de faible épaisseur prolongée au-dessus de l'entablement, en retrait du mur de face, si les règlements de voirie l'exigent, pour supporter un comble surbaissé qu'on pourrait alors facilement couvrir

en tuiles. On obtiendrait ainsi, sans donner une grande importance au toit, des logements sains, commodes et infiniment plus durables. Nous voyons donc, par ce simple exposé, que les combles à la Mansard sont très inférieurs à leur réputation. Cependant, l'étude de leur construction n'en est pas moins nécessaire, attendu qu'on en fait encore aujourd'hui beaucoup d'applications.

### Différents tracés qui ont été proposés pour les combles brisés.

**491.** Le tracé des combles brisés peut être fait de plusieurs manières donnant aux profils des fermes des formes différentes.

**1<sup>er</sup> Tracé.** Ce premier tracé, représenté (*fig. 708*), est très simple. Il nous montre

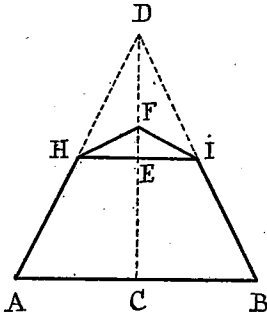


Fig. 708.

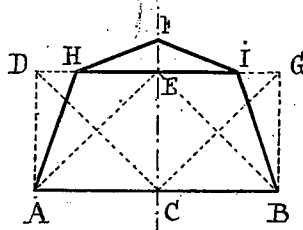


Fig. 709.

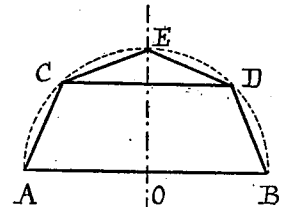


Fig. 710.

comment on passe du profil d'un toit ancien au profil d'un comble brisé. Dans cette figure, le triangle ABD représente le profil d'un toit ancien dont la hauteur est égale à la base. Par le point E, milieu de la hauteur CD, on trace une horizontale HI parallèle à la base AB, qui représente le dessus du tirant. On fait la hauteur EF du faux comble égale à la moitié de HE. On joint HF et IF et on obtient, en AHFIB, le profil du comble brisé.

**2<sup>e</sup> Tracé.** Dans ce deuxième tracé, représenté en croquis (*fig. 709*), on fait CE, hauteur du vrai comble, égale à la moitié de AB, largeur dans œuvre du bâtiment. On obtient ainsi deux carrés en CEGB et CEDA. Les parties DH, GI, EF, sont prises égales au tiers d'un des côtés de ces carrés. Le profil du comble brisé est AHFIB.

**3<sup>e</sup> Tracé.** Le troisième tracé consiste à décrire, sur une ligne AB (*fig. 710*), prise comme largeur du comble à sa base, un demi-cercle avec un rayon égal à la moitié de AB, puis on divise ce demi-cercle en quatre parties égales. Les cordes AC et BD représentent les pentes du vrai comble et les cordes CE et DE celles du faux comble. Le demi-octogone inscrit, ACEDB, est le profil du comble brisé (1).

**4<sup>e</sup> Tracé.** La demi-circonférence sur AB étant tracée (*fig. 711*), on divise chaque moitié du diamètre AB en trois parties

(1) Cette méthode est attribuée à Bullet. D'Aviler prétend qu'il l'a imitée des cintres en charpente de Viola, architecte italien. D'Aviler proposa alors la méthode suivante : Quelle que soit la hauteur CE (*fig. 709*) ou BG de la mansarde, faire GI égale à la moitié de cette hauteur et la hauteur EF du faux comble égale à la moitié de EI.

égales. Les perpendiculaires CD et EF, élevées de chaque côté par les premiers points de division, donnent, sur chaque quart de cercle, un point D ou F qui marque la hauteur du brisis. En joignant les points A, D, G, F et B, on obtient le profil du comble brisé. Afin de donner plus de hauteur aux logements intérieurs, on peut, en prenant le même tracé, opérer comme nous l'indiquons (fig. 712). Après avoir décrit le demi-cercle, on divise AO en trois parties égales. On porte deux de ces parties de C en D sur la tangente au cercle, parallèle à AB et on opère de même de C en F. On joint AD et BF et le trapèze formé donne la section du vrai comble. On prend, pour hauteur du faux comble, le tiers du rayon qu'on porte de C en G sur la verticale passant par le centre.

5° *Tracé*. Le cinquième tracé dont nous donnons le croquis (fig. 713) consiste à décrire une demi-circonférence sur la ligne AB, largeur du bâtiment dans œuvre, puis à diviser cette demi-circonférence en cinq parties égales. On obtient ainsi les points C, D, E et F. Par les points C et F, on mène une parallèle à AB et on joint AC et FB.

Le trapèze ACFB ainsi formé donne l'espace compris par le vrai comble. On joint ensuite CG et FG et le triangle CGF représente le faux comble.

Cette dernière méthode pour tracer la forme d'un comble brisé à la Mansard a été proposée en 1739 par Belidor qui se montra, à cette époque, fort peu satisfait des formes obtenues par les divers tracés précédemment étudiés. Ce dernier tracé

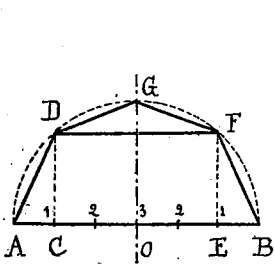


Fig. 711.

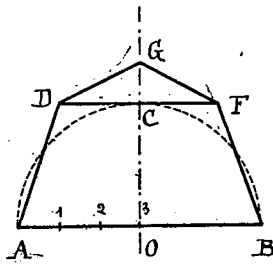


Fig. 712.

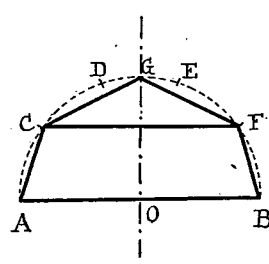


Fig. 713.

a été presque généralement adopté à cause de sa simplicité et du bon effet qu'il produit.

De ces divers tracés, le quatrième (fig. 712) est celui qui donne le comble le plus élevé à l'intérieur. Si nous supposons, par exemple, au bâtiment une largeur dans œuvre de 10<sup>m</sup>,00, l'espace à partir du dessus de l'entrait ou poutre AB jusqu'au-dessus du faux entrait DF sera de 5 mètres. Le troisième tracé (fig. 710) donne un comble beaucoup moins élevé à l'intérieur. Si nous supposons toujours la même portée, il n'aura que 3<sup>m</sup>,50. Le cinquième tracé (fig. 713) donne un comble encore moins élevé que les deux types précédents; il n'aura que 3<sup>m</sup>,00. Sa forme est aussi la plus élégante des trois et celle qui est la plus généralement employée.

On pourrait encore, à volonté, faire varier les formes des combles brisés, soit

en choisissant d'autres points de division sur le diamètre ou sur la demi-circonférence, soit en changeant les rapports des bases et des hauteurs des toits; mais nous laisserons cette étude au constructeur suivant les applications qu'il aura à en faire.

Les combles à la Mansard, ou combles brisés, peuvent, comme tous ceux étudiés précédemment, se terminer à leurs extrémités, soit par des pignons, soit par des croupes. Lorsque les mansardes forment croupe, on fait une *enrayure* dans le plancher de l'étage supérieur pour porter les demi-fermes. Ils s'exécutent, comme les précédents, par traverses formées de fermes. Seulement, dans la partie inférieure, les arbalétriers sont remplacés par des jambes de force dont le pied s'assemble dans l'entrait ou poutre et le sommet dans l'entrait qui soutient aussi la panne de brisis.

### Principaux types de combles à la Mansard.

492. Les figures 714, 715 et 716 donnent les types anciens les plus usités des combles à la Mansard.

La figure 714 montre l'application pour

la division du demi-cercle en cinq parties égales; la figure 716, pour la division du demi-cercle en quatre parties égales. Enfin, la figure 715 donne un exemple d'un comble à la Mansard présentant la plus grande utilisation possible du grenier.

Dans l'exemple donné (fig. 714), qui est

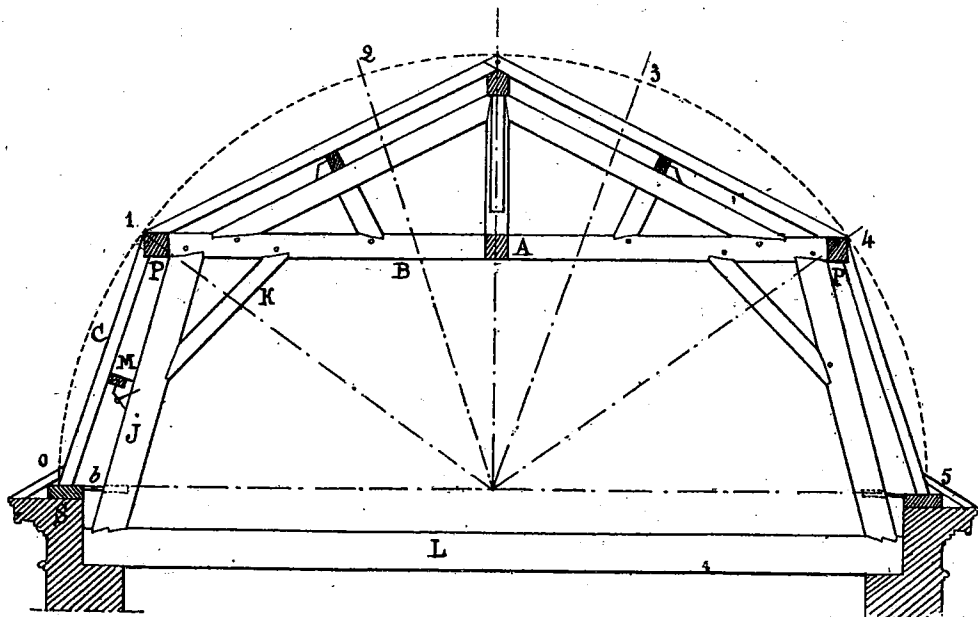


Fig. 714.

le plus généralement suivi, les pièces de bois P, qu'on nomme *pannes de brisis* font, à l'égard des chevrons du faux

ter les eaux du faux comble sur les brisis. Aujourd'hui, on se contente d'ajouter, sur la face extérieure de ces pièces de bois, une autre pièce arrondie et souvent moulurée, nommée *membron*. Ce membron est

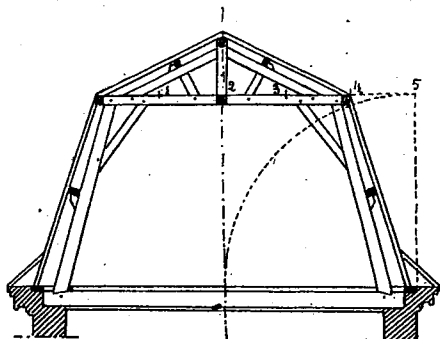


Fig. 715.

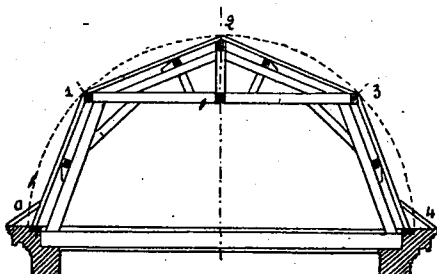


Fig. 716.

*comble*, l'office de sablières. Anciennement, on donnait à ces pannes de brisis la forme de corniches afin de mieux reje-

recouvert d'une feuille de métal qu'on fait descendre en bavette sur le dessus de la couverture du *vrai comble*. Dans ces com-

bles, les pièces de bois A, nommées *sous-faites*, sont assemblées dans les entrails B afin de se trouver dans le même plan pour ne pas gêner et faire saillie au-dessous du plafond. Les chevrons C du vrai comble reposent, d'une part, sur la panne de brisis et, d'autre part, sur une sablière S posée sur le mur. Ces sablières S sont reliées aux jambes de force J par des bandelettes de fer *b* qui, dans ce cas, tiennent lieu de blochet. Si les eaux de pluie ne doivent pas être reçues dans des chéneaux, on place alors des coyaux O qui servent à rejeter les eaux.

En résumé, un comble à la Mansard se compose : d'un véritable comble surbaissé 1, 2, 3, 4 (*fig. 714*), composé, comme tous les combles de cette espèce, d'entrait de deux arbalétriers, d'un poinçon, d'une ou de plusieurs pannes soutenues par des contrefiches, d'une panne de faitage avec liens de faitage, de sablières et de chevrons. Ces fermes ainsi établies sont soutenues par de solides jambes de force J dont le pied s'assemble dans l'entrait, ou poutre L, et le sommet dans l'entrait B qui soutient aussi la panne de brisis.

On ajoute quelquefois des aisseliers K pour soulager l'entrait B, mais ces aisseliers faisant saillie dans la pièce habitée sont souvent supprimés et remplacés par de grandes équerres en fer reliant solidement les jambes de force J avec l'entrait B du faux comble.

Quand les chevrons C ont une trop grande longueur, on place, pour soulager leur portée, une panne M souvent rehaussée à l'aide d'une échantignolle spéciale. L'arbalétrier B reçoit, dans son épaisseur, une série de pièces de bois qui ont ordinairement  $17/7$  d'équarrissage et qui sont espacées de  $0^m,33$  d'axe en axe. Ces différentes pièces servent à faire le plafond du comble brisé. L'arbalétrier, ou poutre L, reçoit les solives en bois qui forment plancher inférieur.

Le plus ordinairement, on couvre les pans du vrai comble en ardoises ou en zinc parce qu'ils sont raides et plus apparents.

Les pans du faux comble qui ne peuvent être aperçus, sinon de loin, peuvent être couverts en tuiles ou en zinc comme on le fait presque toujours aujourd'hui.

### Combles à la Mansard sans entrait inférieur.

493. Quand l'ouverture n'est pas considérable, on peut, pour ce genre de comble, employer, comme le montre la figure 717, une disposition analogue à celles qui ont été étudiées précédemment en garnissant les angles avec des pièces droites de façon à former un véritable cintre en s'appuyant sur ces pièces.

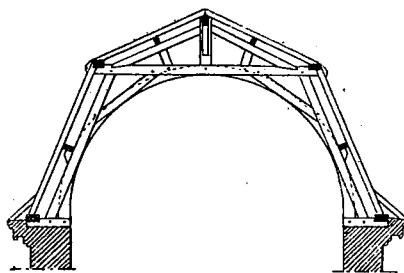


Fig. 717.

La suppression de l'entrait inférieur se fait lorsqu'on veut comprendre, dans le principal étage, l'espace enveloppé par le comble. On forme ainsi une pièce d'une grande hauteur pouvant servir de galerie. Le tirant étant supprimé, on fait porter, par embrèvement, les jambes de force J (*fig. 718*) sur des sablières S, ordinairement posées sur une retraite ménagée dans la maçonnerie comme le montre la figure. Dans cet exemple, les jambes de force J, l'entrait E, les aisseliers A et les goussets G sont taillés à l'intérieur suivant le cintre qu'on désire donner à la voûte. Ces diverses pièces sont assemblées à tenons, mortaises et embrèvements.

Suivant la hauteur du comble, on pourra tracer, comme courbe intérieure, un cercle, une ellipse ou une courbe à plusieurs centres. La figure 717 donne un exemple de tracé avec un arc de cercle et la figure 718 donne le croquis d'une courbe à trois centres ou *anse de panier*. Les fermes de ces combles sont ordinairement disposées pour porter, à l'intérieur, une charpente légère ayant pour but de cacher celle du comble au moyen d'un revêtement en menuiserie qui, comme pour le cas qui nous occupe, offre intérieurement

l'apparence d'une voûte. Les pannes B, fermes. Les chevrons C qui s'appuient devant supporter la voûte en bois, sont sur ces pannes et sur lesquels on doit assembler à tenons et mortaises dans les clouer les planches sont taillés en dessous

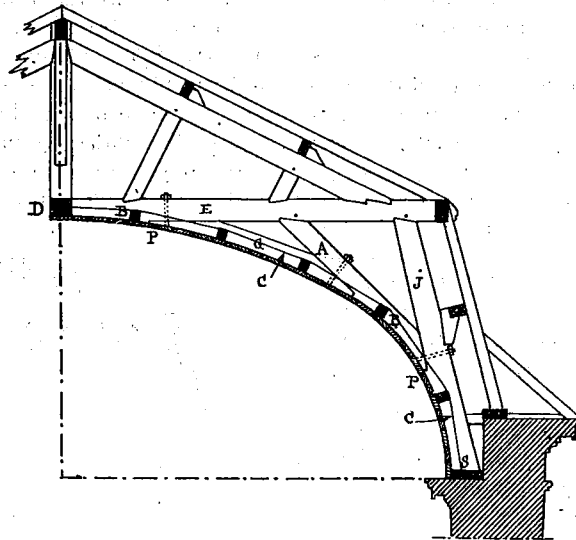


Fig. 718.

suivant la courbure choisie; ils sont assemblés à paume sur les pannes et cloués et à tenons et mortaises sur le sous-faîte D et les sablières S. Le revêtement intérieur en planches P est façonné suivant la courbure de la voûte. Les planches sont clouées

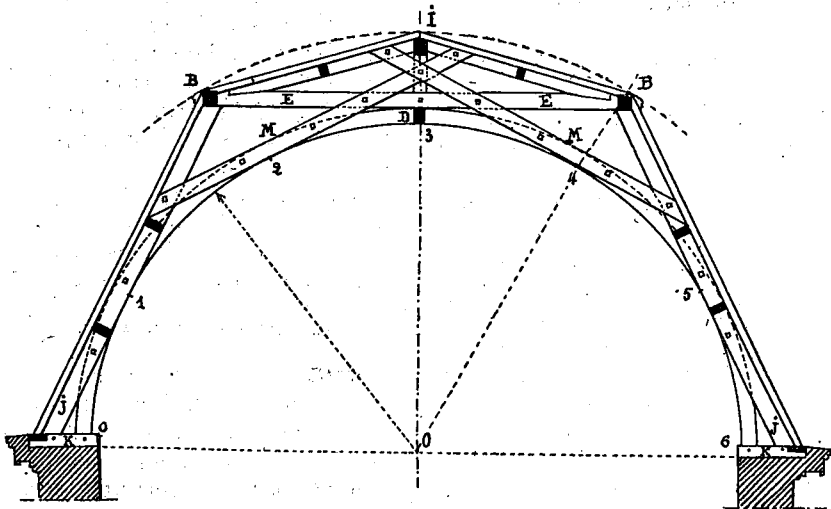


Fig. 719.

sur les chevrons et assemblées entre elles à rainures et languettes comme un véritable parquet.

La figure 719 donne un exemple d'une voûte en plein cintre. La demi-circumference 0, 3, 6, qui marque le cintre inté-



rieur, étant divisée en six parties égales aux points 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 et l'entrait E étant établi au-dessus du sous-faît D, compris dans l'épaisseur de l'arc dont le centre est en O. les rayons O2 et O4 déterminent, par leur intersection avec le dessus de l'entrait E, les points B de brisis. Les jambes de force J sont établies de façon que leurs faces extérieures passent par ces points et par les points des blochets K qui répondent à l'aplomb des parements extérieurs des murs. Dans le vrai comble, les pannes sont assemblées dans l'épaisseur des jambes de force. De même, dans le faux comble, les pannes sont assemblées sur les arbalétriers. Un arc de cercle BIB, concentrique à celui du cintre et passant par les extrémités des pannes de brisis, détermine l'emplacement du faux comble. De grandes moises M lient les jambes de force, l'entrait, le poinçon et les arbalétriers du faux comble et, de plus, embrassent le cintre.

On peut, dans cet exemple, ajouter sur l'arc une série de pannes destinées à supporter des chevrons sur lesquels on pourrait clouer des planches formant voûte, comme dans le cas précédent.

### Combles à la Mansard actuellement employés.

#### COMBLES A LA MANSARD SANS FERME

**494.** Aujourd'hui, dans les maisons de rapport à Paris où le comble à la Mansard est presque exclusivement employé, on le construit très simplement comme le montre le croquis (fig. 720). On se sert, comme points d'appui, des murs de refend qui existent. Sur ces murs de refend, ordinairement espacés de 4 à 5 mètres les uns des autres, on place une panne de brisis A. Cette panne de brisis est portée tous les 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50 par une série de chevrons C le plus souvent de 8/7 d'équarrissage ou de 12/8, si leur longueur est plus grande. Ces chevrons s'assemblent à leur partie inférieure dans une sablière S et, à leur partie supérieure, ils sont entaillés pour s'emboîter dans la panne de brisis. On les maintient avec des clous. Les chevrons C' du faux comble s'assemblent sur

la partie haute de la panne de brisis et reposent, à l'autre extrémité, sur une panne de faitage P également portée par les murs de refend. S'il n'y a pas de plafond, on se contentera de lacter le dessous des chevrons C et C' et de faire un enduit en plâtre. Si le logement comporte un plafond, on placera tous les 0<sup>m</sup>,33 d'axe en axe des bastaings B de 17/7 d'équarrissage scellés dans les murs de refend ou reposant sur une lambourde fixée dans le mur. Sous ces bastaings, on exécute un

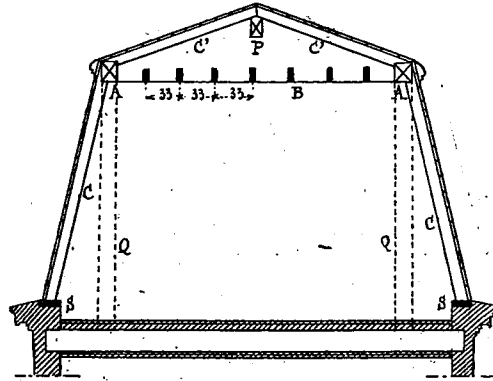


Fig. 720.

plafond à la manière ordinaire. Si on désire redresser l'étagé et avoir des pièces carrées et non lambrissées, on place dans ce cas des poteaux verticaux Q à l'aplomb de la panne de brisis. On peut alors, dans le plan de ces poteaux, installer de véritables croisées en forme de lucarne comme nous l'avons indiqué précédemment (fig. 447). L'espace compris entre les poteaux Q et les chevrons C est utilisé pour installer des débarras.

#### COMBLES A LA MANSARD AVEC FERME

**495.** Lorsque les murs de refend sont trop espacés, ou lorsqu'ils ne sont pas prolongés dans la hauteur de l'étagé du comble, il faut alors constituer le faux comble par une véritable ferme. La figure 721 donne un exemple simple de cette nouvelle disposition. Le faux comble est formé par un entrait E assemblé dans les deux pannes de brisis A. Cet entrait devra avoir les dimensions suffisantes pour

soutenir un faux plancher formé de bastinges de 17/7 d'équarrissage et espacés de 0<sup>m</sup>,33 d'axe en axe pour permettre un lattis et un plafonnage. Un poinçon H, une panne de faitage P et une série de

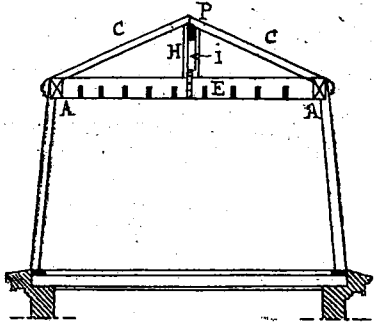


Fig. 721.

chevrons C complètent la ferme du faux comble. Pour soulager la portée de la panne de faitage, on ajoute, comme dans presque tous les combles, des contrefiches I. Le reste de la disposition se fait comme précédemment. Si la portée augmente, on est alors obligé d'employer une véritable ferme composée d'une ou de plusieurs pannes, d'arbalétriers, de contrefiches, etc., comme nous l'indiquons (fig. 722). Le

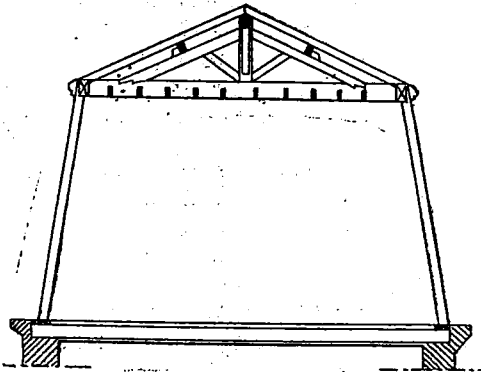


Fig. 722.

faux comble peut alors prendre toutes les dispositions indiquées précédemment pour les fermes surbaissées.

Afin de résumer, et pour bien faire comprendre la disposition courante d'un comble à la Mansard, nous donnons (fig. 723)

la coupe du dernier étage d'une maison d'habitation. Cette coupe résume les principales dispositions d'un comble de ce système. Le vrai comble est composé, du côté de la rue, d'une série de jambes de force A venant s'assembler dans la poutre principale B. Parallèlement à ces jambes de force, on place une série de chevrons C de 8/7 d'équarrissage assemblés à leur partie inférieure dans une sablière D ayant 8/16 d'équarrissage et qui, à l'aide d'étriers en fer, se trouve solidement fixée sur le mur de face. Sur ces chevrons, on cloue extérieurement un voligeage sur lequel on met une couverture en zinc. A l'intérieur, le galandage peut se faire, soit directement sur les chevrons, soit, comme le montre cet exemple, directement sur les jambes de force. — Du côté de la cour, la disposition change un peu. Il existe encore des jambes de force E, des chevrons F, plus un aisselier G qui, dans le cas précédent, est remplacé par une grande équerre en fer H. En I, nous voyons comment, dans un comble à la Mansard, on peut disposer un châssis connu sous le nom de *châssis à tabatière*. Ce même châssis est représenté en élévation en K. De ce côté, la couverture est supposée en ardoise avec partie basse en zinc reposant sur des coyaux M fixés, d'une part, sur les chevrons et, de l'autre, sur une petite sablière placée sur la corniche. Des crochets N, solidement fixés sur la charpente du comble, servent à maintenir des échelles pour les réparations à faire sur ce comble. Le plancher inférieur du vrai comble est formé, comme le montre la coupe CD (fig. 724), d'une forte poutre B de 22/30 d'équarrissage reposant, à chaque extrémité, sur les murs où elle est fortement encastree. Cette poutre est doublée de chaque côté d'une lambourde O recevant l'assemblage des solives P du plancher. Les lambourdes sont maintenues sur la poutre B à l'aide d'un solide étrier en fer. Les solives P ont 23/8 d'équarrissage et sont espacées de 0<sup>m</sup>,33 d'axe en axe pour permettre de clouer des lattes et de faire le plafond de l'étage inférieur. Entre chacune de ces solives, on exécute un auget en plâtre ; puis, sur le dessus des mêmes solives, on cloue des bardeaux sur lesquels on met

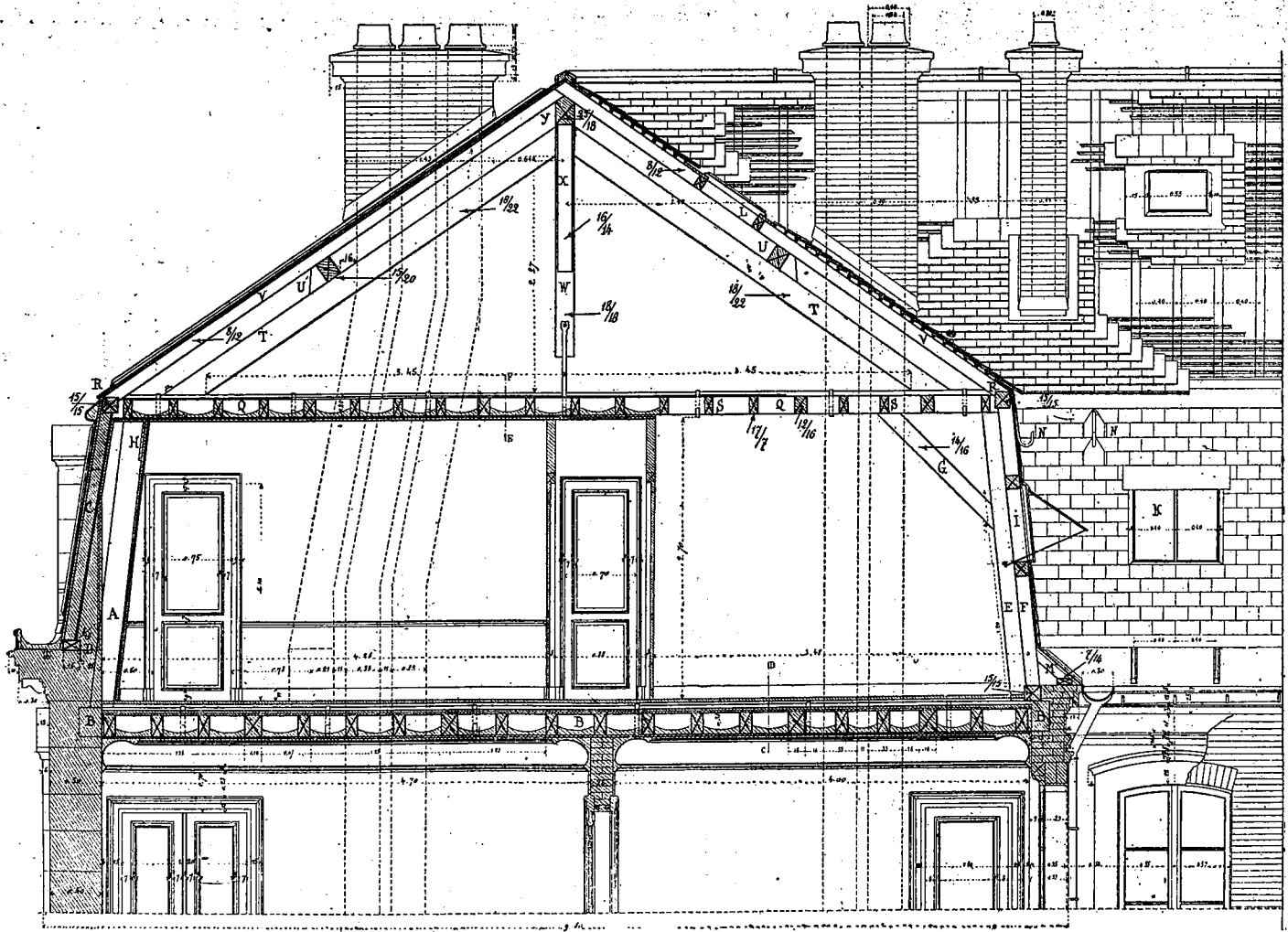


Fig. 723.

une couche de plâtre. Sur cette couche de plâtre, on scelle les lambourdes qui reçoivent un parquet en chêne de 0<sup>m</sup>,027 d'épaisseur. Le faux comble est formé

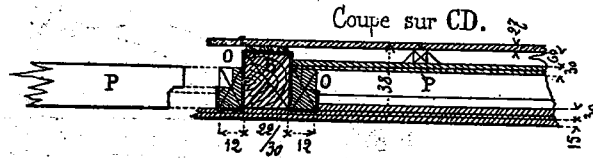


Fig. 724.

d'un entrain ou tirant Q reposant à chaque extrémité sur les jambes de force et recevant l'assemblage des deux pannes de brisis R. Dans cet entrain, on exécute, comme le montre la coupe EF (fig. 725) un faux plancher formé comme le précé-

(fig. 726). En M, nous avons indiqué le profil ordinaire d'un *membron*. Cette coupe donne en détail la disposition de la fenêtre, du chéneau, du plancher et du faux plancher.

### Combles en impériale.

**496.** A l'époque où les combles à la Mansard étaient très employés, on imagina d'en construire d'autres rappelant certains combles anciens et ayant la forme de carènes de vaisseaux renversés. On leur donna le nom de *comble en impériale*, parce que leur forme se rapprochait de celle d'une couronne impériale lorsqu'on les exécute sur des pavillons ronds ou carrés.

dent d'une poutre Q doublée de deux lambourdes soutenues par un étrier. Ces lambourdes reçoivent l'assemblage des solives S formant le faux plancher.

Dans la grande poutre Q, s'assemblent les deux arbalétriers T soutenant les pannes U sur lesquelles sont cloués les chevrons V. Un poinçon W, une contre-fiche X et une panne de faitage Y complètent le faux comble. En L, le rampant du faux comble, côté de la cour, nous montre comment on installe un châssis à tabatière. Sur rue, la couverture du faux comble est supposée en zinc et, sur cour, cette couverture est faite en tuiles plates. Si, à cet exposé, nous ajoutons celui qui est donné au n° 346 page 178, concernant l'installation d'une lucarne dans un comble à la Mansard, nous aurons ainsi une étude aussi complète que possible de ce genre de comble.

Les principales dimensions des pièces ordinairement adoptées pour les combles à la Mansard sont indiquées dans une coupe à grande échelle que nous donnons

Nous ne donnerons pas tous les détails de construction de ce genre de comble qui n'est plus employé aujourd'hui ou qui ne sert plus que pour de petits pavillons ou bâtiments qu'on veut distinguer par une forme excentrique. Néanmoins, nous rappellerons leur forme et leur tracé.

Soit (fig. 727) AB la largeur dans œuvre d'un bâtiment qu'on désire recouvrir par un comble en impériale. Il existe deux tracés que nous allons indiquer sommairement :

**1<sup>er</sup> Tracé.** La partie du comble étant représentée par la ligne AB et sa hauteur totale par la ligne CD perpendiculaire sur AB. De chaque côté de la ligne CD, on porte la moitié de l'épaisseur du poinçon et on obtient ainsi un point F qu'on joint au point E. La ligne EF donne la corde commune aux deux arcs de raccord. Pour tracer ces deux arcs, on élève en O', milieu de EG, une perpendiculaire O'O. Le point O sera le centre du premier arc

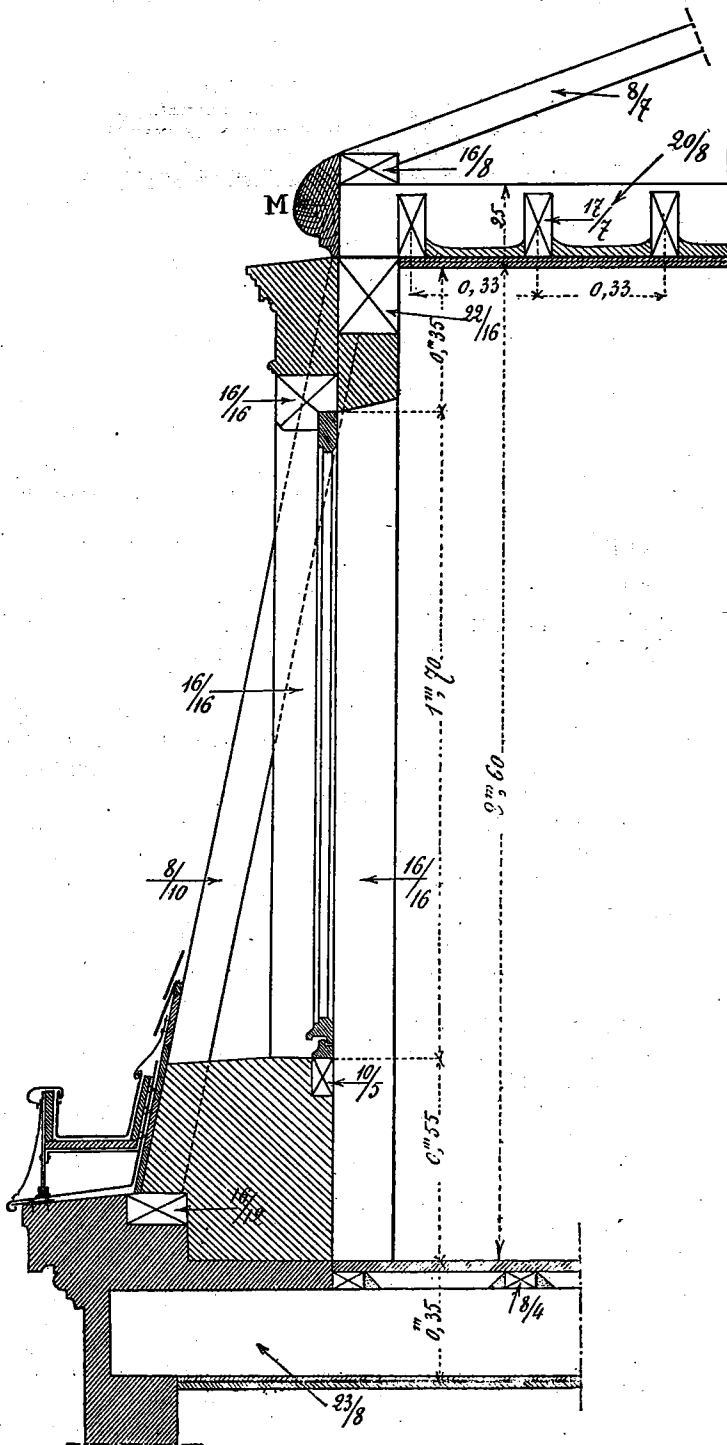


Fig 726.

Sur le milieu de la ligne FG, on fait la | centre du deuxième arc. Les trois points  
même opération et on obtient en  $O''$  le |  $O''GO$  doivent être en ligne droite.

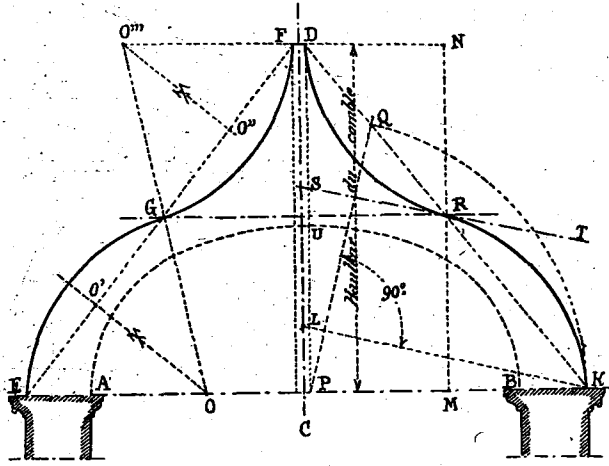


Fig. 727.

2° *Tracé.* Le deuxième tracé consiste à prendre une ligne KL, représentant la pente ordinaire d'un comble surbaissé, la distance CL étant environ le quart de la longueur CK. Sur le milieu de la ligne CK, on élève une perpendiculaire MN qu'on prolonge jusqu'à sa rencontre avec la ligne horizontale passant par le point D. Par le point P, on élève une perpendiculaire PQ sur KL. On prend  $PQ = PK$ ; puis, par les points K et Q, on trace la corde commune DK dont l'intersection avec la verticale MN donne, en R, le point de raccordement des deux arcs.

La tangente ST, commune aux deux arcs, est parallèle à la ligne LK. La courbure intérieure d'un comble en impériale, représentée dans ce croquis par la courbe AUB, peut être un cercle, une ellipse ou une anse de panier. Le poinçon s'arrête en U et, sur l'axe GR, on place l'entrait de ce comble. Les chevrons, cintrés suivant la courbe intérieure adoptée, reçoivent un revêtement en planches ou les lattes d'un plafonnage.

### Combles sans pannes. Fermes du moyen âge.

497. Jusqu'au XIII<sup>e</sup> siècle, les constructeurs du moyen âge ont adopté des charpentes ordinaires telles qu'elles ont été

décrites précédemment; mais, à partir de cette époque, ils supprimèrent les pannes. Les bois étaient alors plus abondants qu'aujourd'hui et les combles étaient généralement élevés sur des murs très hauts et très étroits. De distance en distance, ils étaient composés de véritables fermes

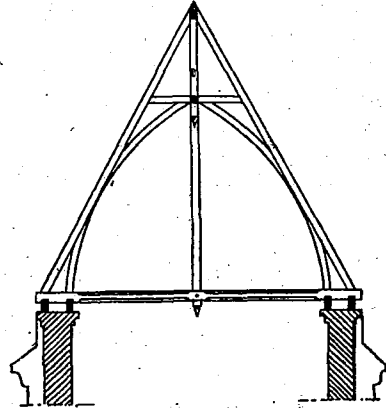


Fig. 728.

portant tirants et, dans l'intervalle de deux fermes, ils mettaient des fermes plus faibles et sans tirants, nommées *chevrons*, portant fermes qui s'assemblaient au pied dans une double sablière. Il importait de

réduire l'intensité des poussées car les chevrons étant dépourvus de pannes exerçaient une pression continue sur toute la longueur du mur. Ces motifs ont conduit à l'adoption, pour les combles, de pentes très prononcées qui étaient d'ailleurs bien en harmonie avec le caractère de l'architecture ogivale et qu'on a voulu justifier depuis, à tort, par des raisons tirées du climat et de la neige.

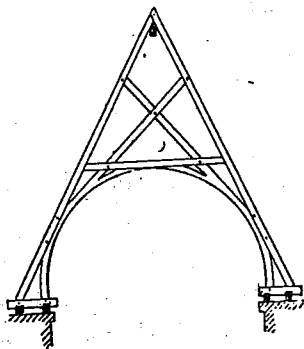


Fig. 729.

Les combles du moyen âge se composent ordinairement de chevrons portant fermes et de fermes maitresses qui correspondent aux contreforts et qui sont seules pourvus de tirants. C'est, en résumé, un système médiocre, surtout si les fermes maitresses sont placées en face des contreforts ou arcs-boutants, car c'est là qu'elles sont le moins nécessaires. De plus, l'absence de pannes, et souvent de faltage, nuisait au contreventement des fermes.

Souvent les chevrons sont, comme le

montrent les trois figures 728, 729, 730, consolidés au moyen d'aisseliers ou de jambettes courbes et, vu de l'intérieur, le comble ayant la forme et l'ossature d'une voûte recouverte intérieurement d'un voligeage, présente souvent l'aspect d'une carène renversée.

Les figures 728 et 730 représentent des fermes maitresses et la figure 729 donne un exemple d'une ferme chevron.

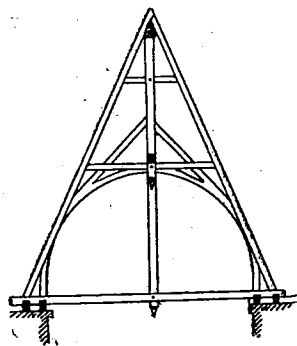


Fig. 730.

Le voligeage en planches décorées à l'aide de peintures très brillantes présentait souvent un très agréable effet, comme on le voyait à l'ancienne salle des pas perdus du Palais de Justice de Paris et comme on peut encore le voir dans la salle des états à Blois, au Palais de Justice de Rouen et dans bon nombre d'églises. A la fin du xv<sup>e</sup> siècle, en France et surtout en Angleterre, on supprima tout à fait le tirant et on composa la ferme au moyen de triangles reliés par des courbes moisées

## § VIII. — COMBLES A PLUS DE DEUX PENTES

### ÉTUDE DES GROUPES

#### I. — Définitions et notions générales.

**498.** Quand les combles ne se terminent pas par des pignons en maçonnerie, ou en charpente, on établit, à leur place, un pan de bois incliné de forme triangulaire, formant égoût. Ces pentes triangulaires

en charpente, placées aux extrémités d'un comble portent le nom de *groupes*. Si les murs sont à angle droit (fig. 731), la croupe est dite *croupe droite*; si, au contraire, les murs ne sont pas ainsi disposés, la croupe est dite *croupe biaise* (fig. 732). Si nous représentons en plan (fig. 733) l'indication schématique d'un comble ter-

miné par une croupe droite, par exemple, les grandes faces A du comble sont nommée *longs-pans* et les angles formés par la rencontre de ces longs-pans avec la croupe se nomment *angles d'arêtiers*. Les croupes

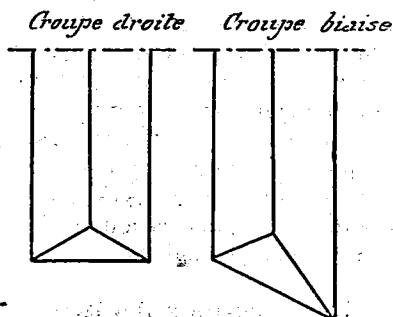


Fig. 731.

Fig. 732.

sont toujours formées par des moitiés de fermes. Celle qui est indiquée en *a* (fig. 733), se nomme *demi-ferme de croupe* et celles qui sont marquées par la lettre *b* se nomment *demi-fermes d'arêtiers*. Ces demi-

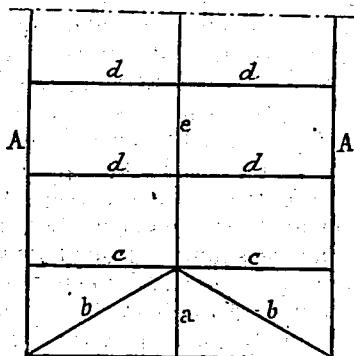


Fig. 733.

fermes *a* et *b* se réunissent au même point d'une autre ferme *c*, *c* qu'on nomme *ferme de croupe*. Les autres fermes *d* qu'on désigne sous le nom de fermes courantes se nomment aussi *fermes de longs-pans*. Toutes ces fermes sont réunies au faitage par une ligne droite longitudinale *e* parallèle aux faces de longs pans et qu'on désigne sous le nom de *ligne de couronnement*, *faîte* ou *ligne de faitage*.

La demi-ferme de croupe *a* ne s'emploie que dans les combles qui ont une assez

grande largeur et dans lesquels, il y a nécessité absolue de soutenir les pannes. Elle est placée, comme le montre la figure 733, dans le prolongement du faitage. Ces demi fermes de croupe sont ordinairement formées des mêmes pièces que les fermes de longs-pans. La pièce horizontale servant de tirant prend, dans cette demi-ferme, le nom de *demi-entrait*. Ce demi-entrait, comme nous le verrons plus loin, s'assemble par une de ses extrémités dans l'entrait des longs-pans et, de l'autre il repose simplement sur le mur pignon.

**492. Enrayure.** — Si nous considérons le plan des entrails de la croupe (fig. 734), ils forment ce qu'on appelle une *enrayure* à cause de sa ressemblance avec les rayons

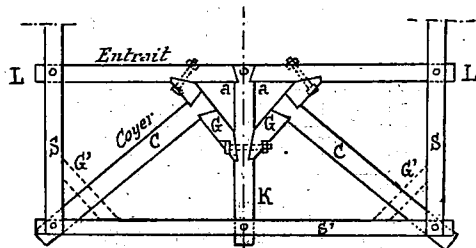


Fig. 734.

ou raies d'une roue. Dans une charpente quelconque, on nomme *enrayure* l'assemblage de toutes les pièces horizontales qui composent une ferme.

Dans une enrayure, l'entrait de long pan L, L s'assemble avec le demi-entrait de croupe K au moyen d'un assemblage *a* à mi-bois et en queue d'hironde. On pourrait également assembler les entrails des demi-fermes d'arêtiers avec l'entrait de long-pan ; mais il est préférable, pour ne pas trop affaiblir cette dernière pièce, de les assembler également à mi-bois et en queue d'hironde avec d'autres pièces G nommées *goussets*. Ces goussets sont assemblés diagonalement à l'aide d'embranchements maintenus par des boulons, d'une part dans l'entrait de la ferme de long pan et, de l'autre, dans l'entrait de la demi-ferme de croupe. Si l'on n'avait pas à sa disposition des bois d'une assez grande longueur, on pourrait, pour dimi-



nuer la portée des demi-entrants d'arêtiers, placer des goussets en G' et répéter en cet endroit les mêmes assemblages.

Le demi-entrant d'arétier est aussi connu sous le nom de *coyer*. Dans la construction d'une croupe, le *coyer* est une pièce placée horizontalement et qui va d'un poinçon ou d'un gousset à l'arétier auquel elle correspond. On l'assemble, comme nous le savons, dans le pied du poinçon où dans un gousset ; elle fait fonction d'entrant.

Les sablières SS' (fig. 734), qui reposent sur les entrants correspondants, s'assemblent entre elles à mi-bois. On consolide les assemblages au moyen de boulons.

Dans une croupe, on désigne sous le nom d'*empanons* des pièces K et K' (fig. 735) d'inégales longueurs qui s'appuient, par l'une de leurs extrémités sur les arêtiers

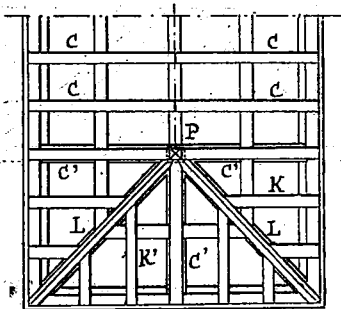


Fig. 735.

ou elles sont assemblées avec une pièce, spéciale L posée sur les arêtiers et qu'on nomme *chevron d'arétier* et, de l'autre, sur les sablières ou plate-formes SS' dont nous avons parlé précédemment. Ces pièces K et K' sont appelées *empanons* pour les distinguer des chevrons de long-pan C (fig. 735) qui, au lieu de reposer sur les arêtiers, s'appuient sur le faitage comme dans tous les combles. Les chevrons C' qui s'assemblent directement dans le poinçon P de la ferme de croupe et par le bas dans les sablières ou plate-formes sont souvent désignés, pour les distinguer des autres, sous le nom de *chevrons de croupe* ou de *ferme*.

Dans les charpentes soignées les faces supérieures des arbalétriers d'arétier se

composent de deux plans respectivement parallèles aux plans de croupe et de long plan.

Les empanons sont simplement cloués sur les chevrons d'arétier.

Dans une croupe on fait ordinairement sortir le poinçon du comble ; il passe à l'extrémité du faitage et sert pour placer au dehors, des épis, des girouettes ou autres ornements de couverture.

Dans certains cas, on fait les fermes de croupe plus inclinées que celles de long-pan afin de réduire la poussée, mais il est plus commode et plus rationnel de faire les pans également inclinés.

## II. — Croupes droites.

**500.** La figure 736 donne, en trois projections, la disposition classique d'une croupe droite. On y retrouve toutes les pièces dont nous avons parlé précédemment.

Il y a, dans cette croupe, quelques assemblages qu'il est utile d'indiquer.

La figure 737 montre comment les arbalétriers, au nombre de cinq, se rencontrent et s'assemblent sur le poinçon. Ces arbalétriers se croisent en *a, b, c, d* et on les coupe suivant des plans verticaux *ao, bo, co, do*. Les arbalétriers des fermes de croupe et de long-pan sont, comme le montre la figure, assemblés à embrèvement, avec le poinçon. Les arbalétriers d'arêtiers sont seulement appuyés sur le poinçon au moyen d'une entaille E (fig. 738) faite dans le bout de l'arétier à la demande du poinçon et suivant l'angle d'écartement de l'arétier. On dit dans ce cas que les arbalétriers d'arêtiers sont seulement *déjoutés*.

La figure 737 bis montre une autre manière d'assembler les arêtiers avec le poinçon : elle consiste à trancher le poinçon, diagonalement et perpendiculairement à son angle, à la demande de l'arétier qui est appuyé dessus et une coupe biaise par le bas C suivant son inclinaison ou sa pente. Cet arétier porte un tenon *t* qui reçoit une mortaise *m* faite dans le poinçon.

La figure 739 montre, à une échelle plus grande, l'indication du pied d'une

ferme avec la disposition du faux plancher | elle est percée, comme le montre le plan

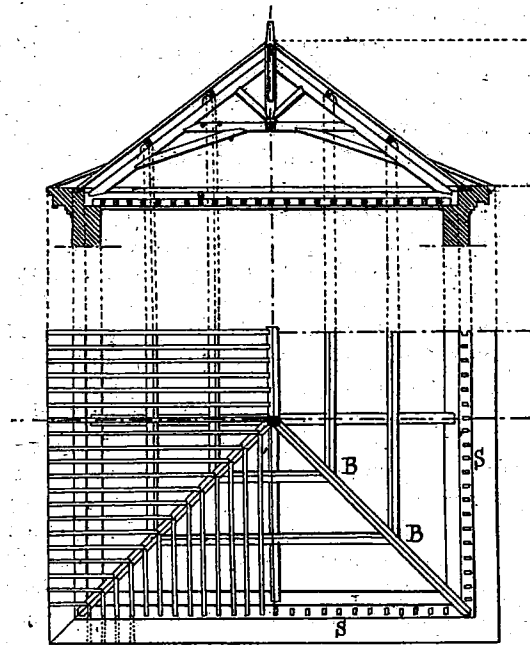


Fig. 736.

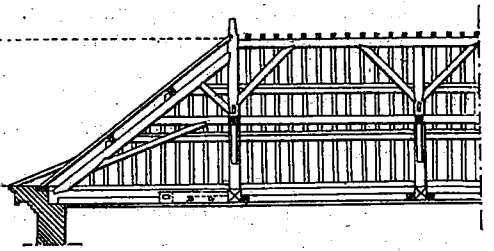


Fig. 737.

formé par des bastaings B. Les chevrons C

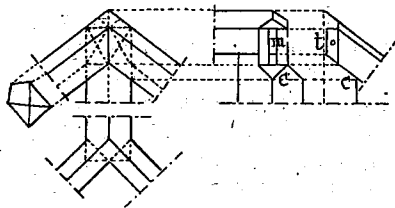


Fig. 737 bis.

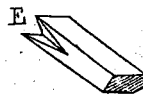


Fig. 738.

de cette figure, d'une série d'entailles devant recevoir l'about des chevrons. La figure 740 indique deux manières d'assembler les chevrons au faîtage.

La figure 741 montre en plan comment

reposent sur une sablière S. Cette sa-

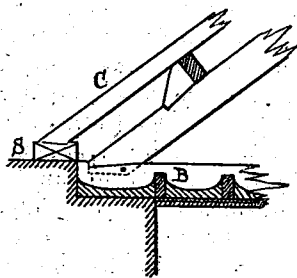


Fig. 739.

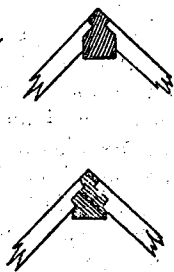


Fig. 740.

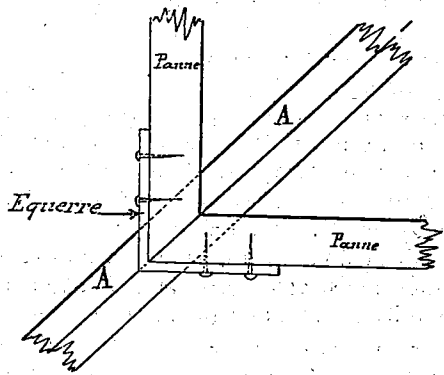


Fig. 741.

on assemble les pannes sur les arbalétriers. Ces pannes sont, comme le montre la figure, taillées en biseau; elles reposent sur l'arbalétrier A et leur écartement est

blière S existe également dans la figure 736;

maintenu invariable à l'aide d'une forte équerre en fer.

*Remarque.* — Si les faces supérieures de l'arbalétrier sont plus élevées que celles inférieures des pannes, on pourra, dans ce cas, comme nous l'indiquons en B (fig. 736), assembler directement les pannes avec l'arbalétrier.

La figure 742 donne la position d'un chevron d'arétier C par rapport aux pannes et à l'arbalétrier.

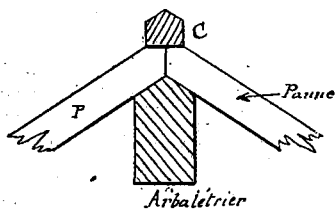


Fig. 742.

On pourrait encore donner d'autres assemblages, mais ceux qu'il nous reste à décrire étant les mêmes que ceux que nous avons étudiés pour les fermes ordinaires et dans l'étude des assemblages, nous y renvoyons nos lecteurs.

Les figures 743 nous donnent, en plan et en coupe longitudinale, la disposition d'une croupe droite. Ces figures montrent de plus, en N et en N', la forme en plan de noulets nécessités par la pénétration dans le comble de deux grands frontons en pierre placés sur chacune des façades longitudinales.

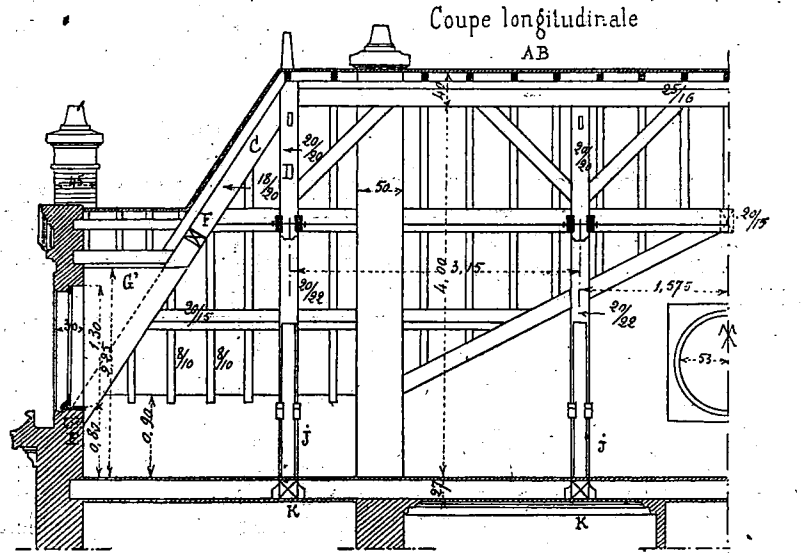
L'exemple de croupe droite que nous représentons (fig. 743) est plus complet que celui de la figure 736; il donne de plus diverses dispositions que nous allons énumérer. La croupe est dans ce cas formée de deux arêtiers C ayant un équarrissage de 18/20. Ces arêtiers s'assemblent, d'une part, dans le poinçon D de la ferme placée au sommet de la croupe et, de l'autre, dans une sablière ou plateforme en chêne E ayant un équarrissage de 8/22. Les pannes F, soit de long-pan, soit de croupe, sont assemblées directement dans l'épaisseur de ces arêtiers et, comme elles ont même hauteur, elles affleurent ces pièces en haut et en bas. Par suite de

l'existence d'une lucarne, dont la pénétration est indiquée en G et G', il n'existe pas, suivant AD, de demi-ferme de croupe. Cette lucarne est construite en pierre. La figure 743 montre comment, à l'aide d'une charpente en bois, très simple, elle se raccorde avec la croupe droite.

En H la figure 743 montre les dispositions à adopter pour le passage des tuyaux de fumée en façade ou placés dans des murs de refend. Il faut avoir soin d'isoler les tuyaux des pièces de bois qui les environnent en laissant la distance réglementaire de 0<sup>m</sup>,16 entre le parement extérieur de ces tuyaux et les pièces de bois qui les entourent. En I, cette figure nous indique la disposition à adopter pour placer dans le comble de petits châssis vitrés servant à éclairer des pièces secondaires.

Les fermes de long pan, J ont, pour entrain, de fortes pièces de bois K placées dans l'épaisseur du plancher et doublées de deux lambourdes servant à l'assemblage des solives de ce plancher. Dans cette croupe, les empanons sont cloués directement sur les arêtiers.

Nous savons qu'il faut, autant que possible, disposer les fermes de la charpente pour qu'il y en ait toujours une en face du sommet des croupes, mais il peut se présenter des cas où, par suite du rapprochement trop grand de cette ferme et de la suivante, on puisse, par raison d'économie ou pour tout autre motif, supprimer l'une de ces fermes, celle de croupe par exemple. On obtient alors la disposition indiquée en plan et en coupe longitudinale (fig. 744). Nous trouvons, dans cet exemple, une croupe formée par un petit poinçon D, moisé par deux petits bouts d'entrains L, deux arêtiers C venant comme précédemment se fixer sur le poinçon D et sur une sablière ou plateforme en chêne E. La demi-ferme de croupe n'existe pas par suite de la pénétration d'une lucarne indiquée par les lettres G et G'. Cette lucarne est plus simple que la précédente: c'est pour ainsi dire un véritable oeil-de-bœuf. A une distance de 1<sup>m</sup>,40 de la croupe, nous avons en J l'indication d'une ferme courante; puis, à une distance de 3<sup>m</sup>,16 de cette ferme, nous



Plan.

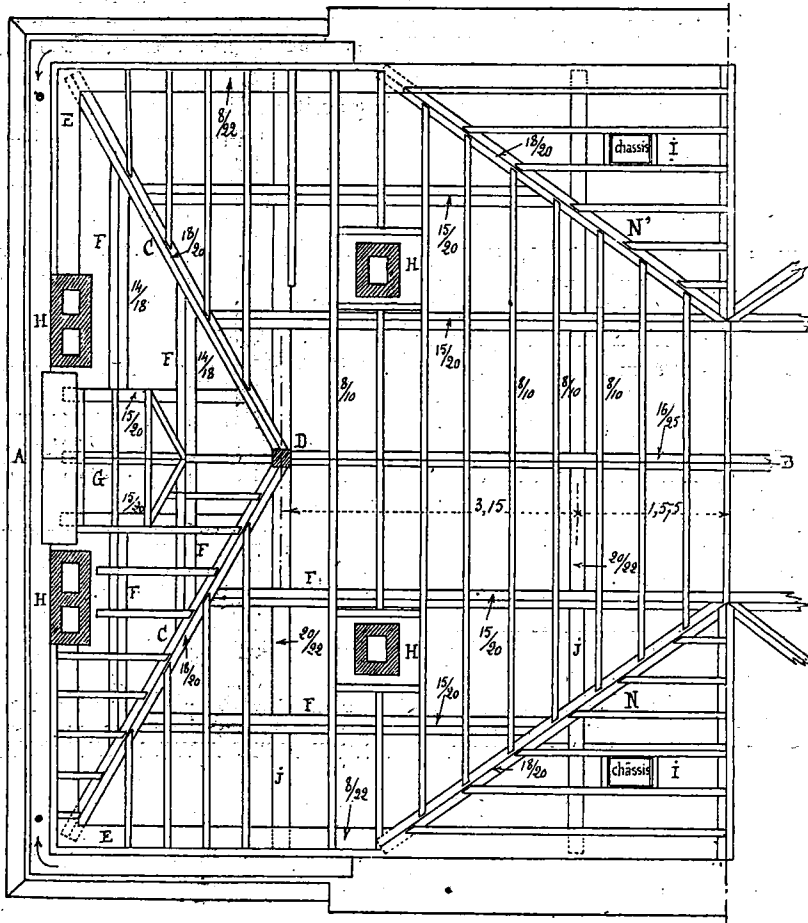


Fig. 743.

avons, en M, un mur de refend servant dans l'exemple précédent, nous retrouvons, en H, la disposition de tuyaux de fumée en pénétration dans le comble ; en

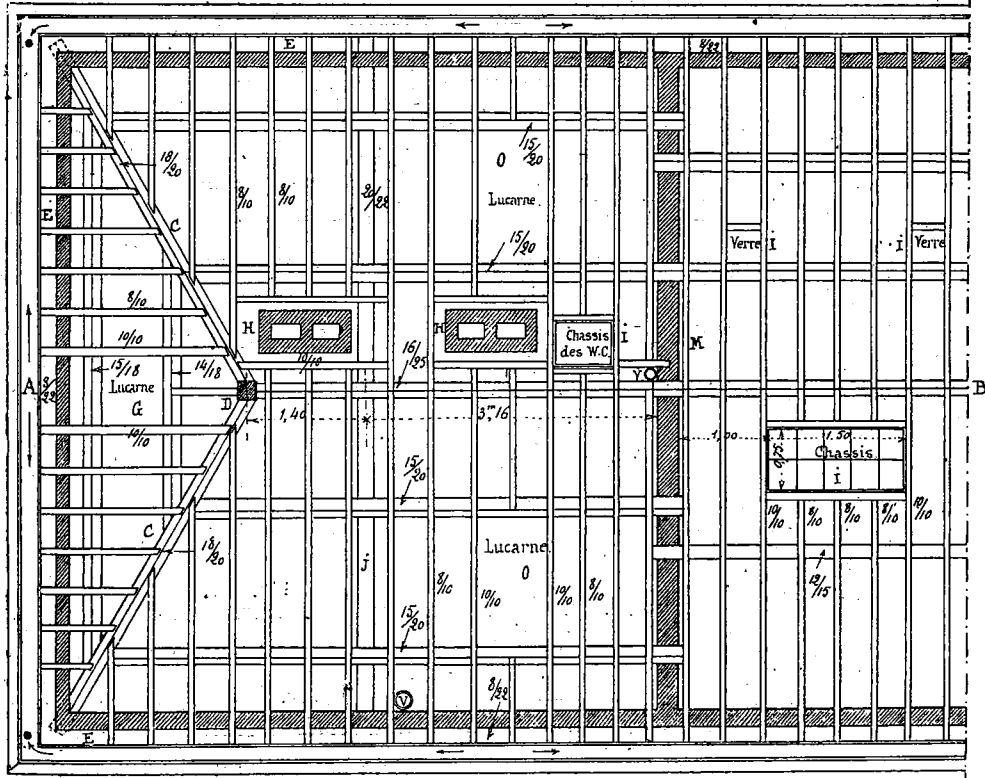
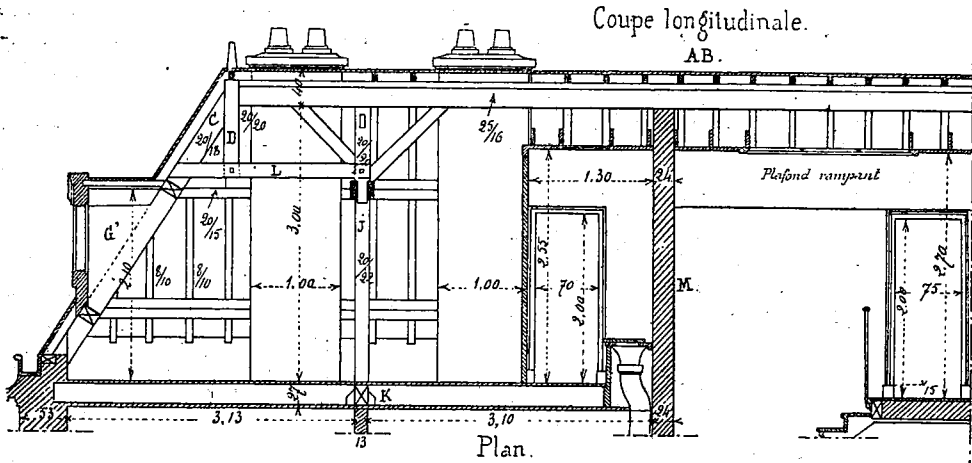


Fig. 744.

I, l'indication de châssis vitrés ; puis en O, deux lucarnes identiques à la lucarne le vide à laisser pour la pénétration de GG'. La ferme JJ repose comme dans le

cas précédent, sur une poutre K placée dans l'épaisseur du plancher et doublée de deux lambourdes supportant les solives de ce plancher.

### Problème.

**501.** Trouver, dans une croupe droite, la vraie longueur du faitage des arêtiers et la surface en vraie grandeur de chacun des versants.

Soit (fig 745), en ABCD, le plan d'un bâtiment terminé par deux croupes droites. Il nous sera facile de trouver la longueur du faitage et la direction des arêtiers. Pour cela, après avoir mené en EF l'axe

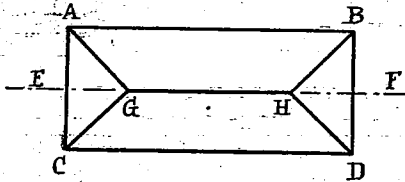


Fig. 745.

du bâtiment, on divisera en deux angles égaux chacun des angles en A, B, C, D et en continuant la ligne qui les divise en deux et qu'on nomme *bissectrice* jusqu'à sa rencontre avec la ligne EF qui représente la direction du faitage. Les bissectrices AG, CG, BH et DH étant menées, la ligne GH représentera en grandeur et en direction le faitage du comble terminé par les deux croupes CGA et DIB.

Pour avoir la vraie grandeur de l'arétier, on construit un triangle rectangle dont l'un des petits côtés est égal à la hauteur du comble de l'entrait au faitage et dont l'autre est égal à la projection horizontale de l'arétier.

Soit (fig. 746) à trouver la vraie grandeur des arêtiers de croupe [BH et DH]. Sur une ligne quelconque XY parallèle à la ligne IJ direction de la ferme de croupe passant par le sommet H de cette croupe, on projette en L, N, M les points B, H, D; puis, sur une verticale NK, on porte la hauteur du comble de l'entrait au faitage. En joignant KL et KM le triangle LKM

représentera le profil de la ferme de croupe projetée en IJ. Du point H comme centre et avec HB comme rayon, on décrit l'arc de cercle BO et on projette le point O en P sur la ligne XY. En joignant PK, cette ligne donnera la vraie grandeur de chacun des arêtiers HB et HD.

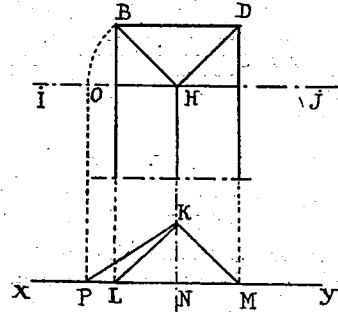


Fig. 746.

Pour obtenir la surface des versants en vraie grandeur, on effectue leur rabattement autour de la ligne d'égout comme le montre la figure 747. Soit ABCD le plan

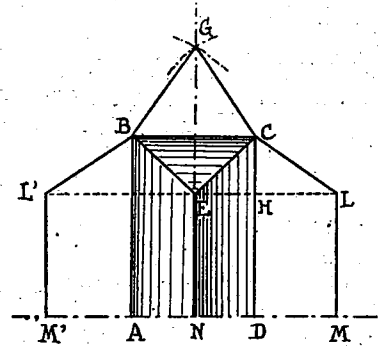


Fig. 747.

d'un comble terminé par une croupe droite; EB et EC sont les projections des deux arêtiers. Faisons (fig. 748) FG égal à la hauteur de l'entrait au faitage (hauteur donnée par la pente à adopter suivant le mode de couverture employé), HG égal à EB développé comme nous l'avons indiqué précédemment. Dans cette figure, la ligne IF représente la longueur des chevrons,

de long-pan et IH la longueur de chacun des arêtiers. Par le point E (fig. 747), on mène une ligne EH, parallèle à BC et sur cette droite, on porte une longueur  $HL = FI$  de la figure 748. On joint CL et,

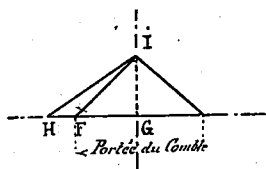


Fig. 748.

par le point L, on mène une parallèle à CD. La surface CDML représente alors le rabattement du pan NECD sur le plan horizontal. En opérant de même, on aura le versant opposé.

Il nous reste à tracer le rabattement de la croupe. Pour cela, il suffit, des points B et C (fig. 747) comme centres et avec la longueur des arêtiers développés comme rayons, de décrire deux arcs de cercle qui se coupent au point G. En joignant le point G aux deux autres points B et C, le triangle BGC. donnera la vraie grandeur de la croupe. En repliant vers le faitage EN le triangle BGC et les deux trapèzes ABML' et DCLM, on aura la forme réelle du comble qu'on étudie. On se rendra facilement compte de cette forme en découpant la figure ainsi formée dans du papier un peu fort et à une plus grande échelle.

### III. — Croupes biaises.

**502.** On dit qu'une croupe est *biaise* lorsque, dans une croupe ordinaire, le mur latéral d'un bâtiment n'est pas perpendiculaire à l'axe de ce bâtiment. Dans ce cas les arêtiers sont d'inégales longueurs.

La charpente des croupes biaises reçoit sur celle des croupes droites quelques modifications. Nous donnons (fig. 749, 750 et 751) la disposition de trois types de croupes biaises variant suivant l'inclinaison du mur pignon du bâtiment. Si le biais du bâtiment à couvrir n'est pas très prononcé, la dernière ferme trans-

versale reste perpendiculaire à la direction du long pan, comme nous le voyons (fig. 749 et 750). Dans ce cas, le chevron

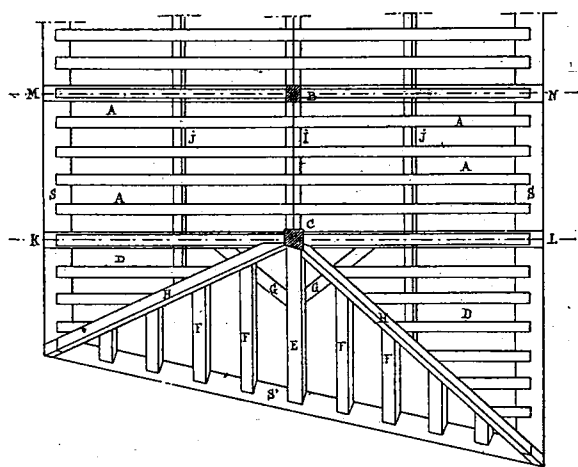


Fig. 749.

de croupe peut être dans le prolongement du faitage, comme le montre la figure 749 et les empanons lui sont parallèles ; mais, si l'on veut que les faces latérales

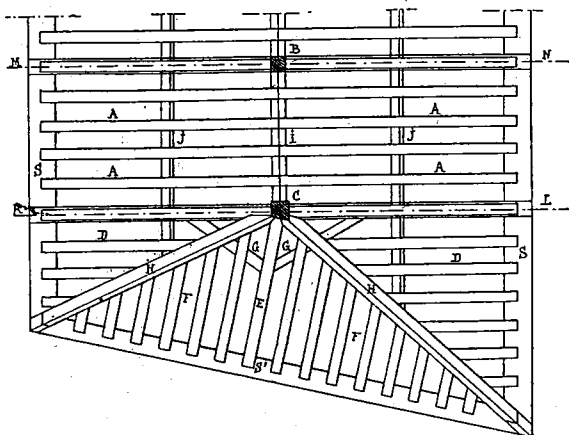


Fig. 750

de tous ces chevrons soient comprises dans des plans verticaux, il faut *délarder* ces pièces en dessus et en dessous pour que leurs faces supérieure et inférieure restent parallèles au pan de croupe. Les sections des chevrons deviennent des parallélogrammes.

Si on leur laisse la forme rectangulaire, les faces latérales ne sont plus verticales, mais perpendiculaires au pan de croupe : c'est ce qu'on appelle *empanons déversés*.

Lorsque le biais dumur pignon est très prononcé, comme nous le voyons dans la

J; pannes des fermes de long-pan (quand la longueur des chevrons A n'est pas trop grande on peut supprimer ces pannes) KCL plan de la ferme de croupe ; MBN, plan d'une ferme de long-pan ; S, sablière de long-pan ; S' sablière de croupe.

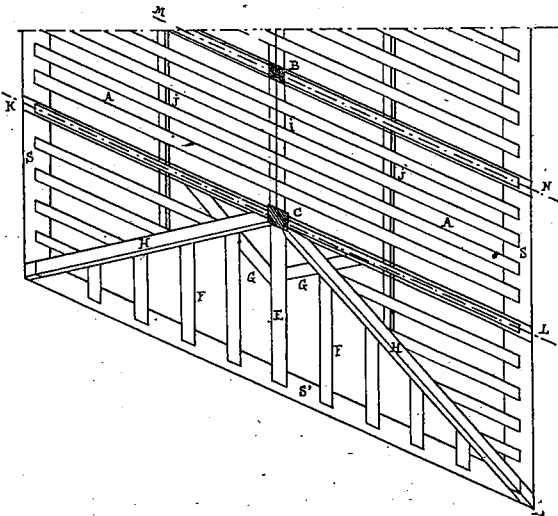


Fig. 751.

figure 751, on dirige obliquement la dernière ferme transversale et on la place parallèlement au mur pignon.

On peut diriger les empanons de croupe parallèlement à la ligne de faitage. La figure 750 donne un exemple de croupe biaisée dans laquelle les empanons et le chevron de croupe sont dirigés perpendiculairement au mur pignon du bâtiment.

Dans ces trois figures, nous désignons les différentes pièces par les lettres suivantes :

- A, chevrons des fermes de long-pan ;
- B, poinçon des fermes de long-pan ;
- C, poinçon de la ferme de croupe (dans les croupes biaisées ce poinçon prend souvent des formes bizarres comme nous pouvons le voir dans les trois exemples donnés ci-dessus) ;
- D, empanons de long-pan ;
- E, chevron de croupe.
- F, empanons de croupe ;
- G, plan des goussets de l'enrayure ;
- H, arêtiers ;
- I, ligne de faitage ou simplement faitage ;

**Problème.**

**503.** *Étant donné le plan d'un bâtiment, tracer la croupe biaisée remplaçant un pignon en maçonnerie.*

Soit ABCD (fig. 752) le plan d'un bâtiment terminé suivant BC par un mur biais. Pour tracer la croupe biaisée correspondante, on mène la ligne EF parallèle à AB et à CD sur le milieu E de AD. Cette ligne représente la projection de la ligne de faite ou le faitage. Au point B, on élève une droite BG perpendiculaire sur BC. On prend BG = AE ou demi-largeur du bâtiment ; puis, par le point G, on mène une parallèle à BC jusqu'à G, rencontre en F avec la ligne de faitage. En joignant

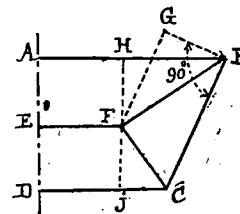


Fig. 752.

FB et FC, ces deux droites représentent les projections des deux arêtiers de la croupe biaisée. En HFJ se projette la ferme de croupe. Cette ferme est supposée placée perpendiculairement aux murs de face longitudinaux.

**Problème.**

**504.** *Trouver la vraie grandeur des arêtiers d'une croupe biaisée et la surface vraie de chacun des versants.*

La hauteur du comble, de l'entrait au faitage, étant connue, il est facile d'arriver à la véritable longueur des arêtiers.



Soit EFGH (*fig. 753*) le plan d'un comble terminé par une croupe biaise ECF. Soit CD (*fig. 754*), la hauteur du comble. On prend (*fig. 753*), la distance EC qu'on porte (*fig. 754*), de D en E. On prend de même la longueur FC qu'on porte de D

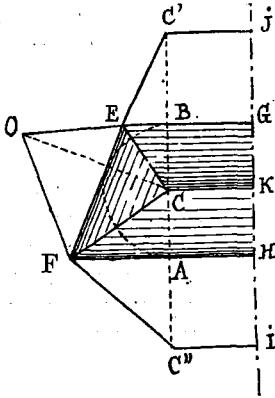


Fig. 753.

en F (*fig. 754*). Les lignes CE et CF de la figure 754 donneront les vraies grandeurs des arêtiers CE et CF de la figure 753.

Pour obtenir les versants en vraie grandeur, il suffira, après avoir mené la ligne CCC'' (*fig. 753*) perpendiculairement aux deux faces longitudinales EG et FH, de décrire, du point F comme centre avec une longueur FC (*fig. 754*), un arc de cercle qui coupera la ligne CC'' en C''. En

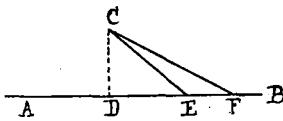


Fig. 754

joignant FC'' et en menant par C'' une parallèle C''I à FH, le trapèze FHC''I donnera la vraie grandeur du versant CKFH. En opérant de même du point E avec CE (*fig. 754*) comme rayon, on obtiendra le point C' et le trapèze EGJC' sera la vraie grandeur du versant ECGK. La croupe biaise ECF se rabattra suivant le triangle EOF qui représentera la vraie grandeur de cette croupe.

Sciences générales.

#### IV. — Croupes dans les combles dont la base est un trapèze. Combles à versants gauches.

505. Ces combles existent dans un bâtiment lorsque les murs longitudinaux

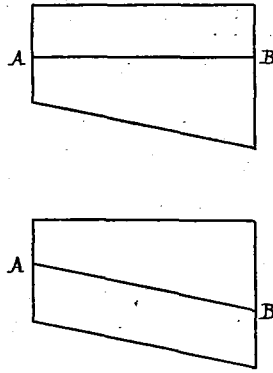


Fig. 755.

ne sont pas parallèles entre eux. Les murs pignons peuvent dans ce cas faire, avec les murs longitudinaux, un angle droit, aigu ou obtus. Le plus souvent, afin de simplifier la charpente, on dirige ordinairement le faitage parallèlement à l'un des murs longitudinaux comme nous le voyons (*fig. 755*). Il arrive alors que l'un des versants reste parfaitement plan, tandis que l'autre, celui pour lequel le faitage est

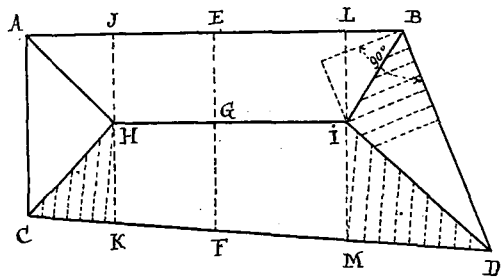


Fig. 756.

oblique par rapport à l'égoût, devient une surface gauche.

Les croupes, dans un comble à surface gauche, sont toujours des surfaces planes. Leur intersection avec la surface gauche

n'est jamais une droite mais une courbe qu'il faut déterminer pour pouvoir faire le tracé de l'arétier. En pratique, on évite, autant que possible, les arêtiers courbes. Nous aurons donc à examiner le cas d'une croupe avec arêtiers droits et le cas d'une croupe avec arêtiers courbes.

Le tracé dans le cas de l'arétier droit est très simple. Soit, en ABCD (*fig. 756*), le plan du bâtiment. Par le milieu de AB, on mène une droite EF perpendiculaire sur AB. Par le milieu G de cette droite, on mène la ligne de faitage HI parallèlement à AB. Au point A, on mène la droite AH bissectrice de l'angle qui, avec s'entrechose avec la ligne de faitage, donne le point H. On mène ensuite l'arétier BI en le traçant comme nous l'avons indiqué (*fig. 754*) pour une croupe biaise ordinaire.

En joignant HC et ID, nous aurons la direction des deux autres arêtiers. Pour que les arêtiers restent rectilignes, il faut que les parties de versant qui intersectent les croupes soient des surfaces planes.

Pour cela, on fixe la position des fermes d'appui JK et LM et on donne aux surfaces triangulaires CHK et MID une forme plane tandis que KHIM reste une surface gauche. On détermine ainsi une légère brisure en face des lignes de raccordement des trois surfaces. Les chevrons de la partie KHIM seront parallèles aux fermes JK et LM et les empanons des extrémités triangulaires seront perpendiculaires à la ligne d'égout du versant.

*Observation.* — On pourrait, dans ce cas, déterminer la direction des pannes du faitage et des chevrons et on obtient les

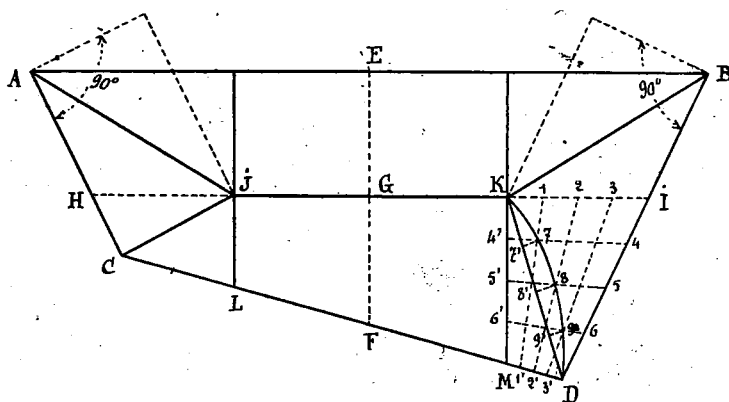


Fig. 757.

rabattements, le biais des chevrons, celui des pannes, etc., ainsi que la longueur des plus grandes pentes par les moyens que nous avons indiqués précédemment en parlant des combles à deux versants inégaux présentant des surfaces gauches. Quant aux empanons, ils doivent toujours avoir leurs projections horizontales perpendiculaires aux murs sur lesquels ils s'appuient et jamais, dans aucun cas, les croupes ne doivent présenter de surfaces gauches, parce qu'il est toujours possible de faire passer un plan par trois points donnés qui sont ici, les trois angles de la croupe.

Supposons que nous voulions tracer la forme d'un arétier courbe. Soit ABCD (*fig. 757*), le plan du comble. On détermine, comme précédemment, la ligne EF et on prend  $EG = GF$ . Par le point G, on mène une droite HI parallèle à AB. Cette droite représente la projection de la ligne du faitage. Pour obtenir les points JK, extrémités de la ligne de faite, on opère comme nous l'avons vu (*fig. 752*). La surface ABKJ est plane puisqu'elle contient les deux parallèles JK et AB. Pour obtenir les arêtiers du côté de la surface gauche, on trace d'abord les lignes JL et KM des fermes de croupe et on divise chacun des

côtés du quadrilatère KIMD en un nombre déterminé de parties égales, en quatre, par exemple.

On obtient ainsi les points de division 123, 1'2'3'; puis, sur l'autre côté 456, 4'5'6', on joint les points correspondants par des droites qui se coupent entre elles. En joignant les points de rencontre par une courbe, on aura la projection horizontale de l'arétier. On opère de même pour le quadrilatère HJLC. Les croupes AJC et BKD sont planes, tandis que la surface JKCD est gauche.

La projection de l'arétier sur le plan vertical KD s'obtient comme suit. On projète les points 7,8,9, par des perpendicu-

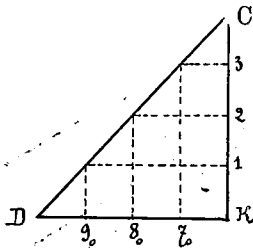


Fig. 758.

liaires sur la ligne KD, en 7',8',9'; puis, sur une horizontale KD, (fig. 758), prise égale à la droite KD de la figure 757, on porte des longueurs D9,8,7, égales entre elles et on mène des verticales par ces points. On fait ensuite KC égal à la hauteur du comble de l'entrait au faitage et on divise cette droite, comme précédemment, en quatre parties égales; puis, par les points 1,2,3, on mène des horizontales. En prenant leur rencontre avec les verticales menées par 9, 8, 7, on obtient une ligne DC qui sera la projection verticale de l'arétier.

**Noues et noulets.**

I. — DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES.

**506.** On appelle *noeu*, l'angle rampant formé par la rencontre de deux toits. La noeu est une pièce placée dans l'angle rentrant formé par deux versants de comble et faisant l'effet contraire de l'arétier. L'arétier fait, comme nous l'avons vu, une

arête saillante; la noeu, au contraire, fait une arête rentrante.

Dans l'intersection de deux combles formés de surfaces planes, nous aurons à distinguer deux cas. Le premier est celui où les faitages sont à la même hauteur et on obtient, dans ce cas, les noues dont nous venons de donner la définition. Dans le deuxième, c'est-à-dire celui où les faitages n'ont pas la même hauteur, le comble qui sera le moins élevé rencontrera, soit perpendiculairement, soit obliquement, une des faces de l'autre comble.

A la rencontre des plans des lattis, on place, sur le plan du grand comble, une espèce de ferme couchée à laquelle on donne le nom de *noulet* et dont les branches sont taillées en biais pour faciliter le raccordement des surfaces des deux combles et aussi afin de recevoir les assemblages des empanons. On peut donc définir le noulet de la manière suivante: C'est une sorte de ferme placée à la rencontre de deux combles dont les faitages ne sont pas à la même hauteur et dans laquelle on assemble les empanons.

II. — DIFFÉRENTES DISPOSITIONS DES NOUES.

**507.** Lorsque deux combles se rencontrent, ils peuvent, les deux bâtiments

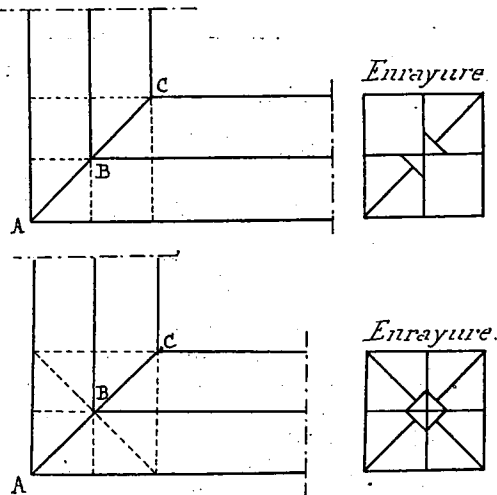


Fig. 759.

ayant même largeur, prendre les trois

dispositions représentées (fig. 759, 760, et 761) selon que l'angle formé par cette rencontre est droit, aigu ou obtus. Les combles ayant même largeur, on obtiendra, en plan, la ligne de pénétration en joignant simplement, par une droite, les

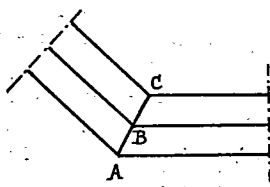


Fig. 760.

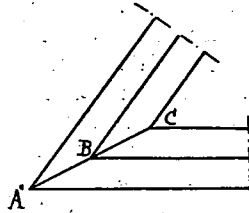


Fig. 761.

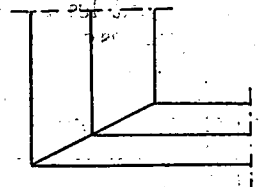


Fig. 762.

points d'intersection des rives intérieures et extérieures. Cette intersection sera encore une droite quand deux toits de même hauteur, mais de largeurs différentes, se rencontrent à angle droit comme le montre la figure 762. Dans les quatre cas ci-dessus, le faitage de chacun des combles se trouve dans l'axe de chaque bâtiment. Les lignes de faitage se coupent en un point B et l'intersection donne des *noues*

fussent inégales ou que leur rencontre fût oblique, il n'en serait plus ainsi et il

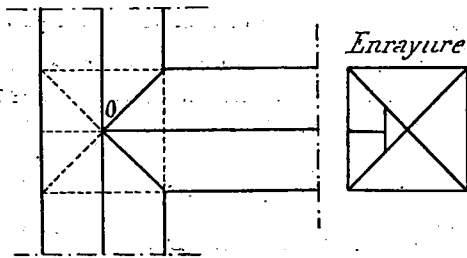


Fig. 763.

en BC et des *arêtiers* en AB. Lorsque deux combles se rencontrent en plein, soit perpendiculairement (fig. 763), soit obliquement (fig. 764) et que les deux bâtiments ont même largeur ou non, mais même hauteur, les deux faitages sont dans un même plan horizontal. Il en résulte une double intersection à chacune desquelles on place une *noue*. Les arêtes de ces intersections peuvent être égales comme dans la figure 763 et donner deux *noues* symétriquement disposées par rapport au point de rencontre O des faitages; mais si, au contraire, il arrivait que leurs largeurs

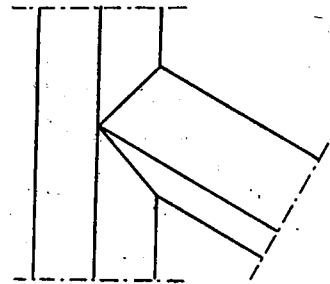


Fig. 764.

faudrait alors dévoyer la *noue*. Dans les figures 759 et 763, nous donnons, en plan,

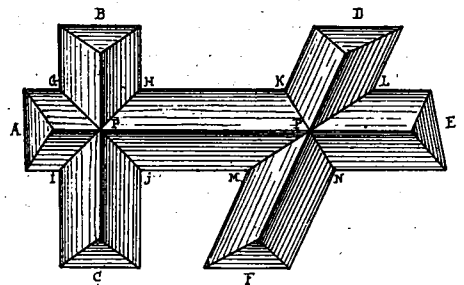


Fig. 765.

la forme des *enrayures* comme simple indication.

La figure 765 représente, en plan, la forme d'un bâtiment dans lequel nous avons groupé les intersections qu'on ren-

contre le plus souvent dans l'étude d'une construction. En ABC, nous avons indiqué des croupes droites; en DEF, des croupes biaises; en GHIJ, une noue droite; enfin, en KLMN, une noue biaise. Nous avons déjà donné, en plan, la forme d'une croupe droite et d'une croupe biaise. Il nous reste donc à faire connaître celle de la noue droite et celle d'une noue biaise. - La figure 766 montre, en plan, la dis-

position d'une noue droite dans laquelle nous indiquons, en GHIJ, les quatre points représentés dans le petit plan (fig. 765). En P, se trouve le poinçon commun aux quatre arêtes diagonales formant noues et aux faitages des deux bâtiments à angle droit. En Q, se trouvent les quatre poinçons des fermes courantes des deux bâtiments. C'est entre les quatre fermes transversales GQH, IQJ, GQI et HQJ que se trou-

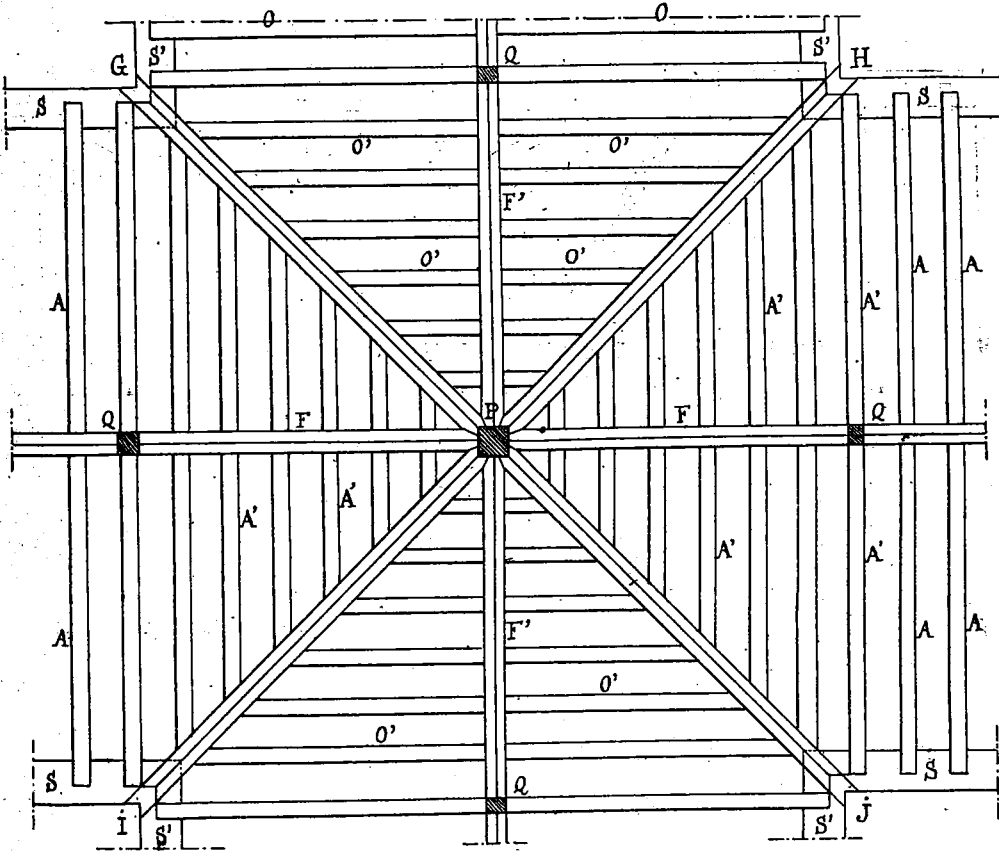


Fig. 766.

vent les noues. Comme l'indique très bien par les ombres, la figure 765, les quatre points G, H, I et J sont des points bas et le point P est un sommet placé à la même hauteur que les points Q des autres fermes longitudinales.

Dans le croquis de la figure 766, les chevrons de l'un des bâtiments sont marqués de la lettre A. Les empanons du

même toit sont désignés par la lettre A'. Les chevrons et les empanons de l'autre bâtiment sont désignés par les lettres O et O'. Les faitages correspondants à ces deux bâtiments sont représentés, en plan, par les lettres F et F'. Les sablières S et S', placées à plat sur les murs des bâtiments, reçoivent l'assemblage du pied des chevrons A et O. Les empanons sont assemblés

par le bas dans les noues et, par le haut, dans les faitages F et F'. Dans cet exemple, les bâtiments étant d'égales largeurs et se rencontrant à angle droit, les quatre noues PG, PH, PI, PJ sont égales.

La figure 767 donne la projection horizontale de la noue biaise représentée, dans le croquis de la figure 765, par les lettres

KLMN. Les bâtiments, quoique égaux en largeur, se coupent sous un angle qui n'est pas droit. Les noues PK, PN, PL, PM sont égales deux à deux. Le poinçon P leur est commun ainsi qu'aux fermes longitudinales des deux bâtiments répondant aux faitages F et F'. Les chevrons A, O sont dirigés perpendiculairement aux

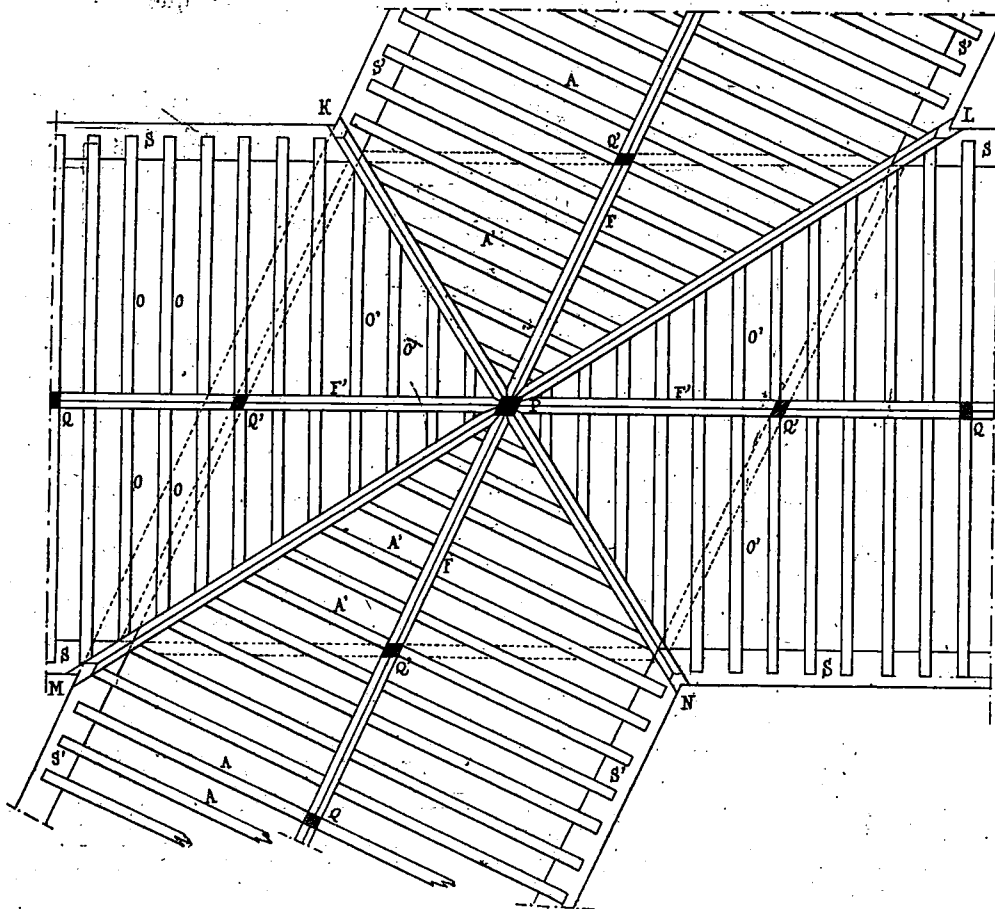


Fig. 767.

faitages des bâtiments auxquels ils appartiennent. Les empanons A' et O' ont la même direction que les chevrons; ils s'appuient par le haut contre les faitages et, dans le bas, ils s'assemblent à tétons et mortaises dans les noues. Les chevrons également appliqués contre les faitages, sont embrevés dans les sablières.

Quatre poinçons, indiqués comme pré-

cedemment par la lettre Q, appartiennent aux quatre fermes transversales des comble, entre lesquelles sont les quatre noues.

Quand l'angle sous lequel les bâtiments se rencontrent diffère beaucoup d'un angle droit, la distance des poinçons Q des fermes transversales au poinçon commun P est trop grande pour que le faitage et les pannes, lorsqu'il y en a, puissent se

soutenir d'une seule portée entre une ferme transversale quelconque et une des noues. On est alors obligé d'établir comme nous l'avons indiqué en pointillé dans la figure 767, dans la direction des murs de face, quatre fermes biaises MQ'K, KQ'L, LQ'N, NQ'M dont les poinçons, marqués en Q', soutiennent les faitages qui s'assemblent et leurs arbalétriers soutiennent les pannes. Si l'un des murs se trouve prolongé intérieurement comme nous l'indiquons suivant MK, il peut alors dispenser d'une ferme biaise qu'il remplace pour soutenir le faitage et les pannes.

Nous donnons ces deux types de noues comme simple indication. Nous y reviendrons pour en parler plus longuement dans le tracé des épures.

Les noues, ainsi que les empanons qui s'y assemblent, peuvent être *déclardées* ou *déversées*. Nous indiquerons également les diverses dispositions en donnant le tracé des épures.

### III. — DES NOULETS.

**508.** Lorsque les combles sont perpendiculaires entre eux, le noulet est droit comme le montre la figure 768, et ses bran-

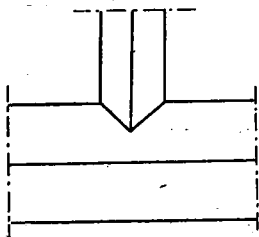


Fig 768.

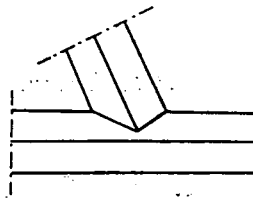


Fig. 769.

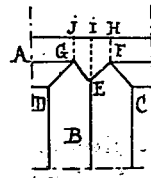


Fig. 770.

ches sont égales. On dit, au contraire, qu'un noulet est biais (*fig. 769*), lorsque la rencontre des combles est oblique. Alors, les deux branches du noulet sont inégales et ont une inclinaison différente. Comme le montre la figure 743, le noulet droit est très simple. L'exécution du noulet biais présentant un peu plus de

se faire d'une manière différente. Soit (*fig. 770*) deux bâtiments A et B n'ayant pas la même largeur. On commence par tracer les lignes de faitage dans l'axe des deux corps de bâtiments. On mène ensuite, par les points C et D, intersection des lignes d'égout, les noues à 45° jusqu'à leur rencontre avec le faitage le moins élevé. On prolonge alors le second versant

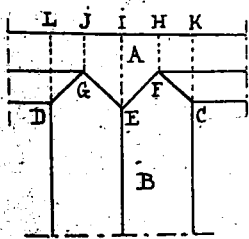


Fig. 771.

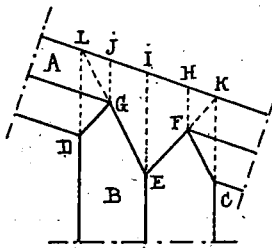


Fig. 772.

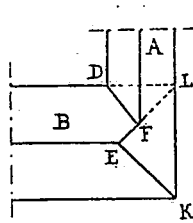


Fig. 773.

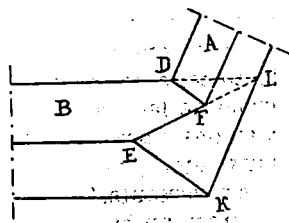


Fig. 774.

difficultés, nous en donnerons, dans un chapitre suivant, l'épure et la construction, ses véritables dimensions, la coupe du bas, celle du haut et les assemblages.

Quand la hauteur de deux bâtiments n'est plus la même, le raccordement doit

du petit comble jusqu'au faitage du grand et on obtient deux petites portions d'arêtiers EF et EG. Pour construire cette intersection, on place ordinairement des demi-fermes suivant les lignes FH, EI, GJ. Le tracé est aussi très simple. Soit

(fig. 771 et 772), deux bâtiments A et B n'ayant ni même hauteur, ni même largeur. Pour tracer l'intersection, supposons que nous prolongions le bâtiment B jusqu'à la ligne KL et traçons les croupes KEL à la manière ordinaire. Il nous suffira alors, pour avoir le tracé de l'intersection du grand comble avec le petit, de prendre les points de rencontre de ces croupes avec le faitage du petit bâtiment, en F et G, et de joindre ces deux points F, G aux points C et D, rencontre des deux égouts. Comme nous l'avons vu précédemment, on place des demi-fermes suivant les lignes FH, EI et GJ et des fermes entières suivant les lignes CK et DL. Si, comme le montrent les figures 773

et 774, les deux bâtiments se terminent à l'angle qu'ils forment entre eux, la disposition et le tracé précédent sont encore applicables. On continue de même le bâtiment B jusqu'à la ligne KL. On forme la croupe KEL. On prend son intersection en F avec la ligne de faitage du petit bâtiment et on joint FD. On détermine ainsi l'arétier EF, l'arétier EK et la noue FD.

Il sera facile, avec ce procédé d'intersection, de faire l'étude et le tracé complet d'un bâtiment présentant un nombre quelconque de rencontres de toits entre eux.

On obtiendra toujours, comme dans les exemples étudiés ci-dessus, des arêtiers tronqués tels que EF, des arêtiers complets et une série de noues.

## § IX. — DIVERS TYPES DE COMBLES

### I. Combles pyramidaux ou à plusieurs pentes. — Combles en pavillons.

**509.** On donne ordinairement le nom de *combles pyramidaux* ou de *forme pyramidale* à ceux qui sont exécutés sur des constructions dont le plan est carré ou polygonal. Ces combles sont composés d'autant de versants triangulaires que le polygone a de côtés ou d'angles et l'ensemble forme une pyramide. La hauteur de ce genre de comble est très variable; elle est rarement moindre que le tiers de la largeur de la construction et ne dépasse pas le double de cette largeur. Ces combles sont aussi connus sous le nom de *combles en pavillons* et, suivant la forme de leur base, on les distingue en pavillons carrés, pentagonaux, hexagonaux, etc., selon qu'il y a quatre, cinq ou six versants.

Lorsqu'un bâtiment est élevé en pavillon sur un plan dont les quatre côtés sont égaux, on peut, comme le montre la figure 773, le couvrir par un toit ordinaire à deux égouts dont le faitage serait la ligne AB. Mais il peut arriver aussi qu'il n'y ait aucune raison pour exécuter en pignons deux de ses façades plutôt

que les deux autres. On fait alors les quatre façades semblables, c'est-à-dire toutes les quatre en pignons ou toutes les quatre terminées par des pans se réunissant en un sommet par le haut. Dans le premier cas, un toit à deux égouts devant répondre à chaque pignon, il en résulte, pour le comble, quatre toits à deux égouts comme le montre la figure 776. Il existe alors deux faitages AB et DE horizontaux et se croisant en un point C, répondant aux sommets des pignons et quatre arêtes creuses CI, CO, CV, CU qui sont des noues aboutissant aux angles du bâtiment.

Cette disposition est rarement employée. Elle est remplacée par une autre beaucoup plus simple et préférable au point de vue de la simplicité de construction. Dans cette dernière, qui forme le deuxième cas cité plus haut, les quatre façades portent chacune l'égout d'un pan de toit. Les quatre pans de toit qui en résultent sont représentés en plan (fig. 777) pour un pavillon de forme carrée ou pour un pavillon dont le plan serait un losange. Ces deux exemples donnent chacun une pyramide quadrangulaire. Les quatre intersections des pans des quatre toits formant des arêtes saillantes. Quand,



dans un bâtiment, la longueur est peu différente de la largeur, comme le montre la figure 778, on peut encore lui donner la forme d'un comble en pa-

villon et les quatre pans du toit n'ont pas la même inclinaison. Les pentes sont égales pour ceux qui correspondent à des façades parallèles.



Fig. 775.

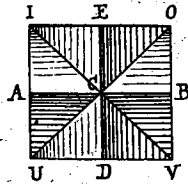


Fig. 776.

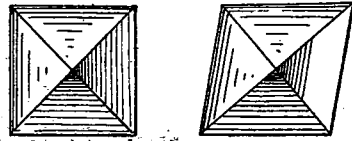


Fig. 777.

Dans un pavillon carré, la forme de l'entraxe est indiquée en croquis (fig. 779). Les entraxes E et E' se croisent et sont

rayure prend alors la forme indiquée (fig. 780).

La figure 781 représente en ABCD le plan d'un pavillon carré, la charpente étant mise à découvert. Les pièces *a*, qui sont les arêtiers, soutiennent les arêtes formées par la réunion des pentes triangulaires et servent en même temps d'appui aux chevrons.

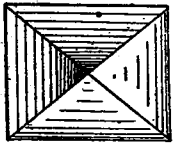


Fig. 778.

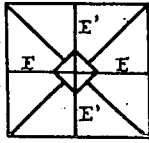


Fig. 779.

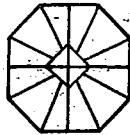


Fig. 780.

dans le même plan. Les goussets formant un carré servent pour l'assemblage des entraxes des demi-fermes d'arêtiers.

Dans certains cas, comme le montre la figure 782, on délardé la partie supérieure de ces arêtiers suivant l'angle d'inclinaison formé par les deux versants qui se rencontrent.

Dans d'autres exemples, on se contente de mettre un gros chevron *b* (fig. 781) sur un arêtier ordinaire. Ces arêtiers sont assemblés à tenons et mortaises d'une part dans le poinçon P et, de l'autre, dans la sablière S ou, mieux, ils sont pincés entre des moises telles que M et M' (fig. 781) servant d'entraxes aux deux fermes projetées suivant CPB ou APD et dont l'élévation est représentée dans la figure 781.

Quant aux chevrons, les uns, tels que E et F, s'appellent chevrons de ferme, parce qu'ils sont égaux entre eux et qu'ils s'assemblent dans le poinçon. Les autres, tels que *g*, qui sont à la fois portés par les arêtiers avec lesquels ils sont assemblés, se nomment, comme nous le savons, empanons, c'est-à-dire qu'ils conservent la même dénomination que les chevrons placés d'une manière analogue dans les croupes des fermes simples.

Dans les combles en pavillon de petite portée, on se contente souvent de ne pas

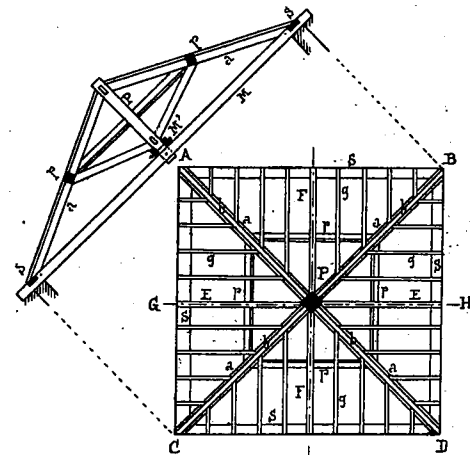


Fig. 781.

Lorsque le pavillon est polygonal, l'er-



Fig. 782.

mettre de demi-ferme suivant les arêtiers; mais, lorsqu'on veut donner quelque élévation aux pyramides, il devient indispensable, pour augmenter leur solidité, de remplacer les arêtiers ordinaires par des demi-fermes.

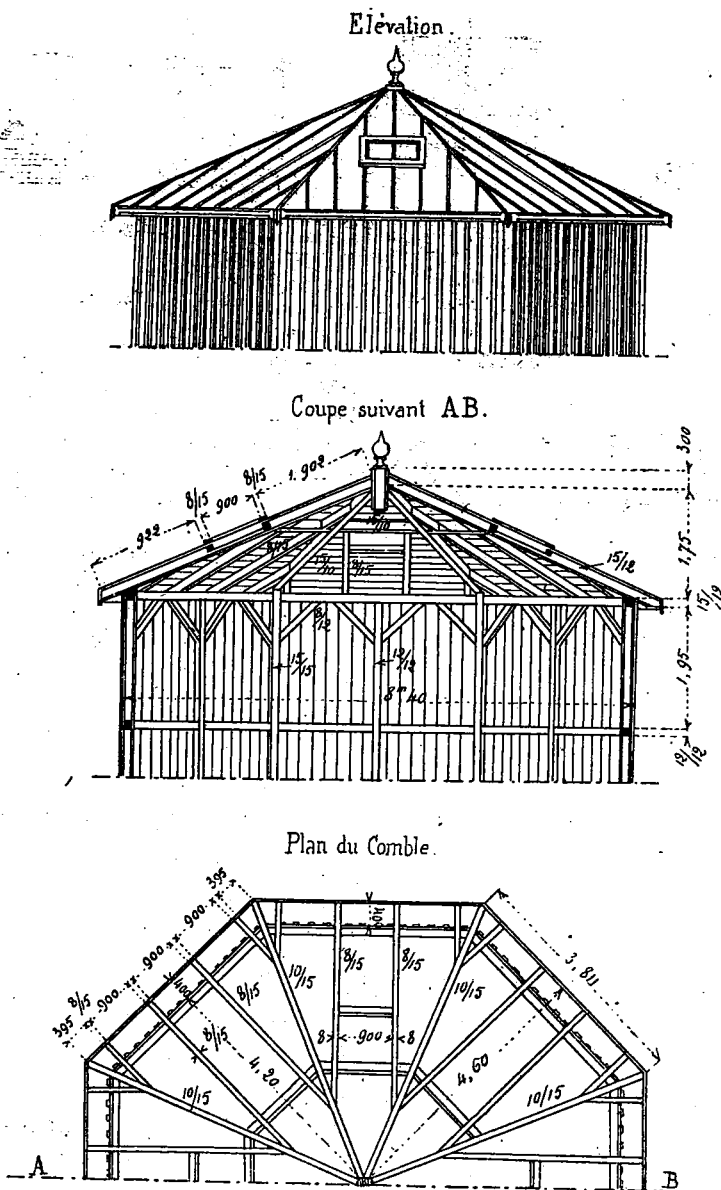


Fig. 783.

Quand les portées sont grandes, on met également des demi-fermes suivant les lignes GP, HP et leurs symétriques. L'enrayure du pavillon est alors celle qui a été donnée (fig. 779). Dans le cas de la figure 781, l'enrayure est beaucoup plus simple; elle est formée par les moises M et M' qui sont perpendiculaires entre



bés au lieu de fermes. Ces bois courbes étaient formés de planches posées de champ, les unes à côté des autres et reliées

avec des boulons. Il appliqua cette méthode avec avantage, non seulement aux dômes, mais dans d'autres fermes très lé-

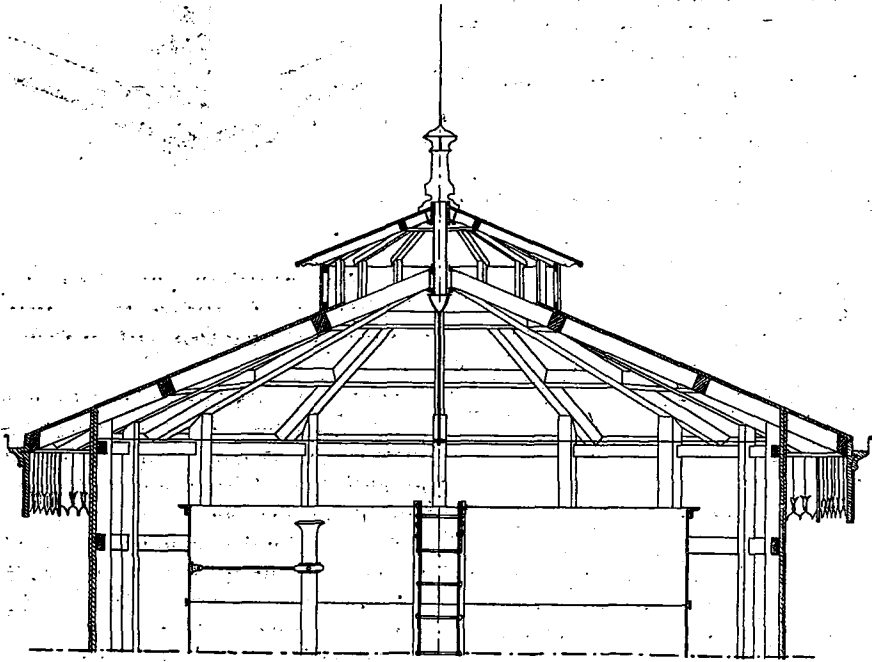


Fig. 787.

gères en apparence et néanmoins très solides. Commençons le verrons par quelques croquis, Philibert Delorme formait de véritables voûtes en menuiserie ayant évidemment de grands avantages. Elles ne chargent pour ainsi dire pas la construction et laissent au-dessous un grand espace utilisable dans lequel on peut aisément pratiquer des logements.

Lorsque ce type de comble s'applique à une charpente ordinaire à deux égouts, son poids est peu considérable si on le compare à celui de la charpente ordinaire. Sous forme de dôme, cette charpente n'est sujette à aucune poussée; elle n'a besoin que d'appui et ne fatigue jamais les murs qu'elle ne tend pas à écarter. Ces diverses considérations devraient augmenter l'emploi de ce genre de construction. Il est cependant bon de faire remarquer que le grand avantage d'économie qui résulte de cette manière d'exécuter les grandes

constructions est presque nul dans celles qui sont d'une moindre importance en raison de la grande main-d'œuvre exigée par ces charpentes.

Les combles exécutés par ce système peuvent indifféremment prendre les formes demi-circulaire, elliptique, angulaire ou en ogive. Il est évident que la coupe des planches change alors suivant la courbure qu'on désire obtenir.

Les fermes dont sont composés ces combles sont représentées, en plan et en élévation, par le croquis (fig. 788), en supposant à la voûte la forme demi-circulaire.

Ces fermes sont composées de planches courbes boulonnées jointivement deux à deux ou trois à trois, comme le montre en perspective le croquis (fig. 789), de manière que l'extrémité de l'une corresponde au milieu de l'autre. Ces planches se placent par travées de 0<sup>m</sup>,66 à 1 mètre

et sont maintenues à écartement invariable par des liernes L (fig. 789).

Pour exécuter ces fermes, il faut, en premier lieu, tracer en grand la petite épure représentée en croquis (fig. 790). Pour cela, sur une surface quelconque,

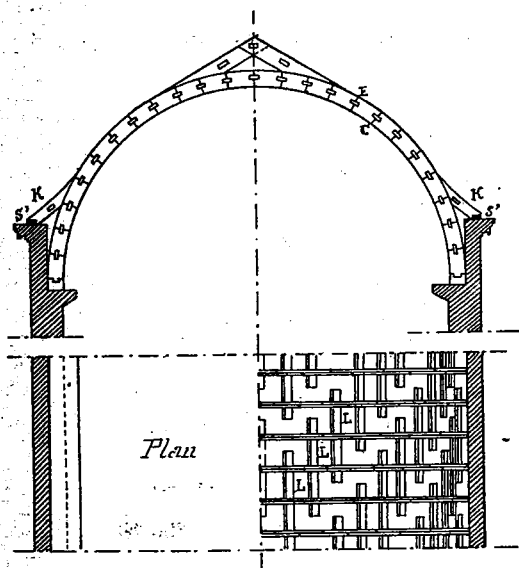


Fig. 788.

bien unie, on trace, en grandeur d'exécution, la forme qu'on désire donner à la voûte. On trace ensuite un certain nombre de divisions que nous indiquons dans la figure par les lettres B. Philibert Delorme fixait la longueur des planches répondant à ces divisions à 3 ou 4 pieds (0<sup>m</sup>,974 à 1<sup>m</sup>,30) sur le plus de largeur possible et leur épaisseur à 12, 15 et 18 lignes (0<sup>m</sup>,027, 0<sup>m</sup>,033, 0<sup>m</sup>,040) suivant la plus ou moins grande portée.

Après avoir coupé une série de planches carrément et de même largeur, on les pose sur l'épure de manière que les deux extrémités C touchent à chaque angle de la division primitive, comme le milieu opposé touche sur la courbe extérieure B. Ensuite, on coupe de nouveau ces planches dans la direction du centre.

Chaque division de la ferme se compose de deux planches l'une sur l'autre posées en liason, c'est-à-dire que l'extrémité B de l'une tombe exactement au milieu de

l'autre E. Comme les joints formés par la jonction des planches deux à deux doivent toujours correspondre au milieu de la planche qui se trouve être leur adjacente, il en résulte que les planches des extrémités sont, ou égales à la moitié des autres ou égales à une fois et demie leur longueur. Ces planches sont maintenues fixes au moyen d'un certain nombre de chevilles c. Elles sont ensuite traversées en leur milieu, par des mortaises m devant recevoir les liernes L destinées à relier, comme le montre le plan (fig. 788) trois

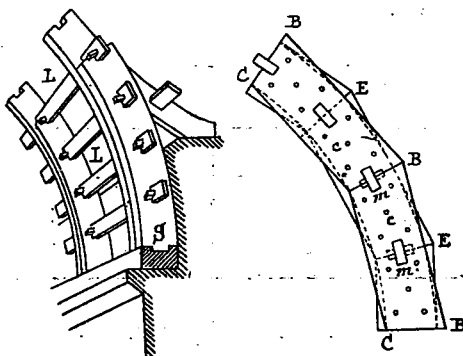


Fig. 789.

Fig. 790

séries de planches courbes. Ces liernes sont, comme le montre en grand le détail (fig. 789), chevillées contre chaque ferme pour les serrer bien exactement.

Les liernes doivent avoir au moins l'épaisseur des planches de la ferme, et une largeur égale à quatre fois cette épaisseur. Les clefs ou clavettes auront la même épaisseur que les planches sur une longueur triple de cette épaisseur.

Pour installer et faire le montage de ces sortes de combles, on fait, dans le mur comme nous le voyons (fig. 789), une retraite sur laquelle on place une sablière S. Cette sablière est entaillée en face de chaque pied de ferme. Le prolongement de la surface du comble jusqu'au nu extérieur du mur sur la corniche se fait en ajustant des bouts de planches en forme de coyaux K fixés, par le bas, dans une entaille pratiquée au-dessus de la corniche ou sur une petite sablière S' (fig. 788). Ensuite, on prolonge le sommet

en forme de comble ordinaire et d'après le même mode de construction que celui qui a été employé pour la courbe. Ce prolongement donne de véritables chevrons sur lesquels on fixe, perpendiculairement à leur direction, le lattis devant recevoir la couverture.

La voûte intérieure étant construite, on plafonne à la manière ordinaire en clouant des lattes sur la face inférieure des planches.

*Dimensions données par Philibert Delorme pour la construction de ce genre de comble.*

DIAMÈTRE du COMBLE	LARGEUR des PLANCHES	ÉPAISSEUR des PLANCHES
7 <sup>m</sup> ,80	0 <sup>m</sup> ,21	0 <sup>m</sup> ,027
11 <sup>m</sup> 70	0 <sup>m</sup> ,27	0 <sup>m</sup> ,040
19 <sup>m</sup> ,50	0 <sup>m</sup> ,35	0 <sup>m</sup> ,054
22 à 24	0 <sup>m</sup> ,33	0 <sup>m</sup> ,070
35 »	0 <sup>m</sup> ,35	0 <sup>m</sup> ,080

#### MODIFICATION DE RONDELET.

**511.** La modification apportée par Rondelet à la disposition précédente consiste

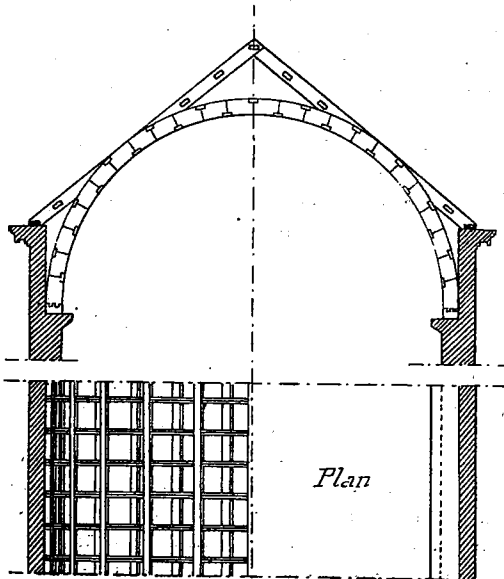


Fig. 791.

à remplacer les liernes passantes par des liernes assemblées sur l'intrados et sur l'extrados des voûtes. Cette disposition, quoique ayant certains avantages, ne présente évidemment, pas et à beaucoup près, une aussi grande solidité que la précédente et ne peut être conseillée que pour de petites portées. Nous en donnons des croquis de détail (fig. 791, 792 et 793). Les

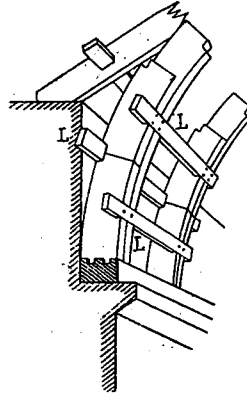


Fig 792.

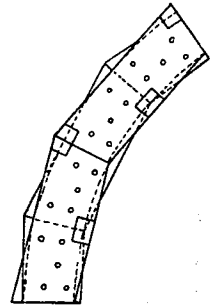


Fig. 793.

liernes L (fig. 792) ne sont pas interrompues; elles sont entaillées à mi-bois et clouées au-dessus et au-dessous des planches. Avec cette disposition, le plafond se fait plus facilement avec une grande économie de main-d'œuvre. Extérieurement, la surface du toit est en ligne droite depuis le sommet jusqu'à l'entablement. Nous n'insisterons pas davantage sur ce type de combles, les figures faisant facilement comprendre la disposition.

#### MODIFICATION DE LACAZE.

**512.** Un charpentier de Paris, nommé Lacaze, a fait une modification plus importante. Au lieu de composer les courbes avec des planches posées de champ et assemblées, il les forme au moyen de solives de 5 à 7 pouces (0<sup>m</sup>, 14 à 0<sup>m</sup>, 19) de grosseur, refendues en deux et entées à trait de Jupiter. Ce moyen réunit tous les avantages précédents, mais avec plus d'économie.

Soit ABC (fig. 794), la largeur du bâtiment dans œuvre. La hauteur BD du

comble est égale à la demi-portée. Menons en BE la bissectrice de l'angle ABD et joignons AD. Divisons ensuite cette ligne AD en sept parties égales et portons une de ces parties de F en G, puis joignons GD et GA. Élevons alors, sur le milieu de

ces deux lignes, deux perpendiculaires qui se croisent en un point I. Ce point I sera le centre de la partie courbe de gauche. En répétant la même opération pour la partie de droite, on formera un arc ogive représentant la forme des fermes.

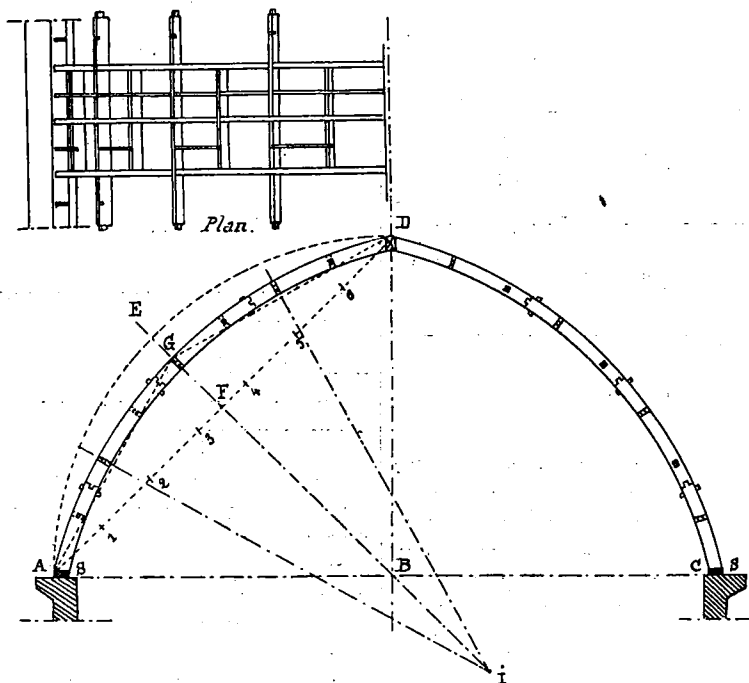


Fig. 794.

Ces fermes, dont la figure 794 donne l'élevation et le plan, sont ordinairement

espacées de 0<sup>m</sup>,83 d'axe en axe. Elles peuvent avoir 5 à 6 pouces de largeur sur

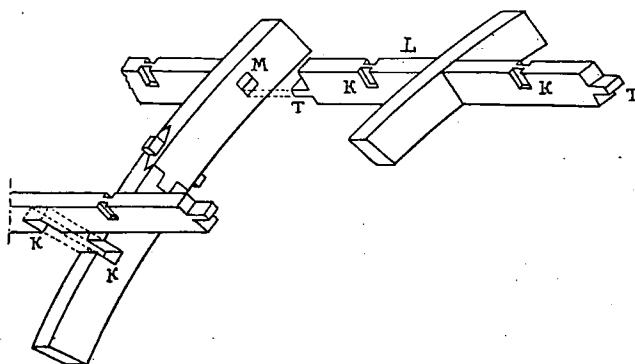


Fig. 795.

champ par le haut et 8 à 10 pouces par le bas, sur un tiers de moins en épaisseur

(mesure qu'il faudra calculer suivant la portée) Ces fermes sont posées sur une sablière S et réunies par des liernes L entaillées à mi-bois, comme nous le montrons en K (fig 795). Ces liernes, terminées par des tenons T venant se loger

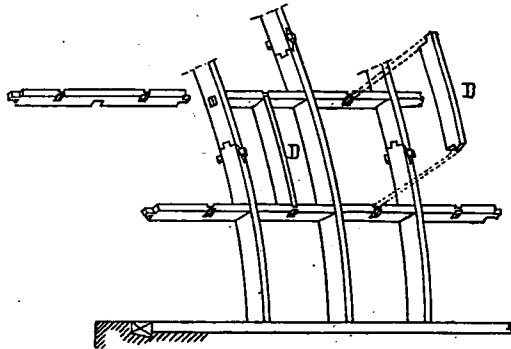


Fig. 796.

dans des mortaises M, sont placées à des distances variant en raison de la portée des courbes. L'espacement ordinaire varie de 1<sup>m</sup>,30 à 1<sup>m</sup>,60. Les espaces formés par l'intersection des liernes et des courbes, sont subdivisés par des entretoises ou par de fausses courbes D (fig. 796), afin de servir de soutien au lattis extérieur, pour recevoir la couverture et un enduit en plâtre à l'intérieur.

La figure 797 représente, par deux projections, la disposition du trait de

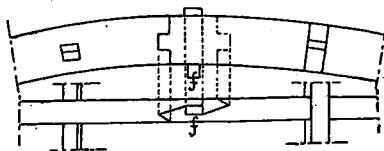


Fig. 797.

Jupiter, pris sur l'épaisseur du bois, serré avec une clef f pour l'assemblage des pièces qui forment les courbes.

La figure 798 donne une perspective de cet assemblage.

La figure 795 donne, en croquis, l'assemblage d'une partie des courbes, des liernes et des entretoises.

La figure 796 représente les bouts des

tenons T, les entailles K et les mortaises M, à l'aide desquelles toutes les pièces de

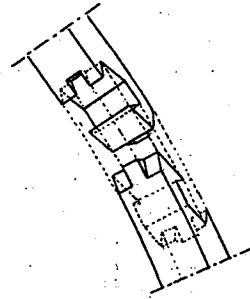


Fig. 798.

cette charpente sont réunies et fortement consolidées.

MODIFICATION D'EMY. — CHARPENTES EN ARC FORMÉES DE PLANCHES COURBÉES SUR LEUR PLAT.

**513.** L'application faite par M. Emy, directeur du génie militaire, nous paraît fort ingénieuse et, en raison des applications constantes de ce système, il mérite d'être étudié en détails.

Le colonel Emy compose ses arcs de longs madriers de sapin de 55 millimètres d'épaisseur sur 0<sup>m</sup>,13 de largeur et 12 à 13 mètres de longueur. Ces madriers sont superposés les uns sur les autres comme les feuilles d'un ressort de voiture et courbés, sur leur plat, par leur seule flexibilité. Il emploie un système de boulons et d'étriers en fer pour les réunir. Quand les madriers ne sont pas assez longs pour former l'arc d'une seule pièce, on les assemble en liaison en ayant soin d'éviter que les joints ne tombent aux reins à l'extrados et au sommet de l'arc à l'intrados. Les boulons, dont la longueur est commandée par l'épaisseur de l'arc, sont espacés de 0<sup>m</sup>,80 d'axe en axe et ont un diamètre de 18 millimètres. Une série d'étriers exécutés en fer plat se placent dans les intervalles des boulons. Nous ne pouvons mieux expliquer la disposition de cette charpente qu'en reproduisant la description que donne l'auteur de son système dans un mémoire publié en 1828 et relatif à un bâtiment de 20<sup>m</sup>,00 de



largeur. L'arc se construit sur un gabarit horizontal, disposé de la manière la plus convenable selon les lieux.

« Chaque ferme de la charpente du hangar de Marac, près Bayonne, est composée, comme le montre la figure 799, d'un arc en demi-cercle de 20 mètres de diamètre, de deux jambes de force verticales, de deux arbalétriers, de deux aiselliers et d'une petite moise horizontale tangente à l'arc et formant entrait; le

tout est lié par des moises normales à l'arc. L'espace entre le sol et l'arc est libre. L'arc dont il s'agit est la pièce principale de chaque ferme et c'est dans sa construction que réside la force et les autres avantages de cette charpente.

« Les faces planes des arcs, ainsi que les moises normales, sont entaillées de 1 centimètre de profondeur, de sorte qu'elles forment des assemblages de 2 centimètres qui ont le double objet de tenir les arcs

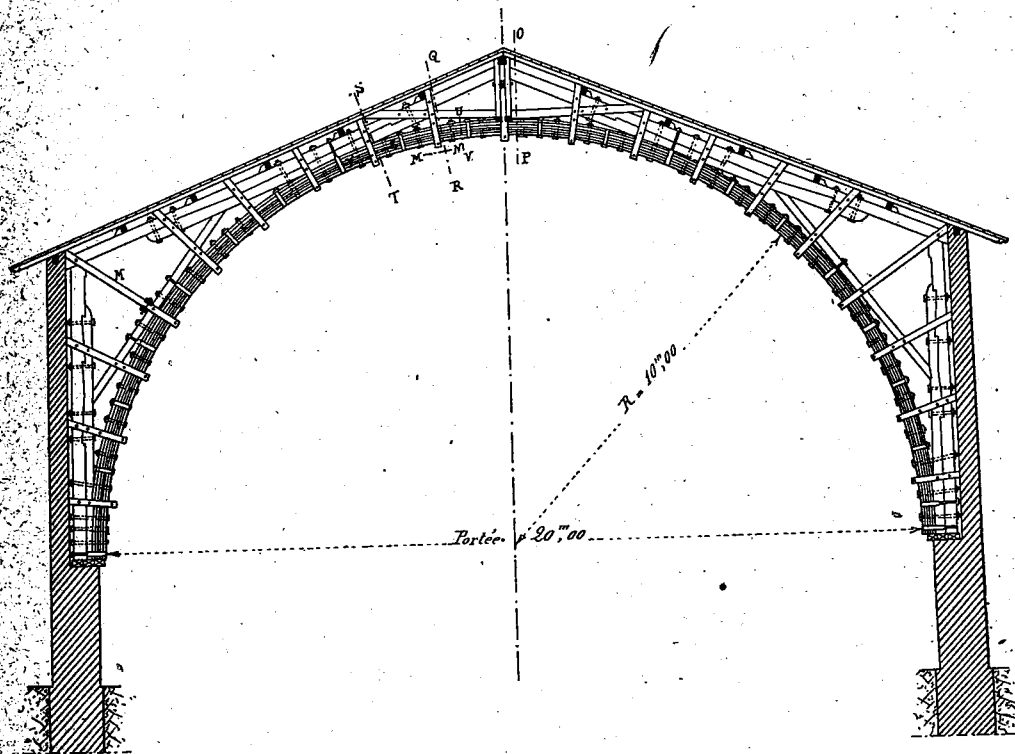


Fig. 799.

serrés et de former des arrêts qui empêchent le glissement des madriers les uns sur les autres. Deux recouvrements de 1 centimètre sur les deux faces de l'arc sont taillés dans les joues des moises pour empêcher qu'il ne se fasse des éclats aux entailles des madriers ou feuilles.

« Les jambes de force sont éloignées des murs de 0<sup>m</sup>,10, mais les trois premières moises de chaque côté sont prolongées au delà des jambes de force et

pénètrent de 20 centimètres dans des cases de 30 centimètres de profondeur, réservées dans les murs. Cette disposition n'a pas pour but de profiter de la résistance des maçonneries car la charpente n'a pas de poussées. Il s'agit seulement de maintenir les fermes dans des plans verticaux et d'empêcher le balancement dans le sens de la longueur du bâtiment.

« Entre les moises, qui ne pouvaient être plus multipliées sans augmenter inutilement le poids de la charpente, sont des

liens en fer et des boulons qui pressent les feuilles de l'arc et qui s'opposent au glissement de ces feuilles. L'expérience a prouvé que ces boulons ne coupent pas le fil du bois d'une manière nuisible. On voit que les moises, les liens et les boulons rendent les feuilles d'un arc pour ainsi dire solidaires les unes des autres et qu'il s'opposent avec une grande force à leur redressement. Dans un arc de cinq feuilles et de 20 mètres d'ouverture, le dévelop-

pement de l'extrados a 60 centimètres de plus que celui de l'intrados; le redressement est par conséquent impossible. Dans le commencement du travail, les charpentiers appréhendaient cependant l'effet d'un redressement subit lorsqu'on abandonnerait un arc à lui-même; mais plusieurs expériences faites à Marac et à Libourne ont prouvé que la tendance des arcs à se redresser est très faible. Des arcs assemblés seulement avec leurs

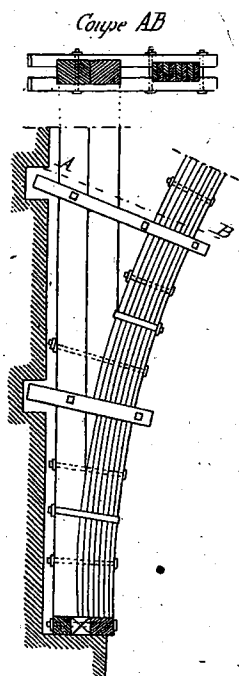


Fig. 800.

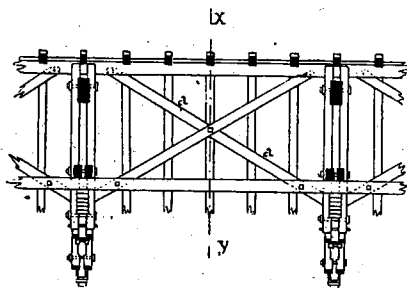


Fig. 801.

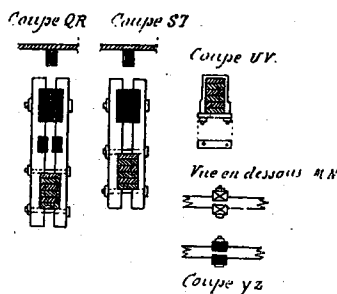


Fig. 802.

liens, sans moises ni boulons, abandonnés subitement à eux-mêmes sur le chantier, ne se sont ouverts que de 16 centimètres c'est-à-dire 8 centimètres à chaque extrémité. Un seul homme empêchait, sans effort, ce faible écartement. Ainsi, la poussée propre d'un arc est à peu près nulle.

« Dans chaque ferme, trois grands triangles sont formés extérieurement à l'arc par les jambes de force, les arbalétriers, les aisseliers et la moise entrant. Leur combinaison avec l'arc et les moises normales compose un réseau invariable

qui permet la flexibilité des bois et le jeu des assemblages; mais, dans ce système, et notamment dans la charpente du hangar de Marac dont il s'agit ici, c'est principalement la raideur ou le ressort des arcs qui produit l'invariabilité de forme et qui détruit entièrement la poussée sur les murs.

« Les feuilles ou madriers qui entrent dans la composition d'un arc, ont 55 millimètres d'épaisseur, 13 centimètres de largeur et 12 à 13 mètres de longueur. Deux longueurs et demie, mises bout à

bout, à joints carrés, suffisent au développement de l'arc. Les joints sont distribués de façon qu'aucun de ceux d'une feuille ne réponde à un autre joint d'une feuille du même arc et que tous sont couverts par les moises normales. Les feuilles ne peuvent avoir chacune que trois joints; le plus souvent elles n'en ont que deux. Ainsi, il ne peut y avoir que dix à douze de ces joints dans un arc. Toutes les pièces des fermes ont 13 centimètres comme l'arc et les arbalétriers, excepté les jambes de force, dont l'épaisseur a été portée à 20 centim.

« Les fermes sont entretenues à la distance de 3 m., de milieu en milieu, par des moi-

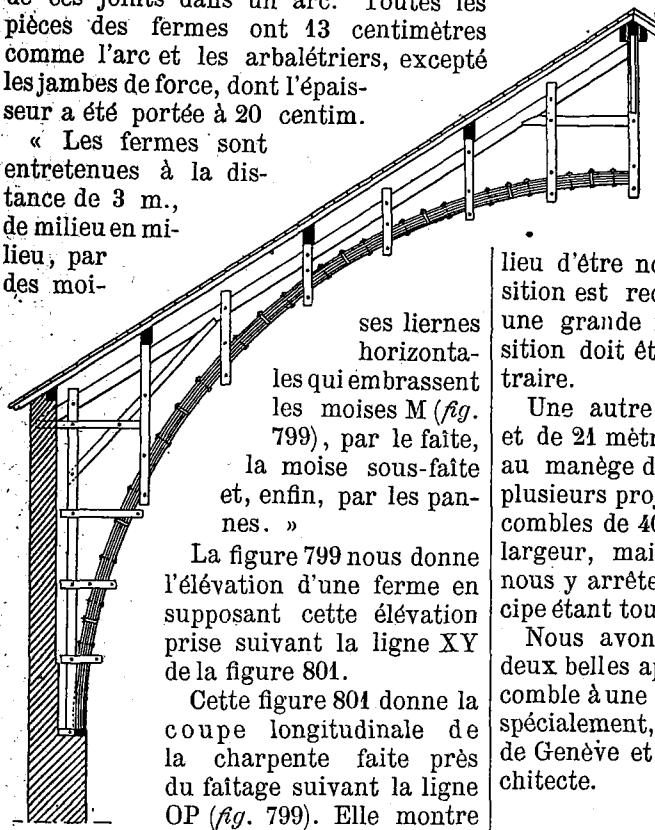


Fig. 803

ses liernes horizontales qui embrassent les moises M (fig. 799), par le faite, la moise sous-faite et, enfin, par les pannes. »

La figure 799 nous donne l'élévation d'une ferme en supposant cette élévation prise suivant la ligne XY de la figure 801.

Cette figure 801 donne la coupe longitudinale de la charpente faite près du faitage suivant la ligne OP (fig. 799). Elle montre le contreventement à l'aide de croix de Saint-André a.

Nous représentons, dans la figure 802, les diverses coupes intéressantes pour bien faire comprendre les assemblages divers.

La figure 802 donne, en détail, l'élévation d'une des naissances de la ferme comprenant les deux premières moises inférieures ainsi que la disposition des entailles réservées dans le mur pour recevoir le bout de ces moises.

M. Emy, en construisant le hangar de Marac, s'était imposé les conditions suivantes :

1° Que la ferme n'exercât aucune poussée sur les murs;

2° Qu'elle pût porter une couverture très pesante sans rien perdre de son élégance et de sa simplicité.

La ferme fut éprouvée à 11000 kilogrammes sans aucun dérangement du système.

Une autre ferme du même genre, mais de 22 mètres de portée, représentée en croquis (fig. 803) a été construite au manège de l'école d'application de l'artillerie et du génie de Metz. La seule différence avec la précédente, c'est que les moises pendantes sont verticales au

lieu d'être normales à l'arc. Cette disposition est recommandée lorsque l'arc a une grande rigidité. La première disposition doit être préférée dans le cas contraire.

Une autre charpente du même genre et de 21 mètres de portée a été exécutée au manège de Libourne. M. Emy a fait plusieurs projets de charpente pour des combles de 40 et même de 100 mètres de largeur, mais nous croyons inutile de nous y arrêter plus longuement, le principe étant toujours le même.

Nous avons donné (fig. 668 et 669) deux belles applications de ce genre de comble à une grande charpente construite spécialement, en 1887, pour le tir fédéral de Genève et dont M. Darier a été l'architecte.

### III. — Combles coniques.

514. On désigne sous le nom de *combles coniques*, ceux qui, extérieurement, présentent l'apparence d'un cône. Le plus simple des combles coniques est évidemment celui qui a pour base un cercle. La figure 804 donne, en coupe verticale et en plan, la forme et la disposition des bois dans un comble de ce genre. Des chevrons principaux C, ou chevrons de demi-fermes, sont assemblés, par le haut, dans un poinçon commun P placé suivant l'axe du cône et au centre du cercle de base et, par le bas, dans une plate-forme circu-

laire ou sablière S. Dans certains cas, et pour augmenter la solidité de tout le système, on met une deuxième sablière S'. Cette dernière est reliée à la sablière S par

Dans les combles coniques, les assemblages des chevrons, des faux-entraits, des jambettes, etc..., s'exécutent comme dans les combles ordinaires. Lorsque la base du comble n'est plus un cercle, on

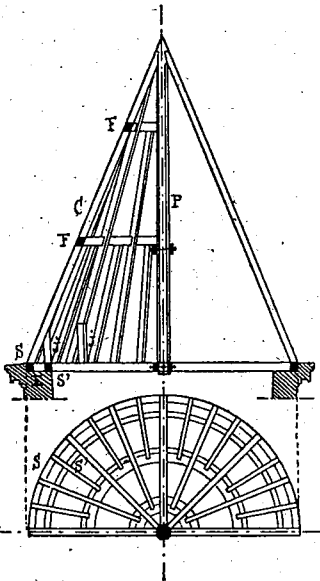


Fig. 804.

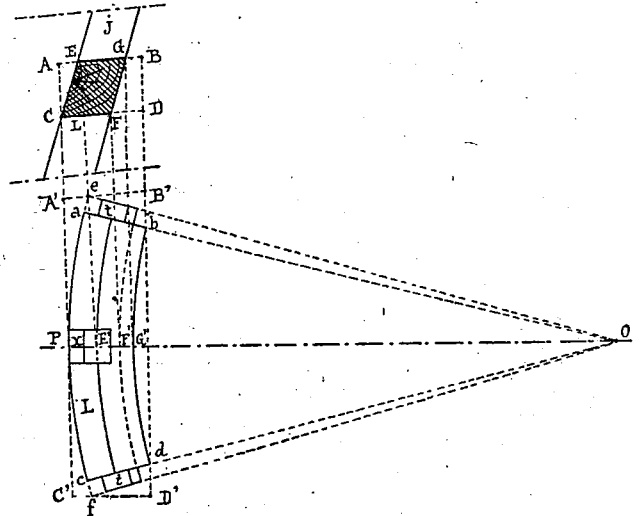


Fig. 805.

une série de blochets ou entretoises E. Des jambettes J, posées sur la deuxième plate-forme S', servent à fortifier le pied des chevrons principaux. Des contrefiches et des faux entraits assemblés dans le poinçon, servent à renforcer les gros chevrons, lorsque ces derniers ont trop de portée. Une série d'entretoises circulaires F, qu'on nomme aussi *liernes*, servent à recevoir l'extrémité de chevrons plus petits et qu'il est impossible de prolonger jusqu'au poinçon. On ne peut, en général, assembler au haut du poinçon que huit chevrons, lorsque la hauteur du comble est petite par rapport à sa base. Ce nombre se réduit à quatre, lorsque la hauteur du comble est très grande. Ces chevrons, formant avec le poinçon le sommet du comble, sont souvent désignés sous le nom de *chevrons principaux* ou *chevrons jointifs*. Les entretoises F se placent souvent lorsque les chevrons sont espacés de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50. On en met une, deux ou trois sur la hauteur selon que le comble est plus ou moins grand.

fait, sur le sol, le tracé en grand de cette base et, à l'aide d'un calibre qu'on applique sur les faces supérieure et inférieure des pièces destinées à les former, on en relève la courbure le plus exactement possible.

#### TRACÉ DES LIERNES ET DES PLATES-FORMES.

**515.** Pour le tracé des liernes L de la figure 805, il faut remarquer que les faces intérieure et extérieure sont des surfaces coniques. On devra donc, comme nous allons le voir, prendre des pièces de bois d'un équarrissage beaucoup plus grand que celui de la lierne qu'on désire obtenir à cause de la grande inclinaison des faces, inclinaison qui doit être la même que celle des chevrons qui comprennent la lierne.

La figure 805 nous montre la projection verticale des liernes L avec sa position relativement aux chevrons adjacents J. La pièce de bois dans laquelle on pourra tailler cette lierne est représentée par le rectangle ABCD. Soit A'B'C'D' le

plan de cette même pièce. Élevons, sur le milieu de ce rectangle, la perpendiculaire PO, le point O étant le centre du cercle ou le milieu du poinçon. En projetant les différents points C, E, G et F sur la ligne PO, les lignes OG' et OE' représentent les distances du poinçon aux arêtes intérieure et extérieure de la face supérieure de la lierne et les lignes OF' et OP, la distance du même poinçon aux arêtes inférieures de la même lierne.

Par ces différents points P, E', F' et G', traçons des arcs de cercle ayant le point O pour centre. Le premier ayant OP pour rayon coupe le plan de la lierne aux deux points *e* et *f*. Prenons de *e* en *a* et de *f* en *c*, l'épaisseur qu'on désire donner aux tenons *t* de l'extrémité, puis joignons aO et cO. Ces deux lignes coupent

la ligne B'D' en deux points *b* et *d* qui seront la limite intérieure de la lierne. Le solide *dbac* représentera donc la forme de la lierne en plan. On donnera ensuite aux tenons *t* une largeur et une épaisseur convenable appropriée aux dimensions de la pièce de bois. Le surplus du bois, marqué par la ligne pointillée, sera enlevé. On tracera également en X l'entaille devant recevoir le haut du chevron correspondant.

Le tracé des plates-formes que nous indiquons (*fig.* 806) se fait de la même manière, mais beaucoup plus simplement. La pièce de bois dans laquelle on tracera la plate-forme est représentée, en plan, par les lettres ABCD. On mène, comme précédemment, la ligne PO perpendiculaire sur les côtés du rectangle, cette ligne PO étant égale au rayon de la base du comble.

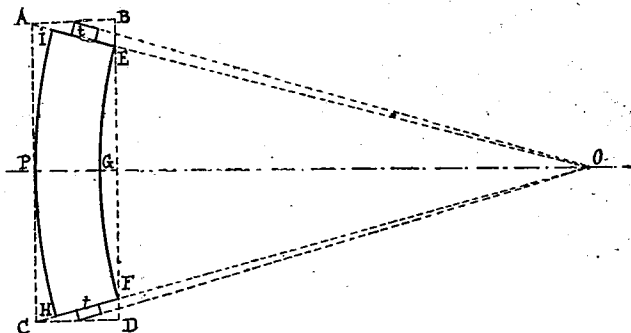


Fig. 806.

On joint ensuite les points A et C au centre O. Ces deux lignes AO et CO coupent la ligne BD en deux points E et F.

Du point O, comme centre et avec le rayon OF, on trace l'arc de cercle FGE. On trace de même l'arc CPA. La surface de la plate-forme est donc représentée en HIEF. On réservera, comme dans le cas précédent, l'emplacement des tenons *t*, puis on enlèvera le bois inutile.

Lorsqu'il y a deux plates-formes, le tracé de celle qui est placée intérieurement se fait de la même manière avec un rayon moindre bien entendu. Dans certains cas, on trace les plates-formes suivant la ligne intérieure EF (*fig.* 806) sans se donner la peine de rendre circulaire la face intérieure. Nous obtenons, pour ce dernier tracé, des surfaces cylindriques

au lieu de surfaces coniques comme pour les liernes.

Le tracé des liernes et des plates-formes s'applique également, lorsqu'on a à construire un comble formé d'un tronc de cône au lieu d'un cône entier.

#### IV. — Combles à base circulaire ou elliptique. — Coupoles.

**516.** Les types de combles du genre de Philibert Delorme sont également applicables aux combles dont la base est un cercle ou une ellipse. Dans ce cas, les demi-fermes et les liernes doivent prendre la courbure du comble et on forme ainsi de véritables coupoles.

Les coupoles, comme le montre la figure 807, peuvent se construire très simplement. Il suffit, en effet, de placer sur

le mur une sablière S, circulaire par exemple ; puis, à la partie supérieure, un cercle composé de fortes pièces de bois Q. C'est entre ces deux cercles en bois, bien assemblés et dont les diverses parties sont solidement maintenues par des ferrements qu'on fixe une série de chevrons courbes C assemblés, haut et bas, à tenons et mortaises.

Lorsque le développement de ces chevrons est trop grand, on est alors obligé, comme le montre la figure 807, d'interposer une panne P. Les chevrons sont alors composés de deux parties : la partie supérieure qui s'assemble dans le cercle Q et sur le dessus de la panne P et la partie

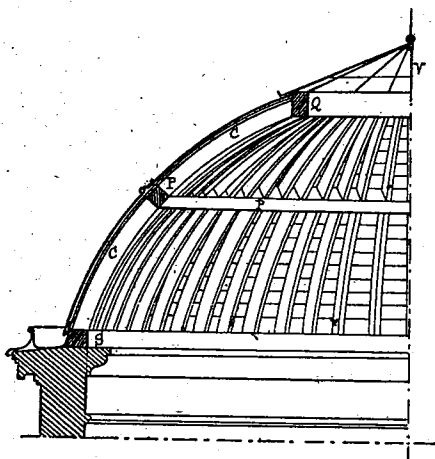


Fig. 807.

inférieure qui se fixe au-dessous de la panne P et sur la sablière S. Il est indispensable de bien maintenir le tout par des ferrures appropriées à ce genre de comble.

Sur ces chevrons courbes, on cloue un voligeage jointif sur lequel on exécute la couverture de la coupole. Cette couverture se fait le plus ordinairement en zinc ou en ardoises. La partie haute est terminée par un vitrage V. Ce vitrage est formé par des fers à simple T partant d'un même point et venant se visser sur la panne supérieure Q.

Lorsque le diamètre de la coupole augmente, il faut alors prendre la disposition donnée en croquis (fig. 808). De distance

en distance, on place de fortes pièces courbes D qui font ici l'office d'arbalétriers et dont le pied vient se fixer sur un solide blochet B reposant sur le mur. Sur ces pièces, on fixe une ou plusieurs pannes P et, pour bien soutenir ces pannes, on place deux pièces de bois A moisant l'arbalétrier D soutenant la panne P à la manière des échantignoles et venant moiser solidement le blochet B. D'un arbalétrier à l'autre on peut placer une série de pannes telles que P', lesquelles reçoivent

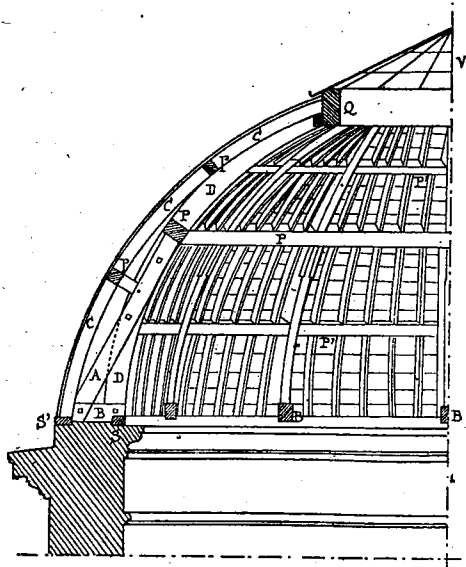


Fig. 808.

vent les chevrons courbes de la coupole. On peut aussi séparer complètement les chevrons des arbalétriers et adopter la disposition de la partie gauche de la figure, c'est-à-dire faire reposer les chevrons C sur des pannes p soutenues sur les arbalétriers D et sur une sablière basse S' posée directement sur le mur. Le reste de la disposition est identique au type de coupole précédent. Les chevrons sont recouverts d'un voligeage jointif et la partie haute est couverte par un cône vitré. Si les dimensions de la coupole augmentent, on est alors obligé de mettre de fortes contrefiches et une véritable forêt de bois qui augmenterait énormément la dépense.

Cette raison fait bien souvent renoncer à l'emploi de ce genre de comble.

**V. — Combles composés de surfaces courbes et dont la base est en ligne droite dans le sens de la pente.**

**517.** Ces combles peuvent être composés comme ceux qui ont été étudiés

précédemment, avec cette différence que les chevrons, au lieu d'être droits, sont courbes. Cette disposition s'applique le plus souvent aux combles brisés, comme le montrent les trois croquis (fig. 809, 810 et 811). Toutes les pièces qui servent à les former, telles que les pannes, le faitage, les arbalétriers; en un mot, les fermes entières, sauf les chevrons, se construisent absolument d'après les mêmes principes

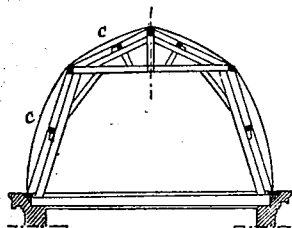


Fig. 809.

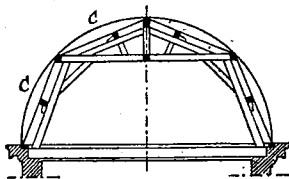


Fig. 810.

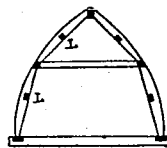


Fig. 811.

et les mêmes procédés que pour les combles brisés ordinaires. Dans les deux premiers exemples (fig. 809 et 810), les chevrons courbes C sont directement appuyés sur les pannes chargées de les soutenir. Il peut arriver des cas où, le comble n'ayant pas une très grande largeur, on

équarritsage aux chevrons et remplacer les pannes par de véritables liernes L servant à assembler les chevrons.

Il sera facile de trouver la forme de la ferme d'intersection de deux combles de cette espèce se rencontrant à angle droit.

Soit deux combles A et B (fig. 812) se rencontrant suivant la ligne d'intersection CD. On peut, d'après les cintres primitifs X, tracer très facilement le rallongement à donner à la ferme d'intersection. Pour cela, on divise l'arête CD en un certain nombre de parties égales; puis, sur des perpendiculaires menées à cette arête par les points de division, on porte les hauteurs correspondantes marquées par les mêmes divisions, sur le cintre primitif et, en joignant les points ainsi obtenus, la courbe CSD qui en résulte donne le rabattement de l'intersection suivant l'arête CD.

**VI. — Combles de clochers. — Flèches. — Beffrois. — Clochers.**

**1° FLÈCHES**

**518.** On désigne sous le nom de *flèche*, un clocher pyramidal de forme très aiguë, parfois en pierre; mais, le plus souvent, en bois recouvert d'ardoises, quand cela est possible; ou d'une couverture métal-

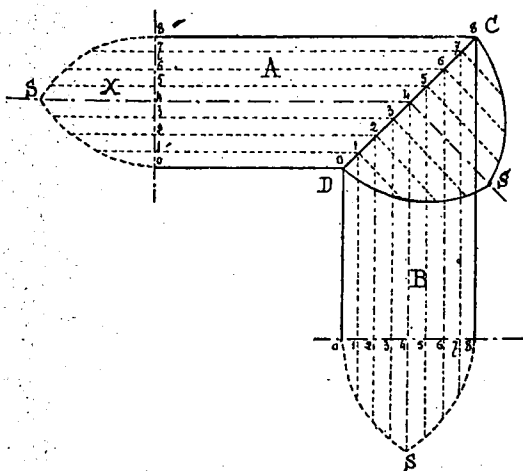


Fig. 812.

désire supprimer les arbalétriers et la jambe de force. Il faut alors, comme le montre la figure 811, donner un plus fort

lique. L'une des flèches de pierre de la cathédrale de Chartres (xii<sup>e</sup> siècle) est octogonale et mesure 112 mètres de hauteur.

Les flèches de Saint-Denis et de Sens sont du xiii<sup>e</sup> siècle et la flèche de Strasbourg est du xiv<sup>e</sup>. Il existe encore à Amiens (xvi<sup>e</sup> siècle) une charmante flèche en charpente recouverte de plomb.

Nous donnerons plus loin quelques détails empruntés au dictionnaire d'architecture de Viollet-le-Duc sur la réédification, faite avec le plus grand talent, des flèches de Notre-Dame de Paris (xiii<sup>e</sup> siècle); Viollet-le-Duc s'est occupé aussi de la flèche de la Sainte-Chapelle (xv<sup>e</sup> siècle). Enfin, la cathédrale de Rouen est surmontée d'une flèche colossale en fonte flanquée de clochetons en cuivre, qui mesure plus de 150 mètres de hauteur.

#### *Construction des flèches.*

**519.** Les charpentes de clochers sont restées pendant fort longtemps ce qu'elles étaient au xii<sup>e</sup> siècle, c'est-à-dire composées d'une série d'étages indépendants formés, suivant les pans, de montants et de croix de St-André et séparés l'un de l'autre par des planchers. On établissait, dans l'axe de la flèche, un grand mât ou poteau de section carrée ou circulaire reliant les divers étages et s'élevant jusqu'au sommet de la flèche. Sur ce poteau, s'assemblaient, à tenons et mortaises, les poutres des divers planchers. Le plancher inférieur reposait sur une sablière encastree dans la maçonnerie et affleurant le dessus de cette maçonnerie. Sur la charpente ainsi formée, on disposait une série de chevrons dont la partie supérieure s'assemblait sur un poteau central. Ce n'est que depuis cinquante à soixante ans qu'on a cherché, pour les flèches, des dispositions nouvelles.

Il existe, pour la construction des flèches, certaines indications de principe qu'il est utile de connaître pour obtenir de bons résultats. Il est évident que la première modification importante est la suppression du grand poteau central d'un poids considérable et son remplacement par un simple poinçon, beaucoup plus léger, placé dans le haut de la flèche et sur lequel viennent s'assembler les principaux

chevrons et se fixer la croix qui surmonte la flèche.

On peut construire l'intérieur de la flèche très légèrement, mais il faut conserver à la charpente formant les parois extérieures une certaine force en ayant soin, toutefois, de faire simplement reposer cette charpente sur la maçonnerie sans établir de liaison, au moyen d'ancrages, entre les deux espèces de matériaux. On évite ainsi la transmission des vibrations accidentelles de la flèche à la maçonnerie. Il faut également éviter, autant que possible, l'encastrement des pièces de bois (sablères ou poutres) dans la maçonnerie; mais, de préférence, les faire reposer librement sur les murs.

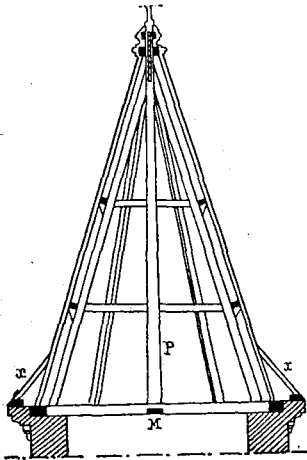
Les assemblages qui doivent être préférés pour la construction des flèches sont ceux en queue d'hironde. Si, dans certains cas, on est obligé d'employer l'assemblage à tenons et mortaises, il faut éviter de mettre des mortaises dans lesquelles l'eau pourrait rester stationnaire. S'il est impossible de les éviter, il faut alors réserver un orifice d'écoulement à l'eau.

On doit, dans la construction d'une flèche, réserver un certain nombre de petites fenêtres permettant une ventilation favorable et la possibilité de pouvoir visiter de temps en temps l'état des bois. Les flèches bien construites ne doivent exercer sur les murs qu'une pression verticale. Pour arriver à ce résultat, il est utile de bien réunir entre eux tous les pans de la flèche. Il faut mettre, comme nous le verrons plus loin, sur la hauteur d'une flèche, un certain nombre d'enrayures convenablement réparties, de manière à diviser la pyramide totale en plusieurs troncs de pyramides superposés. On doit, autant que possible, ne pas interrompre les arêtiers et, quand les bois sont trop courts, il faut les allonger en joignant les pièces l'une sur l'autre. — L'assemblage des bois doit être tel qu'il soit facile de remplacer une pièce pourrie sans compromettre la solidité de la charpente.

La disposition la plus simple d'une flèche construite avec poteau central est indiquée, en croquis (fig. 813), par une coupe verticale et un plan montrant la forme de l'enrayure au niveau des sa-



blières. Un poteau ou poinçon central P repose, par son pied, sur deux pièces de bois *ab* et *cd* assemblées à mi-bois en M. Une série de forts chevrons s'assemblent à la partie haute de ce poteau et reposent, à leur partie inférieure, sur des entrails rayonnant autour du point P. Sur ces chevrons, sont placées des pannes sou-



Plan

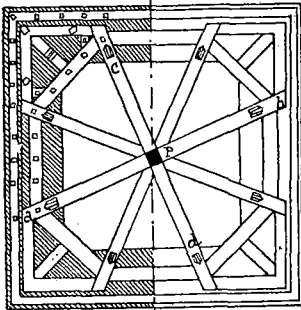


Fig. 813.

nues par des échantignoles. Ces pannes reçoivent les chevrons destinés à porter la couverture. Des coyaux *x* s'appuyant, d'une part, sur les chevrons et, de l'autre, sur une sablière, servent à rejeter l'eau de pluie en dehors de la corniche.

Les figures 814, 815 et 816 donnent une autre disposition ancienne de flèche avec poteau central formé d'un grand mât à section circulaire.

La figure 814 offre une coupe verticale

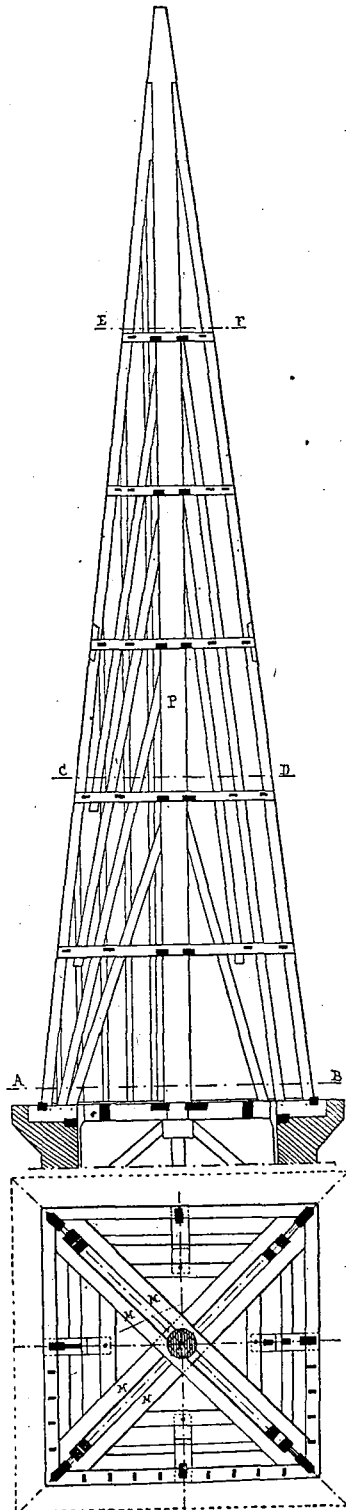


Fig. 814.

de la flèche et une coupe horizontale, ou plan, au niveau inférieur et suivant la ligne AB. Comme nous le voyons dans ce plan, la partie inférieure du mât, ou poteau, est solidement maintenue par quatre moises M formant la partie principale de l'enrayure inférieure. Ces quatre moises, reportant sur les angles de la

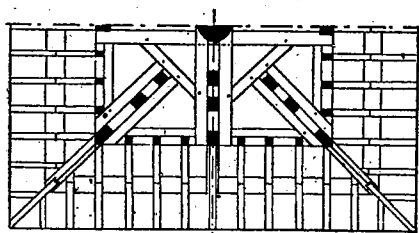


Fig. 815. — Disposition de l'enrayure suivant la ligne CD de la figure 814.

tour en maçonnerie la pression donnée par le poids de toute la charpente, sont encore consolidées par une série d'autres petites pièces venant s'assembler avec elles et formant un tout d'un aspect peu gracieux et très lourd. La figure 815 donne, en croquis, la disposition de l'enrayure suivant la ligne CD, disposition simple et qui se comprend à la seule inspection de la figure.



Fig. 816. — Disposition de l'enrayure suivant la ligne EF de la figure 814.

La figure 816 donne également le plan de l'enrayure, mais à la partie haute de la flèche et suivant la ligne EF.

En un mot, cette dernière disposition des flèches est lourde, exige beaucoup de bois et, par suite, nécessite une forte épaisseur pour la maçonnerie qui doit recevoir cette charpente.

Aujourd'hui, comme le montrent les figures 817, 818, 819, 820 et 821, qui représentent les détails de la charpente de la flèche de l'église de Birieux (département de l'Ain) construite par M. Journaud, ar-

chitecte, les flèches se font beaucoup plus simplement.

La figure 819 donne le plan de la première enrayure suivant CD qui est notablement plus simple que celle de l'exemple précédent. La figure 817 donne un croquis de la coupe suivant AB de la figure 819. C'est, en réalité, la disposition d'une véritable ferme se projetant suivant la ligne AB. Cette ferme est composée de deux arbalétriers A venant s'assembler, en haut, dans la partie supérieure d'un poinçon P et, en bas, dans une sablière ou plate-forme S. Sur ces arbalétriers sont fixées un certain nombre de pannes de  $\frac{16}{14}$  d'équarrissage recevant des chevrons ordinaires de  $\frac{8}{7}$  d'équarrissage. Un système de quatre contrefiches T servent à bien entretoiser les différentes pièces.

La figure 821 donne le plan de la deuxième enrayure suivant la ligne EF; elle diffère peu de la précédente. Comme nous le remarquons dans les diverses figures, le plan de la flèche est carré avec de petits pans coupés sur les angles.

La figure 820 donne, en plan, la disposition des arêtiers placés sur ces petits pans coupés et la figure 818 donne, en élévation, la face d'un des pans coupés de la flèche.

Comme nous le voyons, cette disposition est très simple et pourra, dans bien des cas, rendre de véritables services.

Les figures 822, 823, 824, 825, 826 et 827, donnent un autre exemple de flèche un peu plus compliqué et construite à Fribourg (Suisse) par MM. Bourrit et Simmler, architectes.

La figure 822 donne une coupe verticale de la flèche et l'indication du plan des sablières.

La figure 823 donne le plan de l'enrayure suivant la ligne AB de la figure 822.

La figure 824 donne le plan de l'enrayure suivant la ligne CD de la figure 822.

La figure 825 donne une coupe verticale suivant la ligne XY de la figure 824.

La figure 826 montre la disposition de l'enrayure suivant la ligne EF de la figure 822.

Enfin la figure 827 donne, en croquis, le plan de l'enrayure à la partie haute suivant la ligne GH de la figure 822.

Dans cette disposition, il entre un cube de bois relativement restreint, ce qui rend la charpente plus légère et plus économique.

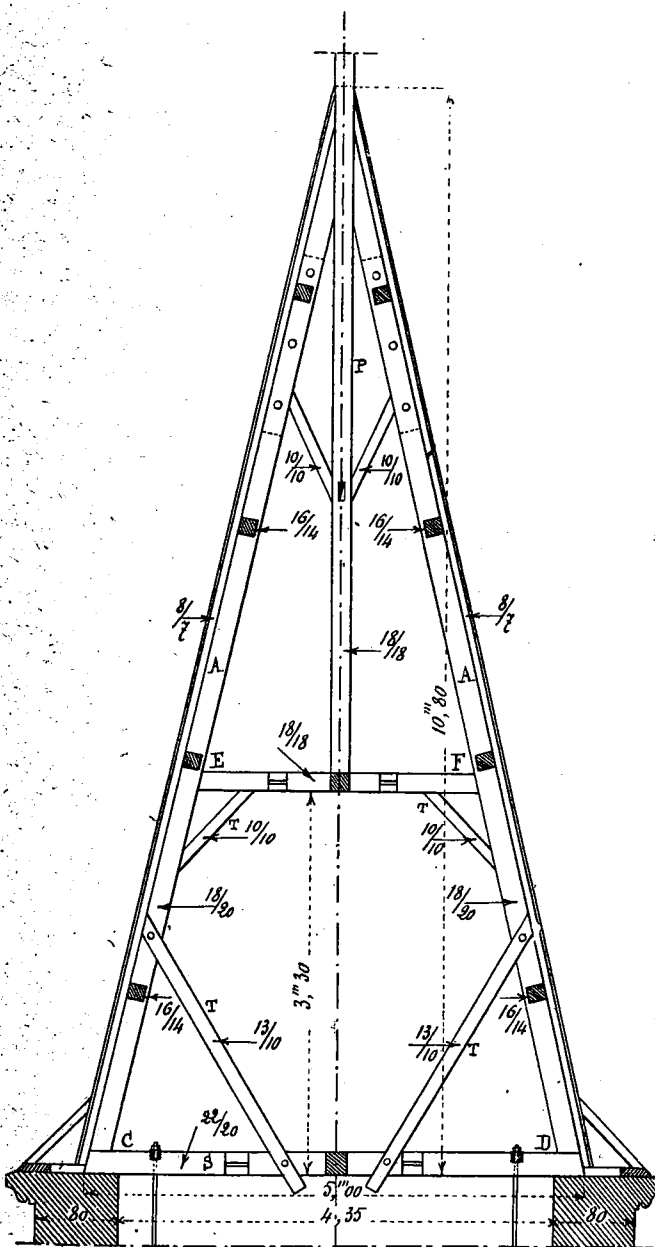


Fig. 817. — Coupe verticale suivant AB de la fig. 819.

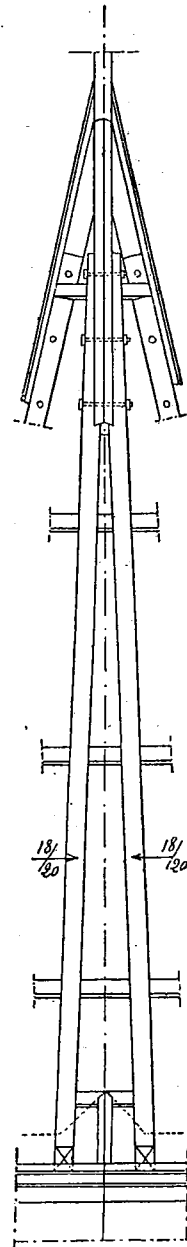


Fig. 818. — Élévation de la face d'un des pans coupés de la flèche.

Comme nous le voyons dans la figure 822, sur le haut de la maçonnerie, on pose

deux séries de sablières dont les extrémités sont assemblées par entailles. Ces bois

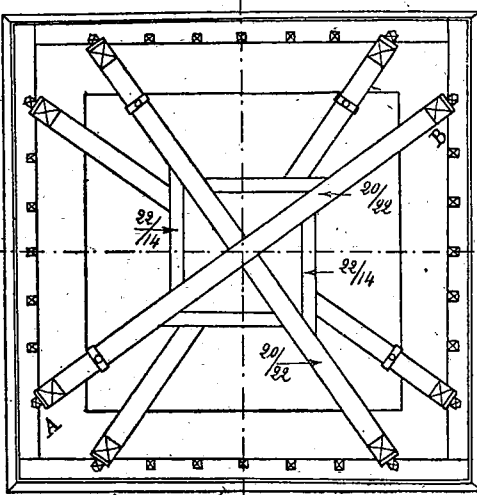


Fig. 819. — Plan de la première enrayure suivant CD de la figure 817.

ne sont pas encastés dans la maçonnerie, mais reposent simplement sur cette der-

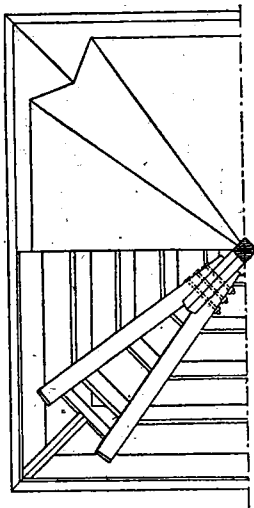


Fig. 820. — Plan de la disposition des arêtiers placés sur les petits pans coupés.

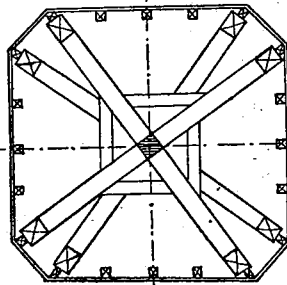
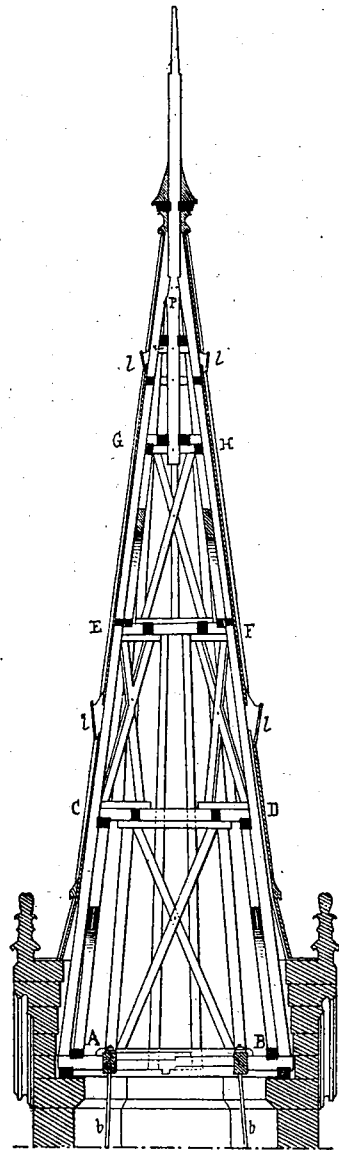


Fig. 821. — Plan de la deuxième enrayure suivant EF de la figure 817.

nière. Dans certains cas, on a relié ce premier plancher à un autre placé infé-



PLAN.

Fig. 822. — Coupe verticale et plan des sablières de la flèche construite à Fribourg (Suisse).

rieurement par deux boulons *b*. Le plan de la figure 822 montre les entailles à faire dans le bois pour recevoir les différentes pièces de charpente placées au-dessus.

La figure 823 indique les différents as-

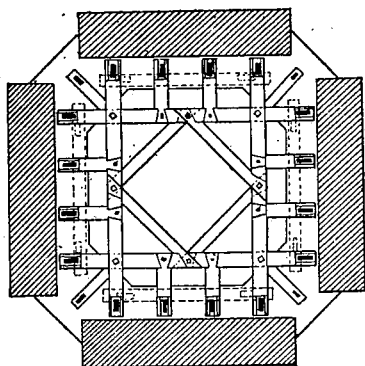


Fig. 823. — Plan de l'enrayure suivant AB de la figure 822.

semblages employés pour maintenir les pièces les unes sur les autres.

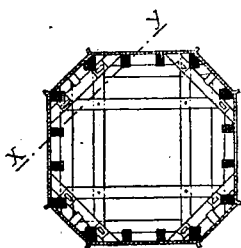


Fig. 824. — Plan de l'enrayure suivant CD de la figure 822.

Le plus souvent, le rapport entre la hauteur totale de la flèche et la largeur de la base varie de 3, 5 : 1 jusqu'à 5 : 1. On subdivise la hauteur totale de la flèche en plusieurs étages ayant ordinairement de 3<sup>m</sup>,00 à 4<sup>m</sup>,50, chaque étage étant composé, pour une flèche octogonale, de quatre tréteaux formés d'une croix de Saint-André et de deux sablières placées, deux par deux, dans des plans diamétralement opposés.

Les figures 824, 826 et 827 donnent

les différents plans d'enrayures sont à peu près identiques comme forme ; il est donc inutile de nous y arrêter plus longuement.

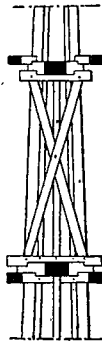


Fig. 825. — Coupe verticale suivant la ligne XY de la figure 824.

A la partie supérieure, la flèche porte un poinçon P dont le pied est

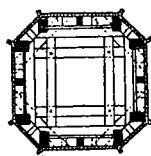


Fig. 826. — Plan de l'enrayure suivant la ligne EF de la figure 822.

maintenu par la dernière enrayure et dont la partie supérieure se prolonge au dehors pour permettre d'y fixer une croix. De petites lucarnes *l*, en forme de



Fig. 827. — Plan de l'enrayure suivant la ligne GH de la figure 822.

châtières, servent à éclairer et surtout à aérer l'intérieur de la flèche.

**520.** Pour terminer ce qui est relatif aux flèches d'église, nous donnons (fig. 828, 829, 830 831 et 832) quelques croquis

de la belle flèche que Viollet-le-Duc a élevée sur la croisée de Notre-Dame de Paris.

*Description sommaire.* Les poteaux de la flèche sont disposés aux sommets d'un octogone; ils sont triples à la base et généralement inclinés vers l'intérieur. Ceux qui se trouvent dans la direction des diagonales de la croisée portent, sur le triple entrain, des fermes diagonales. Des jambes de force inclinées soulagent l'entrain. Les poteaux sont soutenus, en partie, par de grandes moises servant d'arbalétrier qui assurent, en outre, un grand empatement à la flèche, et, par suite

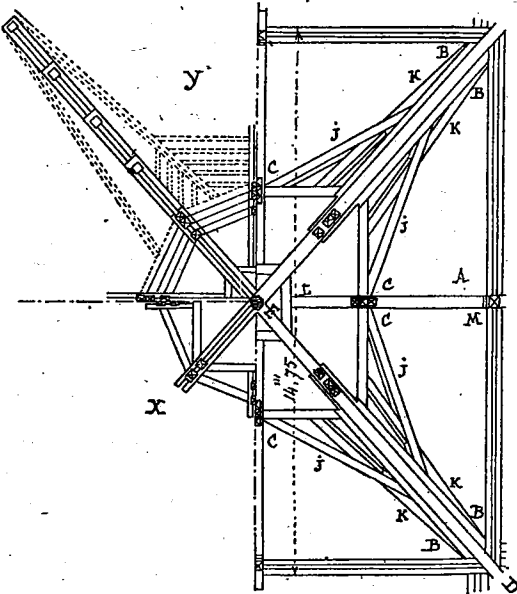


Fig. 828.

une grande résistance contre le vent. Les poteaux placés aux quatre autres sommets portent sur une pièce assemblée, d'une part, sur le tirant de la première ferme du toit, tirant qui est renforcé et soulagé comme on peut le voir (fig. 831) et, de l'autre, sur un gousset assemblé sur les tirants diagonaux. Des jambes de force inclinées soulagent cette pièce en face des poteaux, et sont indiquées, dans le plan (fig. 828), par les lettres J et K. Les bois employés sont en chêne et recouverts de plomb. Les statues sont en cuivre repoussé.

La flèche a, comme le montre la figure 830, 45 mètres de hauteur au-dessus du faitage. L'ensemble pèse 500,000 kilogrammes. Le sommet de la flèche de Notre-Dame de Paris est à 96 mètres au-dessus du pavé de l'église.

La figure 828 donne, en A, le plan de l'enrayure basse, au niveau des grands entrains diagonaux, qui sont chacun composés de trois pièces de bois superposées ayant 0<sup>m</sup>,25 de roide sous le poinçon. Ce croquis montre, en projection horizontale, le quatre-pieds sur lequel s'appuie le système à sa base. Ce quatre-pieds se compose d'une combinaison de potences sous les entrains et de fermes inclinées B et C, passant dans les plans d'une pyramide tronquée dont la base est le quadrilatère donné par les piles, et la section supérieure par le plan de l'enrayure au niveau des entrains.

Chacun des angles du corps de la flèche se compose de trois poteaux qui ne se lèvent pas verticalement, mais forment une pyramide très allongée, à base octogonale, c'est-à-dire que, en s'élevant, ces poteaux se rapprochent du poinçon.

La figure 829 montre, en élévation, la disposition des grandes fermes, marquées DE dans la figure 828. On voit dans la figure 829, les trois entrains superposés, roidis et maintenus, d'abord par les deux liens B assemblés à mi-bois et formant potence, puis par les deux fortes contrefiches moisées C et D qui reçoivent les liens inclinés indiqués en B et C (fig. 828). La tête de ces deux contrefiches moisées vient pincer, en E, le pied des trois poteaux des angles de la flèche. Le poinçon central est en F. Les grandes contrefiches GH tracent la noue donnée par la rencontre des combles; par conséquent, tout ce qui est au-dessus de ces contrefiches est vu.

Les contrefiches IK sont des moises, forment arête dans la noue en rejetant, au moyen d'un chevronnage, les eaux à droite et à gauche, laissant voir les gradins ajourés décorés d'arcatures et surmontés de statues sur les quatre poteaux.

D'autres contrefiches moises MN réunissent tout le système et s'assemblent dans le poinçon central en O. En outre,

cette demi-ferme est maintenue par des moises horizontales qui serrent ensemble ces diverses pièces, empêchent toute dislocation et font de cette charpente un plan

roide, immobile, ne pouvant se déformer. Le quart de plan X (fig. 828) donne la disposition de l'enrayure au niveau HP (fig. 829).

Le tracé compris dans le quart de plan

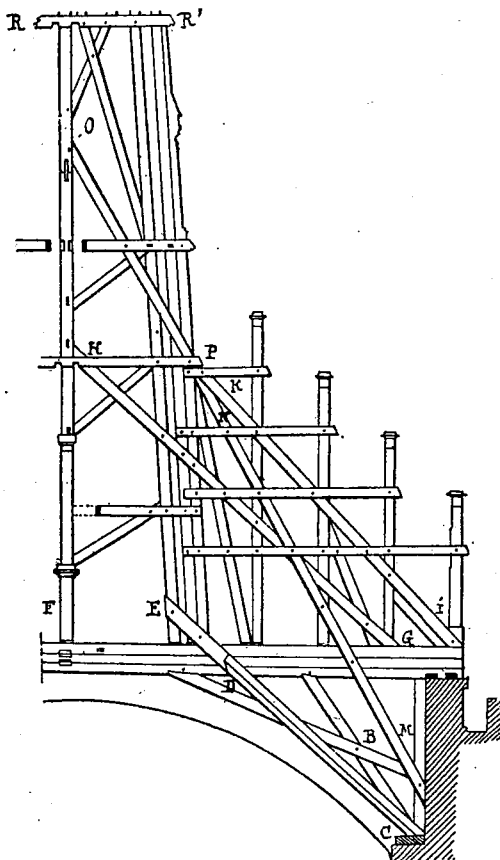


Fig. 829.

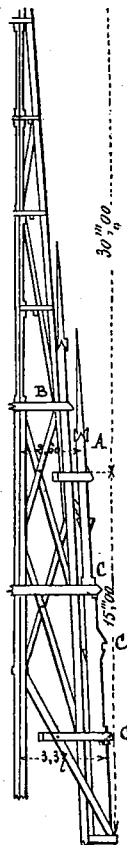


Fig. 830.

Y de la même figure donne le plan de l'enrayure à la hauteur RR'. — Dans le tracé Y (fig. 828) on voit comment s'arrangent les chevonnages divisant la noue en deux et laissant passer les quatre poteaux portant les statues.

La figure 834 représente l'une des fermes BMB de la figure 828 qui sert en même temps de ferme de comble. En A, on voit l'extrémité de la pièce horizontale tracée en LM (fig. 828). En A', cette extrémité est vue en coupe suivant ab (fig. 832). Il n'est pas besoin d'explication pour faire

sentir que cette extrémité A ne peut fléchir.

La figure 830 donne un croquis de la flèche au-dessus du faitage du comble, c'est-à-dire au-dessus du niveau d'où elle commence à se détacher sur le ciel. Cette figure nous montre la charpente de la flèche complètement dépourvue de sa décoration. En A, est une des quatre fermes correspondant aux fermes diagonales. On observera l'inclinaison des poteaux formant les arêtes de cette flèche au-dessous de la pyramide supérieure, qui ne se dé-

gage qu'au niveau B. Cette inclinaison, y compris les retraites successives, n'a pas moins de 0<sup>m</sup>,80 dans une hauteur de 15<sup>m</sup>,00

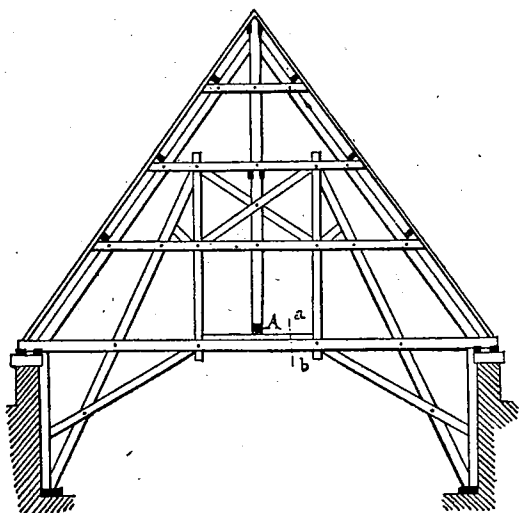


Fig. 831.

et, cependant, par l'effet de la perspective, c'est à peine si l'on aperçoit une diminution dans le corps de la flèche autre que celle produite par les retraites C.

Pour plus de détails sur la construction de cette flèche, nous renvoyons directement nos lecteurs au dictionnaire de Viol-



Fig. 832.

let-le-Duc où nous avons puisé ces quelques renseignements sur la flèche de Notre-Dame de Paris.

## 2<sup>e</sup> BEFFROIS

**521.** On désigne sous le nom de *beffroi*, la charpente intérieure des tours, destinée à supporter les cloches et qui, pour éviter l'ébranlement des maçonneries, ne doivent reposer sur ces maçonneries que par leur base et sans aucun scellement.

Il existe une infinité de manières de disposer ces beffrois selon la disposition intérieure des tours et le nombre de cloches à supporter. Nous donnons (fig. 833,

834 et 835) les croquis d'un beffroi devant recevoir trois cloches, l'une assez forte

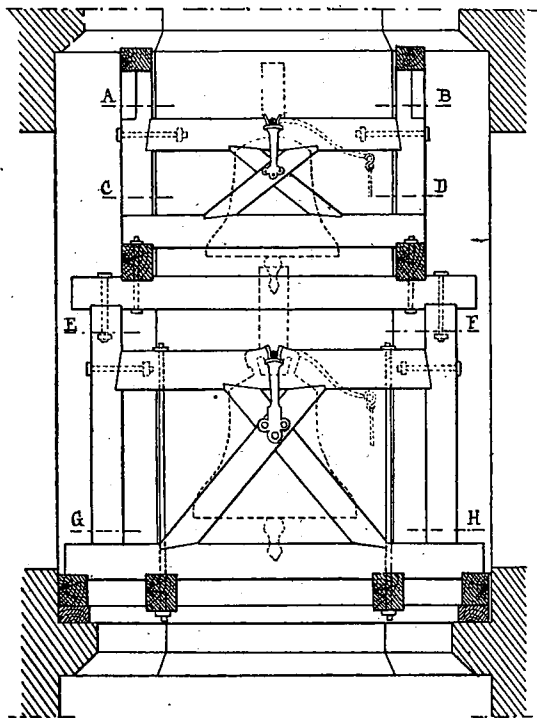


Fig. 833.

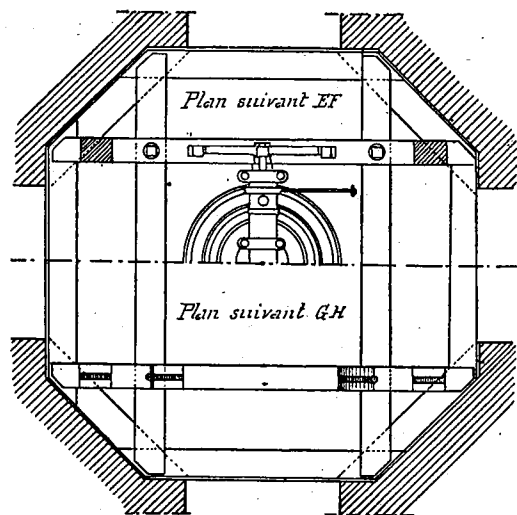


Fig. 834.

placée à la partie inférieure, les deux au-



très beaucoup plus petites et placées au-dessus. La coupe verticale et les différents

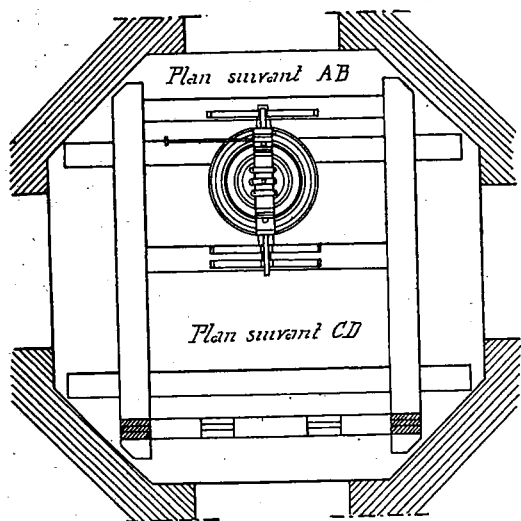


Fig. 835.

plans font facilement comprendre les dispositions à prendre pour cette simple installation.

### 3° CLOCHERS

**522.** On donne le nom de *clocher* à une tour dans laquelle sont placées les cloches d'une église.

Au XI<sup>e</sup> siècle, les clochers, élevés sur un plan quadrangulaire, étaient formés d'étages légèrement en retraite, percés de baies, renforcés aux angles par des contreforts et se terminant par une pyramide à base carrée.

Au XII<sup>e</sup> siècle et au XIII<sup>e</sup> siècle, les clochers, quadrangulaires à leur base ou portés sur des coupoles, deviennent rapidement octogonaux et se terminent, soit en plate-forme de tour — ce qui est assez rare — bordée de balustrades dominées par des clochetons, soit en pyramides octogonales.

Aux XIV<sup>e</sup>, XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles, on suit les mêmes principes et les aiguilles, ou pyramides terminant les clochers, deviennent de plus en plus légères et de plus en plus ajourées. Enfin, les clochers, selon l'époque et selon les vicissitudes de reconstruction des églises, sont ou compris dans le plan

de l'édifice, ou placés en dehors de ce plan.

La construction de ces clochers se rapproche beaucoup de celle des flèches. On divise toujours la hauteur en un certain nombre de parties et on exécute des enrayures qu'on place comme nous l'avons indiqué pour les flèches.

### INTERSECTION DES COMBLES A SURFACES COURBES.

**523.** Il peut exister un très grand nombre d'intersections données par la rencontre d'un comble à surface courbe, soit avec un mur droit ou circulaire, soit avec un autre comble à surface plane ayant ou n'ayant pas même hauteur, soit enfin l'intersection donnée par la rencontre de deux combles courbes.

*Observations.* L'intersection d'un comble en dôme ou hémisphérique par un plan donne toujours une portion de cercle. L'intersection d'un comble conique par un plan donne une partie de courbe connue sous le nom d'*ellipse*. Si le plan coupe le cône parallèlement à une de ses génératrices, on obtient une parabole. Si le plan coupe le cône parallèlement à l'axe, ou si la pente du comble droit est plus raide que celle du comble conique, la courbe obtenue est une hyperbole. Enfin, lorsque deux surfaces courbes quelconques se rencontrent, un cône et un mur circulaire par exemple, ou un mur circulaire et une tour ronde, on obtient alors une courbe dite à double courbure.

1° *Comble en dôme coupé par un mur droit.*

**524.** Soit le cercle dont le centre est en O (fig. 836), le plan d'un comble en dôme, soit AB la direction du mur cou-

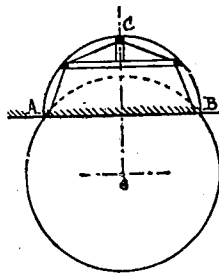


Fig. 836.

pant ce dôme et contre lequel ce dernier

doit être appuyé. La courbe d'intersection sera, dans ce cas, un demi-cercle ACB, tracé sur AB comme diamètre, parce que tout plan qui coupe une sphère ne peut pas donner d'autre courbe qu'une intersection ayant la forme d'un demi-cercle. Le demi-cercle ACB sera la courbe d'intersection rabattue suivant sa vraie grandeur.

2° *Comble conique droit coupé par un mur à plomb.*

525. Nous savons que, dans ce cas, l'intersection est une hyperbole. Si le mur passait par le sommet du comble, il n'y aurait pas de courbe et l'intersection serait un triangle. Pour tracer cette hyperbole, figurons en croquis le cône

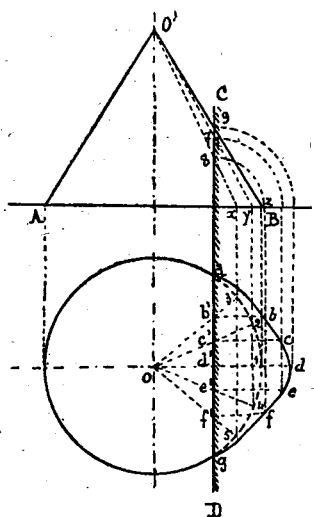


Fig. 837.

par son élévation AO'B (fig. 837) et son plan par un cercle dont le centre est en O. Soit CD le mur coupant. Pour avoir l'intersection de ce mur avec le cône, on mène, en projection horizontale, les génératrices 01, 02, 03, 04, 05, qu'on projette verticalement en O'x, O'y, O'z. On rabat ensuite les points d'intersection 7, 8, 9 et on obtient, par leur rencontre avec les perpendiculaires menées par les points b', c', d', e', f', les points de la courbe en abcdefg. En joignant ces points, on obtient facilement la courbe d'intersection. La seule inspection de la figure fait facilement comprendre le tracé à faire.

3° *Comble conique rencontré par un mur circulaire, celui d'une tour ronde par exemple.*

526. Comme nous le savons, la courbe d'intersection sera à double courbure; mais, en projection horizontale, elle sera une portion de cercle. Soit O (fig. 838), le centre du cercle formant la base du mur circulaire, S et S' les projections du sommet du cône rencontré par ce mur. Pour obtenir l'intersection, projetons le point 1 en 1' et 2 en 2' la courbe sera comprise entre ces deux points. Afin d'avoir un autre point de l'intersection, menons une géné-

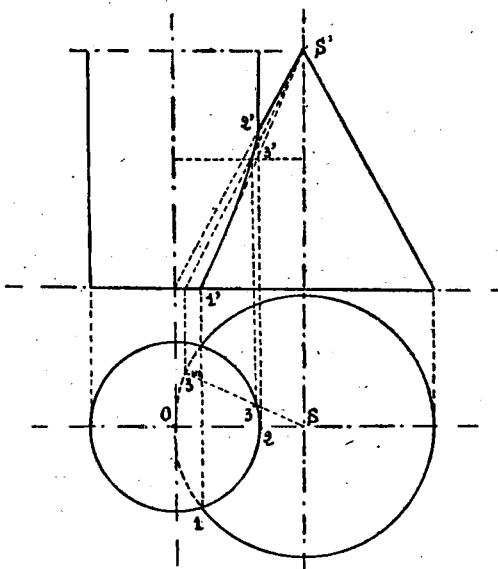


Fig. 838.

ratrice S3''' du cône et relevons-la en projection verticale. Cette génératrice rencontre le contour apparent du mur en un point 3 qui se relève en 3'. Ce point 3' est un point de l'intersection. En en menant d'autre de la même manière, on obtiendra la courbe d'intersection 1'3'2' en projection verticale.

Les autres intersections d'un comble en dôme rencontré par un comble à deux égouts et d'un cône droit rencontré par un comble à surfaces planes formant croupe exigeant des épures trouveront place dans une autre partie.

## § X. — OUVERTURES PRATIQUÉES DANS LES COMBLES

**527.** Nous avons vu précédemment au n° 458 et dans l'étude complète des lucarnes, n°s 344 et suivants, quelques données sur les ouvertures pratiquées dans les combles. Il nous suffira de renvoyer nos lecteurs aux divers croquis de comble étudiés et dans lesquels il y a des châ-

sis ou autres ouvertures pour qu'ils puissent se rendre un compte exact des dispositions à prendre pour ces ouvertures. Les figures 743 et 744 donnent plusieurs exemples de la disposition des bois dans les divers cas.

## § XI. — CONSTRUCTION DES HANGARS

**528.** On donne généralement le nom de *hangar* à un abri formé de poteaux soutenant une toiture légère et dont le pourtour est souvent garni de planches ou de cloisons en briques de peu d'épais-

seur. De grandes ouvertures, bouchées par des parties mobiles, sont réservées sur les faces longitudinales des hangars. Les figures 839, 840 et 841 donnent, en plan, coup longitudinal et élévation d'une

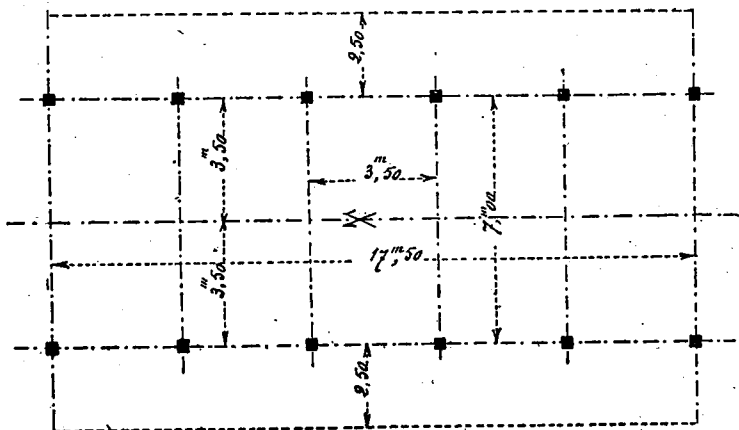


Fig. 839.

ferme, la disposition d'un hangar très simple. Comme le montre la figure 839, ce hangar est soutenu par une série de poteaux espacés de 3m,50 d'axe en axe. La portée ou distance d'axe en axe des poteaux, dans le sens transversal, est de 7m,00.

Un grand nombre de fermes étudiées précédemment peuvent être adoptées pour la construction des hangars : c'est pourquoi nous n'insisterons pas sur cette partie

de leur construction. Ce qu'il nous reste à dire pour compléter leur étude, c'est la manière dont peut se faire le remplissage des parties longitudinales dans les hangars.

La figure 842 donne un croquis d'une disposition possible de fermeture en planches. Comme nous le voyons dans ce croquis, les poteaux sont posés sur des dés en pierre se reliant avec un soubassement

longitudinal qui peut être construit en pierre ou en maçonnerie de petits matériaux. Pour faire le remplissage d'une travée (distance longitudinale entre deux poteaux), on place, le plus souvent, une

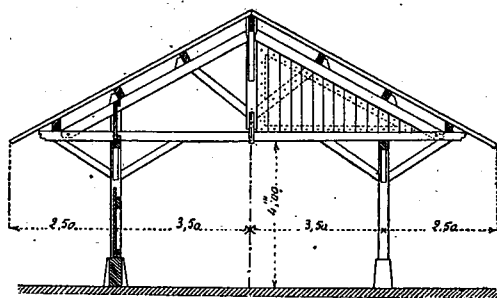


Fig. 840.

pièce de bois nommée *lisse* sur le mur de soubassement. On place aussi une pièce de bois semblable à la partie haute des po-

teaux; puis, sur ces deux pièces, on cloue une série de planches destinées à faire fermeture. Lorsque la distance entre la lisse du bas et celle du haut est grande, on

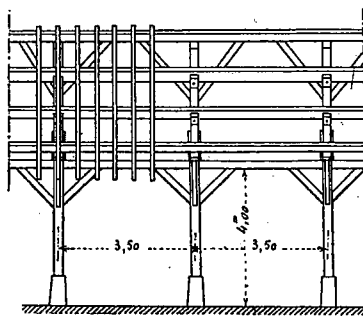


Fig. 841.

les réunit par des croix de Saint-André sur lesquelles on cloue les planches.

La disposition donnée (fig. 842) est celle

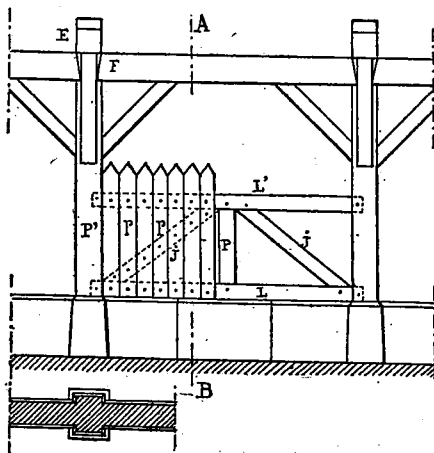
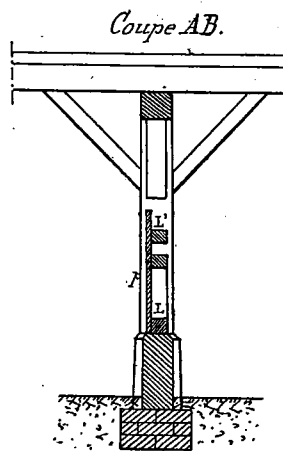


Fig. 842.

qu'on emploie lorsqu'on désire laisser ouverte la partie haute du hangar. On place alors une lisse L sur le soubassement; puis, à une certaine hauteur, une autre pièce de bois L'. C'est sur ces deux pièces de bois qu'on cloue une série de planches p. Quand la distance entre la lisse L et la pièce de bois L' est trop grande, on est obligé, comme nous l'indiquons

dans la figure, d'ajouter d'autres pièces pour consolider les deux premières. On met un petit potelet P et deux jambes de force J. Les pièces L et L' sont assemblées dans les poteaux.

La figure 843 donne le croquis de l'assemblage des poteaux P' avec les sablières F et les entrails E. Les assemblages des deux parties de sablières avec le poteau



sont solidement maintenus par deux plates-bandes en fer *p* (fig. 843). Le poteau porte, à sa partie supérieure, un tenon qui s'engage dans l'entrait. Une cheville *v* retient l'assemblage.

Dans certains hangars, la lisse *L* est apparente au dehors. Les planches *p* (fig. 844) viennent alors butter sur cette lisse et, pour les maintenir, on fixe, à l'arrière,

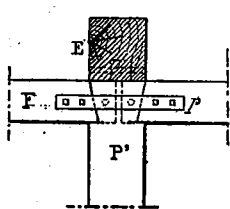


Fig. 843.

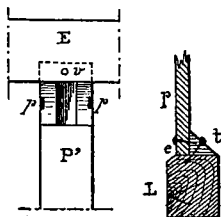


Fig. 844.

un tasseau *t* sur lequel on cloue les planches. Cette disposition est moins bonne que la précédente, car l'eau de pluie qui coule le long des planches peut s'intro-

duire en *e* entre la lisse et les planches et faire pourrir ces dernières très facilement.

Dans les hangars, les planches sont le plus souvent posées jointivement et recouvertes par un couvre-joint *c* (fig. 845). Ce couvre-joint est formé par une petite pièce de bois de 0<sup>m</sup>,04 de largeur sur 0<sup>m</sup>,01 d'épaisseur. Il faut avoir soin de ne la clouer que d'un côté ; car les planches, en jouant par suite des alternatives de sécheresse et



Fig. 845.

d'humidité, feraient fendre le couvre-joint dans toute sa longueur s'il était cloué à la fois sur les deux planches jointives. Comme nous l'avons déjà dit, les poteaux des hangars reposent sur des dés en maçonnerie, le plus souvent en pierre. Ces poteaux peuvent reposer sur les dés de trois manières comme nous l'indiquons

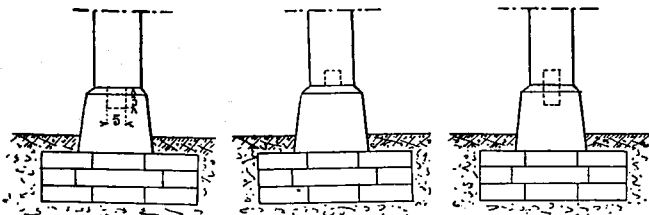


Fig. 846.

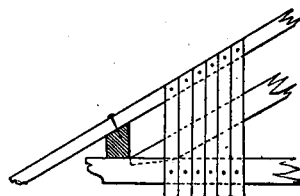


Fig. 847.

(fig. 846). Tantôt, le poteau porte un tenon qui s'engage dans la pierre ; tantôt, c'est la pierre qui porte une saillie entrant dans le poteau. Enfin, on peut avoir un véritable *goujon* entrant à la fois dans le poteau et dans le dé en pierre.

La fermeture des tympans de tête se fait aussi avec des fermes de tête se fait aussi avec des planches. Dans certains cas, comme dans le croquis (fig. 847), les planches recouvrent toutes les pièces : chevrons, arbalétriers et entrait. Dans d'autres cas (fig. 840), les planches ferment simplement le triangle formé par le poinçon, l'arbalétrier et l'entrait.

Dans ce dernier exemple, afin de pouvoir fixer les planches, il est indispensable de

clouer, un peu en retrait, des pièces de bois spéciales sur lesquelles on peut fixer les planches de fermeture.

Les figures 848 et 849 nous montrent la disposition d'un hangar dont certaines parties longitudinales sont remplies en briques de 0<sup>m</sup>,11 d'épaisseur reposant, comme dans l'exemple précédent, sur un parpaing en maçonnerie et d'autres sont fermées par des planches. Les briques sont recouvertes, à leur partie supérieure, par une pièce de bois *B* indiquée dans la coupe transversale. C'est entre cette pièce de bois *B* et la sablière haute *S* qu'on réserve les jours pour l'éclairage et l'aération. Au-dessus de la sablière *S* et jusqu'à

la panne P, il existe une fermeture faite avec des planches jointives. La partie droite de la figure indique la disposition pour un hangar complètement ouvert. La fermeture haute en planches existe seule. La coupe transversale montre égale-

Coupe transversale  
sur ABCD

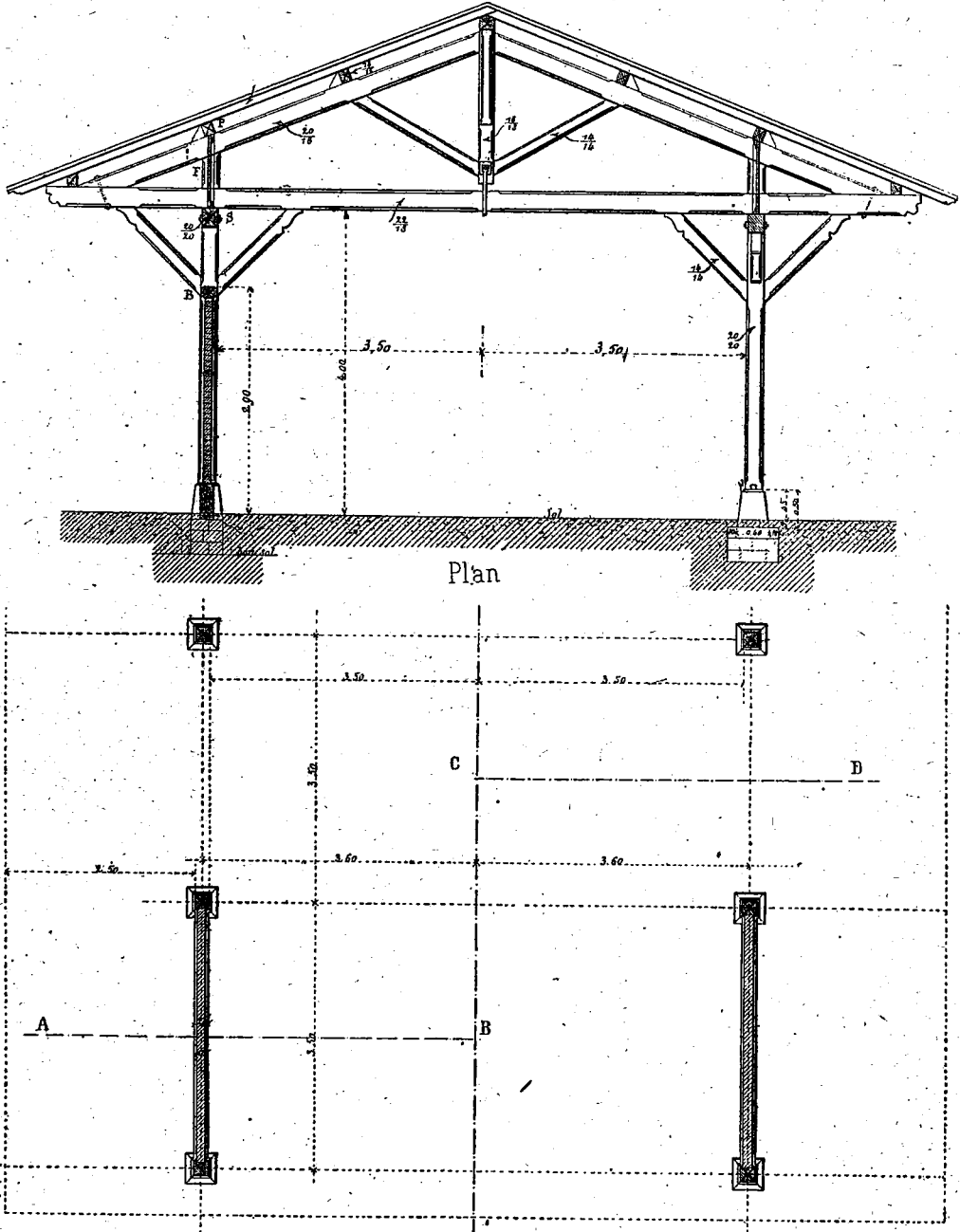


Fig. 848 et 849.

ment comment, à l'aide de simples chanfreins exécutés sur les angles des diverses pièces de bois, on peut obtenir une décoration à peu de frais.

### Hangars économiques, système Pombla.

**529.** M. Pombla établit, depuis longtemps, des hangars très économiques dont nous donnons les deux principales dispositions (*fig. 850 et 851*).

Ces hangars sont construits en bois et fer et peuvent recevoir tous les modes de couverture : zinc, tôle, carton bitumé,

tuiles, ardoises naturelles, ardoises métalliques, etc. etc. La charpente en est disposée de telle façon qu'elle peut être placée sur des colonnes en fonte, des murs en maçonnerie ou tous autres points d'appui qu'on désirerait utiliser. Ils présentent les avantages suivants :

1° Économie considérable ;

2° Grande solidité et grande légèreté obtenues au moyen de l'emploi raisonné des matériaux suivant leur meilleur mode de résistance ;

3° Facilité de démontage et de transport qui permet, tout d'abord, de les expédier prêts à être montés dans les cam-

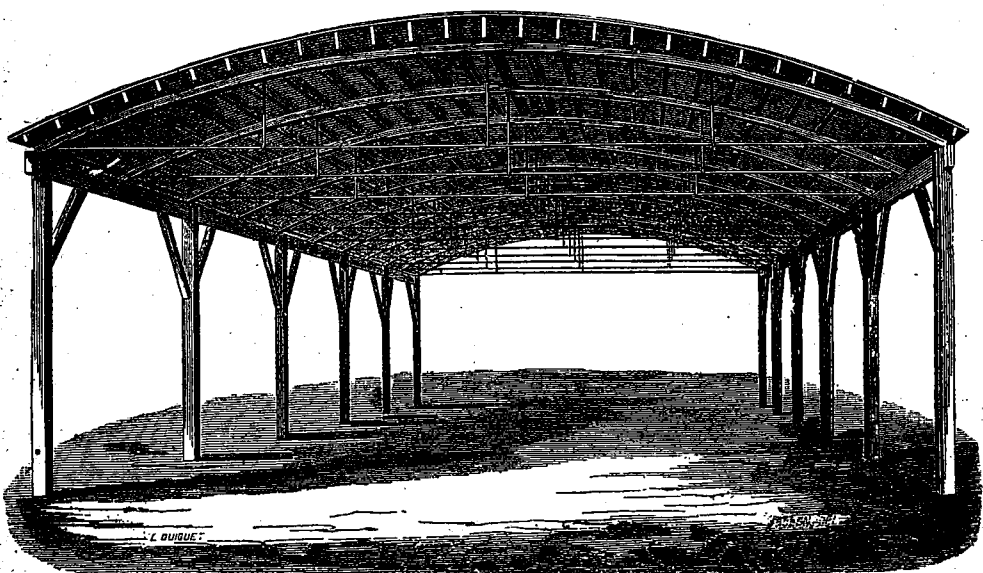


Fig. 850.

pagnes et dans tous les pays où la main-d'œuvre est rare et coûteuse. On peut les déplacer suivant les besoins, presque sans frais ;

4° Simplicité de montage, attendu qu'ils peuvent être mis en place par des ouvriers peu expérimentés ;

5° Grande rapidité d'exécution.

La figure 850 représente le type de ces hangars qui donne la combinaison la plus simple et la plus rationnelle de toutes les charpentes économiques. Par suite de

l'emploi raisonné des matériaux quant à leur résistance (le bois à la compression, le fer à la traction), on obtient une assez grande solidité. Ce système de hangar peut recevoir, comme couverture, le carton bitumé, la toile goudronnée et le zinc. La figure indique assez clairement la disposition pour qu'il soit utile de nous y arrêter plus longuement.

La figure 851 donne, en croquis, une autre disposition des combles Pombla. L'addition des arbalétriers est un complé-

ment apporté au type précédent qui, en donnant les pentes et les dispositions nécessaires pour la tuile et pour l'ardoise, permet d'employer tous les modes de cou-

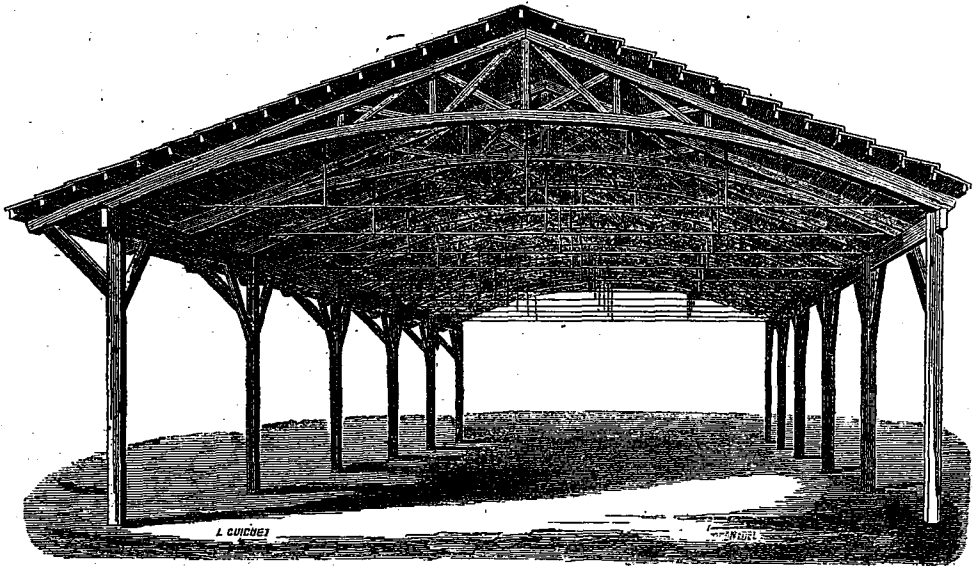


Fig. 851.

verture : carton bitumé, toile goudronnée, zinc, ardoises naturelles, tuiles mécaniques et autres, ardoises métalliques, etc. Ce type convient surtout pour les combles à grande portée. La figure 852 donne une heureuse ap-

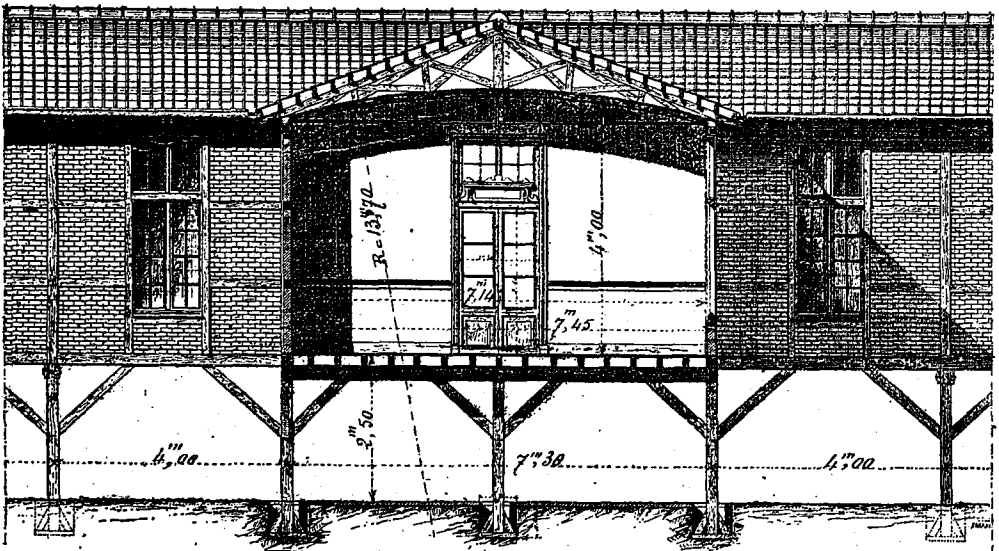


Fig. 852.

plication des hangars économiques, système Pombla, aux salles d'hôpital. Cette



figure représente la coupe du modèle type | des salles de malades de l'hôpital Broussais

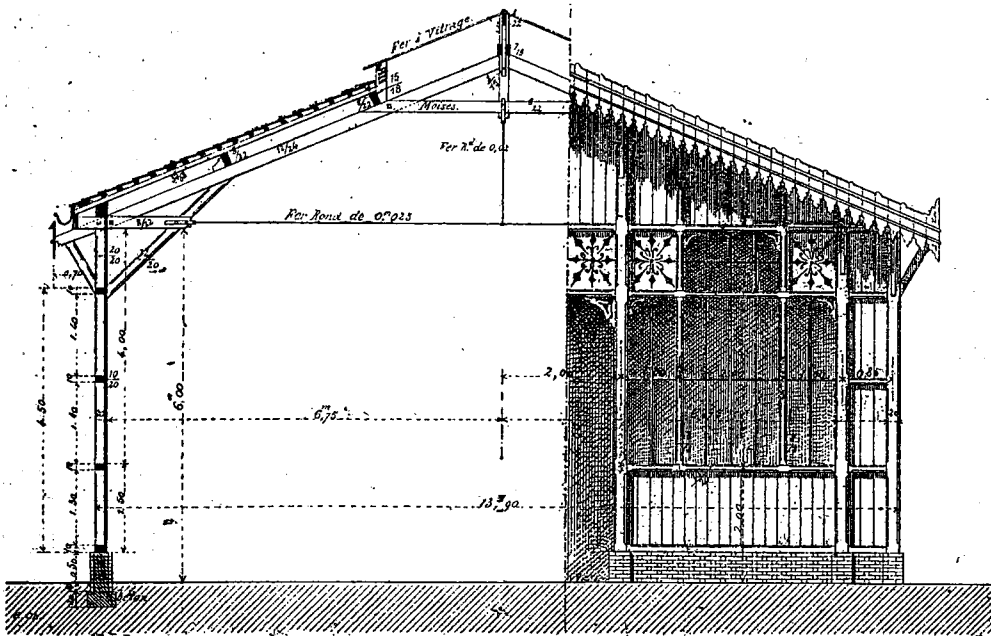


Fig. 853

à Paris. Les clôtures sont en pans de bois | et briques : mais, dans des cas d'urgence,

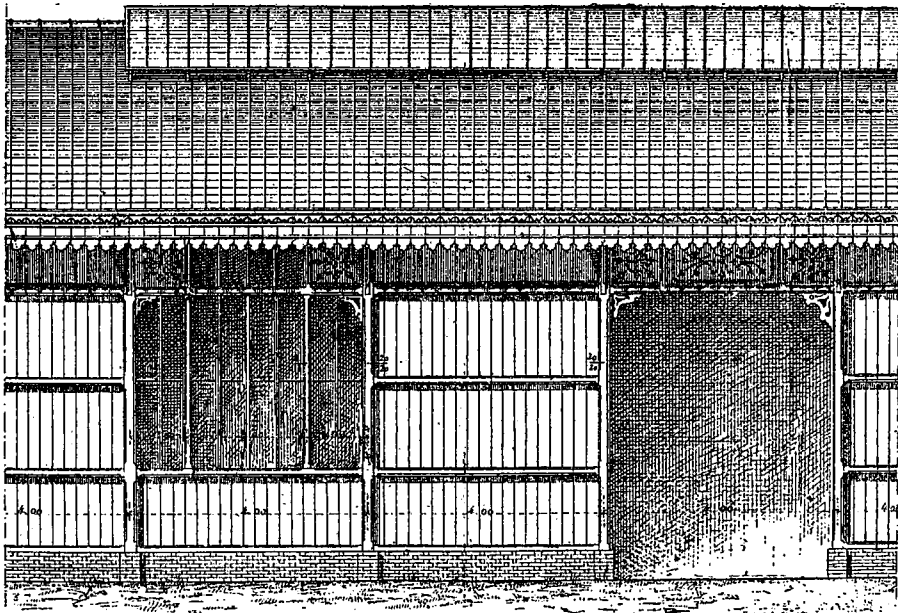


Fig. 854.

l'emploi comme fermeture extérieure | de cloisons en planches à double paroi a

donné d'excellents résultats. Le plafond en frises de parquets, à baguettes assemblées à rainures et languettes, est fixé sur la partie cintrée du comble. Le plancher est surélevé de façon à laisser l'air circuler librement autour de la salle. Les poteaux supportant cette construction sont directement scellés dans le sol dans un massif en petits matériaux ; ils sont préalablement goudronnés pour éviter l'effet de l'humidité du sol.

Les figures 853 et 854 donnent un dernier type des hangars construits par M. Pombla à l'Exposition universelle de 1878. Ces hangars, dont la figure 853 fait facilement comprendre la disposition, sont fermés par une clôture en planches de 0<sup>m</sup>,025 d'épaisseur, rabotée sur les deux faces avec couvre-joints et dans laquelle sont ménagés de grands châssis verticaux en bois et fer vitrés en verre demi-double.

Les combles sont couverts en tuiles Muller de premier choix et sont pourvus de lanternaux d'aération et d'éclairage régnant sur toute leur longueur. Le vitrage de ces lanternaux est en verre double et les petits bois recevant les carreaux sont en fer du modèle spécial adopté pour l'Exposition, c'est-à-dire à gouttières évitant les effets de la buée et les infiltrations extérieures.

Ces hangars sont décorés sur tout leur pourtour de lambrequins en bois découpés et munis, sur les deux faces longitudinales, de larges chéneaux garnis en zinc avec tuyaux de descente et accessoires.

### Comble démontable, système Petitjean.

530. Les hangars étant presque toujours des constructions provisoires, il est

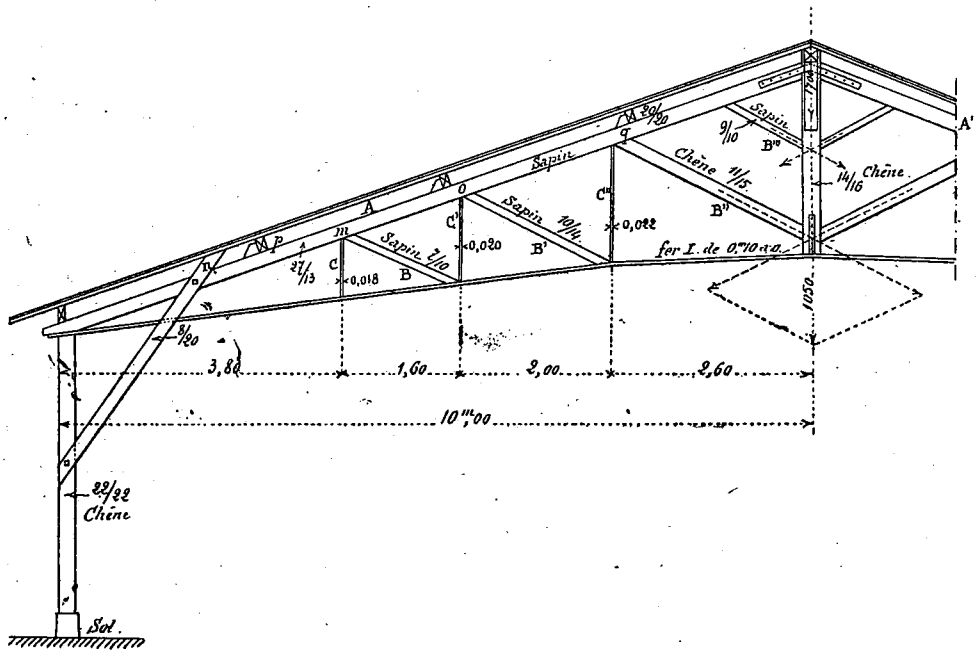


Fig. 855.

souvent indispensable de pouvoir les transporter facilement en détail.

Nous avons vu, précédemment, que les combles système Pombla peuvent se démonter et se remonter à volonté. Pour

terminer cette étude, nous donnons (fig. 855) la coupe d'une demi-ferme d'un comble démontable, système Petitjean. Ce comble, dont nous indiquerons le calcul dans le chapitre qui va suivre, est monté

sur poteaux. Il est formé d'un arbalétrier en sapin de 27/13 d'équarrissage, d'un poinçon en chêne de 14/16 d'équarrissage, d'une contrefiche formant moise dont chacune des pièces a un équarrissage de 8/20; enfin, d'une série d'aiguilles en fer rond et de contre fiches en sapin venant se fixer sur un tirant formé par un fer I posé à plat.

Les principales données de ce comble sont les suivantes :

Portée, d'extérieur à extérieur des poteaux. . . . 20<sup>m</sup>,00

Écartement d'axe en axe des fermes. . .	3 <sup>m</sup> ,70
Angled'inclinaison. . .	$\alpha = 21^{\circ}49'$
Pente . . . . .	0 <sup>m</sup> ,40 par mètre.
Couverture . . . . .	Tôle ondulée.

Ce genre de comble peut évidemment subir des modifications tendant à l'améliorer, mais nous le présentons comme exemple de comble démontable afin d'avoir l'occasion d'en donner le calcul qui, comme on le verra, peut être fait très simplement.

§ XII. — FERRURES EMPLOYÉES DANS LES COMBLES EN BOIS.

**531.** Nous avons déjà parlé précédemment des différentes pièces métalliques employées dans la charpente en bois.

Il nous suffira donc de rappeler, en quelques mots :

1° Les ferrements d'un comble tout en bois ; -

2° Les ferrements d'un comble en bois avec tirant et aiguille en fer.

Les ferrements d'un comble tout en bois sont très simples. Ils se composent,

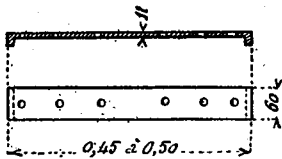


Fig. 856.

le plus souvent, comme le montrent les figures 856 et 857 :



Fig. 857.

1° De plates-bandes en fer plat ordinairement de 60/11 fixées avec des tirefonds ou avec de gros clous et présentant,

aux deux extrémités, des talons venant s'incruster dans le bois.

2° De boulons de charpente.

Ces boulons ont généralement un diamètre de 20 millimètres. L'écrou fixe et l'écrou mobile venant se visser sur une partie filetée sont tous les deux à tête carrée. Pour bien répartir la pression de ces boulons sur les pièces de bois, on place, entre leur base et la pièce de bois, de petites rondelles en fer ayant 0<sup>m</sup>,065 de diamètre et 0<sup>m</sup>,007 d'épaisseur. La distance intérieure comprise entre ces deux rondelles se nomme le serrage du boulon. Ces boulons de charpente sont assez grossièrement faits. Outre ces deux pièces, on peut aussi se servir d'étriers, de frettes, etc.

Lorsque le comble comporte une aiguille pendante et un tirant en fer, les dispositions sont moins simples. Le pied du poinçon reçoit une pièce de fer forgé en forme de V comme nous l'avons indiqué précédemment (fig. 248). Cette pièce

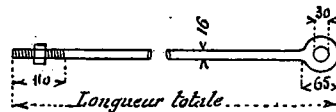


Fig. 858.

en fer plat de 30/6 reçoit, à sa partie inférieure, la partie filetée de l'aiguille pen-

dante dont nous donnons le croquis (fig. 858). La partie inférieure de cette aiguille pendante est terminée par un œil

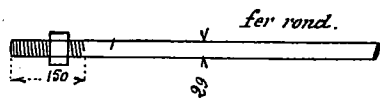


Fig. 859.

destiné au passage du tirant en fer dont le croquis est indiqué (fig. 859).

La partie filetée de ce tirant s'engage en O dans une pièce spéciale représentée en plan, vu de côté et élévation (fig. 860 et 861). Cette pièce, de forme très allongée, doit laisser passer, entre ses deux branches et dans l'espace A, le poteau, le blochet et la contrefiche de la ferme. Outre ces différentes pièces, on se sert également, pour les maintenir, de boulons de serrage ayant un jeu de 20 millimètres en plus ou en moins et de rondelles en fer plat qui ne s'emploient que lorsque la tête ou l'écrou

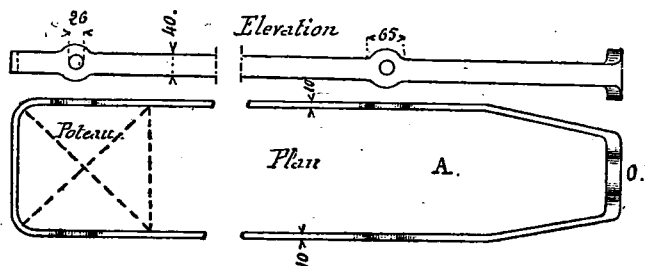


Fig. 860.

Vue de côté.

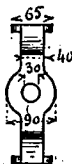


Fig. 861.

du boulon se trouve placé directement sur le bois.

Ces diverses dispositions peuvent varier à l'infini de formes et de dimensions.

Nous ne donnons que les principaux types, le constructeur devant les étudier spécialement pour les différents cas qu'il rencontrera dans la pratique.

# CHAPITRE VI

## STABILITÉ ET RÉSISTANCE DES COMBLES

### § I. — DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES

**532.** Le constructeur doit étudier avec le plus grand soin les fermes des charpentes qu'il a à construire et, avant de prendre une décision, comparer les différents modes de construction qui lui sont donnés, tant sous le rapport du prix de revient qu'au point de vue de la nature des matériaux et des difficultés qu'il trouve à en assembler les différentes parties pour former un tout suffisamment stable. Par une heureuse disposition, il peut réduire les dimensions des pièces d'une ferme de comble et, par suite, en diminuer le prix et le poids tout en obte-

nant une rigidité plus grande, ce qui ne peut qu'augmenter la solidité des murs chargés de supporter ces fermes.

Dans les différents exemples qui vont suivre, nous supposons toujours qu'il s'agit de l'une des fermes intermédiaires, et on considère toutes ces fermes comme étant également chargées. Les dimensions qu'on obtiendra pour l'une d'elles seront ensuite appliquées aux fermes de tête, bien que celles-ci soient moins chargées que les fermes intermédiaires.

Avant d'indiquer les différents moyens de calculer les pièces de charpente,

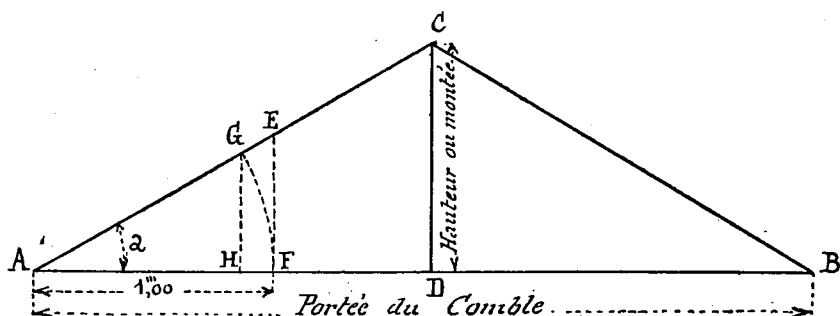


Fig. 862.

il est bon que le constructeur se pénètre bien des quelques indications qui vont suivre et qui seront utiles pour les calculs. Soit (fig. 862) la forme d'un comble simple représenté par le triangle ABC. Nous savons qu'on nomme *portée* du comble la distance AB entre les deux points d'appui A et B, la *demi-portée* étant, bien entendu,

la moitié de cette distance. La longueur CD se nomme *hauteur du comble* ou *montée du comble*.

La hauteur d'un comble peut être tracée de deux manières :

- 1° Soit en donnant la pente par mètre;
- 2° Soit en donnant l'angle  $\alpha$  que fait la toiture avec l'horizon.

Si, par exemple, nous disons tel comble aura  $0^m,45$  de pente par mètre, pour obtenir son inclinaison, il nous suffira de prendre, sur l'horizontale AB, une longueur AF =  $1^m,00$  à une échelle convenue, d'élever au point F une droite FE perpendiculaire sur AB et de prendre, sur cette droite et à la même échelle, une longueur FE =  $0^m,45$ , ce qui déterminera le point E. En joignant ce point E au point A, la droite AE donnera la *pente* ou l'inclinaison de la toiture.

Si, au contraire, on donne l'angle  $\alpha$  directement en degrés, par exemple  $\alpha = 40$  degrés, il suffira de tracer cet angle au point A à l'aide d'un rapporteur (instrument bien connu) pour avoir immédiatement la direction AC ou pente du comble. Si, ayant ainsi tracé l'angle  $\alpha$  avec un rapporteur, on décrit du point A comme centre, avec un rayon AG =  $1^m,00$ , un arc de cercle GF et si, des deux points G et F, on élève des perpendiculaires GH et FE à AB, ces différentes lignes tracées (Fig. 862) représenteront :

- GH, le sinus de l'angle  $\alpha$ .
- AH, le cosinus —
- FE, la tangente —
- AE, la sécante —

La valeur de la tangente FE est la pente ou l'inclinaison de la toiture par mètre. La grandeur de AE est la longueur de l'arbalétrier AC par mètre de la demi-portée AD.

En général, l'angle  $\alpha$  varie, pour les divers cas de la pratique, de 15 à 60 degrés. Il est donc utile de résumer, dans un tableau, les différentes valeurs des sinus, cosinus, etc., correspondants à des angles donnés.

VALEURS DE				
Angle $\alpha$	Sinus $\alpha$	Cosinus $\alpha$	Tangente $\alpha$	Sécante $\alpha$
dégrés				
15	0.259	0.966	0.268	1.035
20	0.342	0.940	0.364	1.064
25	0.423	0.910	0.466	1.103
30	0.500	0.866	0.577	1.155
35	0.573	0.819	0.700	1.123
40	0.643	0.766	0.839	1.300
45	0.707	0.707	1.000	1.414
50	0.766	0.643	1.190	1.556
55	0.819	0.573	1.428	1.743
60	0.866	0.500	1.732	2.000

Nous aurons, en étudiant la stabilité des combles, à nous servir de certains principes de mécanique connus, mais qu'il est utile de rappeler avant de commencer cette étude.

Nous savons que lorsqu'un corps en repos est sollicité à se mouvoir par plusieurs forces agissant dans des directions quelconques, il existe toujours une force unique qui peut représenter l'ensemble de ces forces et qu'on appelle *résultante*. Les autres forces qui servent à la former se nomment les *composantes*. La partie de la mécanique qui considère les rapports que les forces doivent avoir en grandeurs et en directions, pour être en équilibre ou en repos, est appelée *statique*.

La géométrie fournissant les moyens de comparer des nombres à des droites, on obtiendra, par des constructions géométriques très simples, non seulement la direction de la résultante de plusieurs forces, mais encore la grandeur qui mesure l'intensité de cette force unique résultant des forces composantes.

On peut donc représenter une force par une ligne droite prise sur sa direction et par une autre droite multiple, une force multiple de la première. Si, par exemple, nous avons une force de 500 kilogrammes et si nous prenons comme échelle un centimètre pour 100 kilos, cette force sera représentée par une longueur de  $0^m,05$ . Si la force devient 1,500 kilogrammes, il est évident qu'il faudra, pour la représenter, une longueur de  $0^m,15$ . Il suffira donc, dans les petites épures très simples que nous aurons l'occasion de donner, de tracer avec soin et à une échelle assez grande, pour ne pas commettre d'erreur trop sensible, les différents composantes et résultantes des forces considérées pour obtenir une approximation largement suffisante ; car, dans les applications, on se tient souvent beaucoup au-dessous des résultats donnés par la théorie.

Quand deux forces composantes sont représentées en grandeur et en direction par des lignes droites, leur résultante est également représentée en grandeur et en direction par la droite qui sert de diagonale au parallélogramme dont ces deux lignes sont les côtés.

Plusieurs forces ayant une même direction, appliquées à un point et agissant dans le même sens, ont pour résultante une force unique égale à leur somme.

Deux forces peuvent agir sur un même point dans des directions différentes faisant entre elles un angle quelconque. Dans ce cas, la résultante prendra une certaine direction comprise dans l'angle formé par les directions des deux composantes.

Deux forces agissant dans la même direction, mais en sens contraire, ont pour résultante une force unique égale à la différence des deux forces composantes et dirigées dans le sens de la plus grande des deux.

Si, comme application, nous supposons :

1° Que deux pièces de bois BC et BD (fig. 863) supportent une troisième pièce verticale AB posée sur les deux premières,

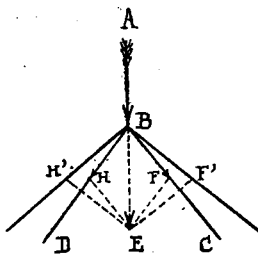


Fig. 863.

il nous sera facile de trouver l'effort exercé sur chacune de ces deux pièces dans le sens de leur longueur. Il suffit, en effet, de prolonger la ligne AB d'une quantité BE représentant, à une échelle donnée, l'intensité de la force AB; puis, par ce point E, de mener des parallèles EF et EH aux directions des forces BC et BD. On forme ainsi un parallélogramme BHEF dont les côtés BF et BH représenteront les efforts qui ont lieu sur les pièces inclinées BC et BD. Si, au lieu d'une force AB, on suppose un poinçon, les efforts resteront les mêmes. Si la force AB restant la même, l'angle formé par les deux forces change et s'ouvre davantage, il est évident, comme le montre la figure, que les deux forces BF et BH augmentent aussi et deviennent BF' et BH'.

*Observation.* — Nous voyons donc que plus l'angle que formeront deux arbalétriers sera ouvert, plus l'effort que doit supporter le poinçon est considérable et que, au contraire, plus l'angle devient petit, plus la charge diminue. De ce fait, il faut conclure que les contrefiches sont préférables aux faux-entraits dans les fermes des combles qui ont beaucoup d'inclinaison et que ceux-ci valent mieux que les contrefiches dans les combles qui en ont peu.

Si nous appliquons ce que nous venons de dire aux arbalétriers d'un comble (fig. 864), ces pièces étant pressées dans le sens de leur longueur par l'effet du poids qui agit sur leur point de rencontre, une partie de cette pression tend à les écarter l'un de l'autre et à faire marcher leurs pieds dans des directions opposées. Transportons la force BF de la figure 863 de C en F (fig. 864) et terminons le paral-

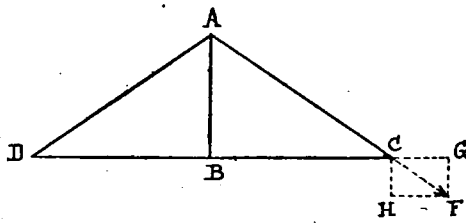


Fig. 864.

léogramme CGHF. La longueur horizontale CG représentera la force avec laquelle le pied C sera poussé dans la direction CG par la pression CF. L'autre pied D sera poussé en sens contraire par une force égale. Pour détruire ces deux forces, il suffira de mettre un entrait DC et on aura ainsi constitué une ferme très simple.

Il sera également très facile de trouver la charge à laquelle une pièce inclinée, telle que OC (fig. 865), pourra résister en se rappelant qu'une pièce de bois résiste à des charges d'autant plus considérables que sa position s'approche davantage de la position verticale ou, comme disent les ouvriers, de la ligne à plomb. La pièce de bois placée suivant OC (fig. 865) résistera certainement moins que si elle était placée

suivant la direction  $OA$  et, placée suivant la direction  $OD$ ; elle ne donnera que le minimum de résistance qu'elle peut offrir.

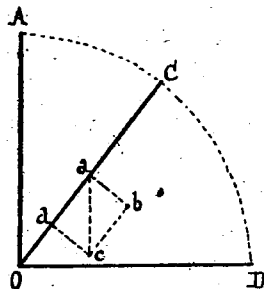


Fig. 865.

Traçons la droite  $ab$  sur le milieu de  $OC$  et perpendiculairement à cette droite. Menons, par le point  $b$ , une droite  $bc$  parallèle à  $OC$ , puis une droite  $cd$  perpendiculaire à  $OC$ . En un mot, traçons le parallélogramme  $abcd$ . Il est certain que si l'on prend la longueur de la droite  $ab$  pour la plus grande résistance de la pièce horizontale  $OD$ , la droite  $ac$  sera la mesure de la plus grande résistance à l'action d'une charge verticale de la pièce inclinée  $OC$ . Il est alors facile de se rendre compte que la résistance transversale d'une pièce de charpente à l'action d'une pression verticale, peut pour ainsi dire être accrue par la seule inclinaison de cette pièce.

La résultante dirigée suivant  $ac$  se décompose en deux autres forces dont l'une  $ab$  est placée perpendiculairement à la pièce et dont l'autre  $ad$  est dirigée suivant la longueur de cette même pièce. La première de ces forces peut évidemment atteindre l'effort auquel résisterait la pièce, placée horizontalement. La seconde de ces forces n'aura pas d'effet sur la flexion de la pièce, mais déterminera une compression longitudinale. De cela, il résulte que tant que la force  $ad$  ne donnera pas une poussée longitudinale plus grande que la charge de la pièce de charpente posée debout, on opérera comme nous l'avons vu pour trouver la résistance de cette pièce inclinée. Dans le cas contraire, on prendra la force  $ad$  égale à la plus grande charge de la pièce placée debout et on mènera la

droite  $dc$  perpendiculaire à  $OC$  jusqu'à la rencontre de la verticale  $ac$ . Dans ce cas, la charge  $ac$  indiquera la plus grande charge verticale de la pièce inclinée  $OC$ , et  $dc$ , qui est égale à  $ab$ , exprimera l'effort transversal auquel la pièce sera soumise.

*Observation.* La force de compression de la pièce suivant la ligne  $CO$  produirait au point  $O$  un glissement de la pièce  $OC$  sur la pièce  $OD$ . Il est indispensable, dans l'étude des charpentes, de s'opposer à ce glissement. Il sera très important, pour l'étude des charges sur une pièce inclinée, de savoir si la force qui agit et dont on veut évaluer la résistance est appliquée aux extrémités de la pièce considérée ou en un point déterminé de sa longueur.

Si la pièce, au lieu d'être calculée par rapport à sa résistance verticale, comme nous l'avons fait ci-dessus, doit l'être par rapport à sa résistance horizontale, il est clair que la résistance augmentera à mesure que la pièce sera plus inclinée par rapport à la position horizontale.

Soit une pièce de bois  $XY$  (fig. 866)

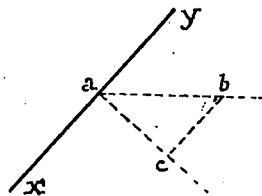


Fig. 866.

inclinée à la direction de la pression horizontale  $ab$ . Comme précédemment, la droite  $ac$ , perpendiculaire sur  $XY$ , représentera la plus grande résistance transversale de la pièce. La droite  $bc$ , parallèle à  $XY$ , donnera le plus grand effort horizontal auquel la pièce pourra résister.

### Glissement des pièces de bois l'une sur l'autre.

**533.** Nous savons que lorsque deux pièces sont placées l'une sur l'autre et assemblées comme un arbalétrier  $A$  et un



entrait E (fig. 867), la compression sur l'arbalétrier tend à faire glisser la pièce A sur la pièce E, c'est-à-dire à déplacer le rectangle *abcd* suivant *a'b'c'd'*. On s'oppose, autant que possible, à ce glissement en plaçant un boulon XY comme l'indique la figure.

Bien peu d'expériences ont été faites sur la résistance que les bois offrent dans le sens du glissement, de sorte qu'il est très difficile d'établir des règles pré-

cises à ce sujet. On peut cependant donner quelques chiffres approximatifs servant à guider le constructeur.

Pour le sapin, par exemple, on sait que ce bois ne résiste dans le sens du glissement qu'à un effort de 0<sup>k</sup>,42 par millimètre carré et on ne prend même, en pratique, comme sécurité, que le dixième de cet effort, soit 0<sup>k</sup>,042 par millimètre carré.

Pour le chêne, le coefficient n'est pas

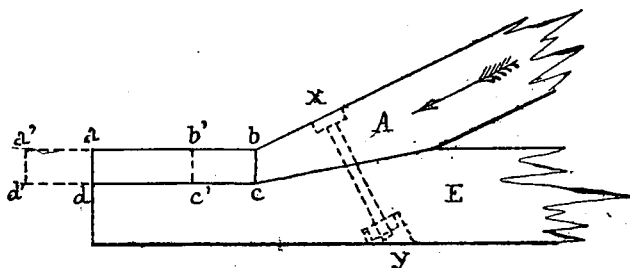


Fig. 867.

bien connu. On pourra, comme simple renseignement, adopter le chiffre de 0<sup>k</sup>,16 par millimètre carré.

Si, par exemple, un arbalétrier exerce sur le tirant un effort horizontal de 3,000 kilos et si le tirant a 0<sup>m</sup>,250 de largeur dans la partie intéressée, il faudra donner au rectangle *abcd* (fig. 867) une longueur d'au moins 0<sup>m</sup>,30, quand la pièce

sera en bois de sapin. En désignant par L la longueur inconnue de ce rectangle, il faudra que :

$$L \times 0^m,250 + 0,042 = 3,000$$

D'où,  $L = 0^m,30$

Si nous admettons, pour le chêne, le chiffre 0<sup>k</sup>,16, nous trouverons que la longueur L doit être :

$$L = 0^m,08.$$

## § II. — DIFFÉRENTS EFFORTS

### A CONSIDÉRER DANS L'ÉTABLISSEMENT D'UN COMBLE

**534.** Les efforts à considérer, supposés tous verticaux et distribués uniformément sur la surface d'un comble, sont, par mètre carré :

- 1° Le poids de la couverture ;
- 2° Le poids de la charpente ;
- 3° Les charges de sécurité (pression du vent, poids accidentel de la neige, etc..).

### I. — Poids des diverses couvertures.

**535.** Nous résumons dans le tableau ci-dessous les poids moyens à adopter pour les diverses couvertures les plus en usage et nous ajoutons à ces poids le poids du plancher, du lattis et des chevrons pour les différents cas.

DIVERSES COUVERTURES		POIDS par MÈTRE CARRÉ	Poids du plancher ou du lattis et des chevrons en sapin
Couvertures en tuile .....	Tuiles plates ordinaires, de divers pays.....	de 60 à 70 k.	de 18 à 25 k.
	Tuiles plates de Bourgogne.....	85 à 95	de 20 à 25
	Tuiles mécaniques et tuiles à emboîtement.....	35 à 50	de 15 à 20
Couvertures en ardoises.....	Ardoises petites.....	25 à 30	de 15 à 20
	Ardoises grandes, anglaises.....	35 à 40	
Couvertures en zinc .....	Zinc n° 14.....	5,95 à 8	de 12 à 15
	Zinc n° 16.....	7,50 à 9	
Couvertures en tôle .....	Tôle ordinaire et tôle ondulée.....	7,00 à 8	de 12 à 15
	Tôle galvanisée, de 1 mil.....	8 <sup>k</sup> 50	de 20 à 30
Couvertures en cuivre.....	Cuivre laminé n° 20.....	6 <sup>k</sup> 11	de 12 à 15
	Cuivre laminé n° 25.....	7 <sup>k</sup> 64	
Couvertures en plomb.....		40,00 à 55	de 15 à 20
Couvertures en mastic bitumineux.....		25,00 à 35	de 12 à 15
Couvertures en verre.....	Verre 1/2 double.....	5,00 à 6,00	
	Verre double {	3 mil.....	7,57
		4 mil.....	10,09

Dans les couvertures en zinc, on emploie des planchers en bois de sapin et plus rarement en chêne. Pour des écartements de pannes de 2 mètres à 2<sup>m</sup>,25, on donne assez généralement à ces parquets :

1° Si les frises sont perpendiculaires aux pannes, 0<sup>m</sup>,025 d'épaisseur ;

2° Si les frises sont inclinées à 45 degrés, 0<sup>m</sup>,029 d'épaisseur.

En pratique, on adopte presque toujours les chiffres suivants :

0<sup>m</sup>,025 d'épaisseur pour écartement de pannes de 2 mètres à 2<sup>m</sup>,25 ;

0<sup>m</sup>,015 à 0<sup>m</sup>,020 d'épaisseur pour écartement de pannes de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,50.

Les poids de ces parquets au mètre superficiel sont les suivants :

Parquet chêne de 0<sup>m</sup>,025 d'épaisseur, 23<sup>k</sup> environ ;

Parquet sapin de 0<sup>m</sup>,025 d'épaisseur, 17<sup>k</sup> environ.

Et des poids proportionnels pour les épaisseurs de 0<sup>m</sup>,015 et 0<sup>m</sup>,020.

## II. — Poids de la charpente.

**536.** Le poids de la charpente n'est pas connu *a priori*, puisqu'il dépend évidemment des dimensions à déterminer ; mais on l'introduit dans les premiers calculs pour un chiffre approximatif déduit de l'examen de constructions existantes. Nous pouvons adopter, sans trop d'erreur, les chiffres suivants :

NATURE DE COUVERTURE	Poids de la charpente à admettre par mètre carré de toiture
Tuiles plates.....	55 kil.
Tuiles à emboîtement.....	50 »
Petites ardoises.....	50 »
Grandes ardoises.....	50 »
Zinc.....	40 »

## III. — Charges accidentelles.

### 1° PRESSION DU VENT

**537.** Les charges accidentelles ont certainement beaucoup plus d'influence sur les toitures à couvertures légères que sur celles à couvertures lourdes. Cela se conçoit ; car, sans être considérables, les charges accidentelles peuvent atteindre et même dépasser le poids propre de la toiture.

Il est utile, pour les calculs exacts, de connaître la pression exercée par le vent à différentes vitesses.

La pression exercée par le vent contre une surface plane normale à la direction de son mouvement est, pour des vitesses inférieures à 10 mètres par seconde :

$$P = ds \times 2h \quad (1)$$

Dans laquelle :

P représente la pression en kilogrammes ;  
d, le poids d'un mètre cube de l'air en mouvement ;

s, la surface de la plaque en mètres carrés ;

Dans cette formule (1)

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

hauteur génératrice de la vitesse  $v$ ,  
 $v$  est la vitesse du vent en mètres par seconde.

Si le vent frappe la surface considérée sous un certain angle, la pression qu'il exerce sur cette surface, dans la direction de son mouvement, est, d'après Hutton :

$$P = 0,11 ds^{1,1} v^2 (\sin \alpha)^{1,8} \cos \alpha$$

$\alpha$  est l'angle que fait la direction du vent avec la surface considérée.

Les résultats contenus dans le tableau suivant supposent la pression barométrique égale à 0<sup>m</sup>,755 de mercure et la température égale à 12 degrés, ce qui donne

$$d = 1^k,231.$$

Quand  $s = 1$ , on a aussi  $s^{1,1} = 1$ .

- Tableau des pressions exercées par le vent à différentes vitesses contre une surface de un mètre carré choquée directement, d'après la formule (1).

DÉSIGNATION DES VENTS	VITESSE par HEURE	VITESSE par SECONDE	Pression exercée sur 1 mètre carré	
Vent à peine sensible .....	kilomètres 3.600	mètres 1.00	kilogrammes 0.14	
Brise légère .....	7.200	2.00	0.54	
Vent frais ou brise .....	14.400	4.00	2.17	
Vent bon frais .....	tend bien les voiles .....	21.600	6.00	4.87
	le plus convenable aux moulins. ....	25.200	7.00	6.64
	forte brise .....	28.800	8.00	8.67
	convenable pour la marche en mer. ....	32.400	9.00	10.97
Vent grand frais .....	très forte brise .....	36.000	10.00	13.54
	fait serrer les hautes voiles .....	43.200	12.00	19.50
Vent très fort .....	54.000	15.00	30.47	
Vent impétueux .....	72.000	20.00	54.16	
Tempête .....	86.400	24.00	78.00	
Tempête violente .....	108.180	30.05	122.28	
Ouragan .....	130.140	36.15	176.96	
Grand ouragan .....	163.080	45.30	277.87	

Dans nos climats, on admet assez généralement pour le vent, et dans le calcul des combles, une pression par mètre carré normale à l'inclinaison du comble de 30 à 50<sup>k</sup> et même 90<sup>k</sup> en cas de forte tempête.

2° POIDS DU A LA NEIGE

538. Dans nos pays, on admet que l'épaisseur maximum de neige qui peut s'accumuler sur un toit est de 0<sup>m</sup>,50 et comme la densité de la neige est à peu près le  $\frac{1}{10}$  de celle de l'eau, cela correspond à 50 kilos de surcharge par mètre carré.

Dans les cas ordinaires de la pratique, on ne prend, dans les calculs de combles, qu'une surcharge de neige de 25 à 30 kilogrammes par mètre carré.

3° SURCHARGE DUE AU POIDS DES OUVRIERS ET DES MATÉRIAUX

539. On évalue également à 30 ou 40<sup>kos</sup> par mètre carré la surcharge accidentelle provenant du passage des ouvriers et du

dépôt des matériaux sur le toit lors des réparations.

Observations.

540. Nous avons vu précédemment que les surcharges moyennes à introduire dans les calculs sont:

Vent. . . . .	50 <sup>k</sup> ;
Neige . . . . .	25 à 30 <sup>k</sup> ;
Charge due au poids des ouvriers. . . . .	30 à 40 <sup>k</sup>

par mètre carré.

Or, il paraît bien évident que ce serait un maximum à ne pas atteindre que de compter dans les calculs la somme de ces trois éléments. En effet, lorsque le vent est violent, il chasse du toit une grande partie de la neige, ce qui diminue beaucoup le chiffre à adopter pour son poids. D'un autre côté, les ouvriers ne font les réparations sur une charpente que lorsque le temps est relativement beau. Donc, il n'y aura pas, à ce moment, de neige sur le toit.

En résumé, nous croyons convenable d'adopter, dans nos pays et pour ces trois

éléments réunis, une seule surcharge qu'on peut estimer de 30 à 40 kilogrammes par mètre carré.

La charge totale par mètre carré de couverture se composera donc, dans tous les cas :

- 1° Du poids de la couverture ;
- 2° Du poids du lattis ou parquet et des chevrons ;
- 3° D'une surcharge accidentelle évaluée en moyenne à 35 kilos par mètre carré de couverture.

Quel sera, par exemple, la charge par mètre carré à adopter pour un comble couvert en tuiles Muller ?

Poids des tuiles. . . . . 45<sup>k</sup>  
 Poids approximatif de la charpente. . . . . 50<sup>k</sup>  
 Surcharges accidentelles . . . . . 40

Total 135<sup>k</sup> minimum.

En pratique, sauf pour la couverture très lourde en tuiles plates, on peut compter que le poids par mètre carré ne dépasse pas 150 à 160<sup>k</sup> dans les conditions les plus défavorables.

Les poids ordinairement admis sont résumés dans le tableau suivant, mais il

convient de remarquer, tout d'abord, qu'ils ne comprennent évidemment aucun hourdis, ni plafonnage sous les tuiles. Si, dans certains cas, on est obligé de faire ce hourdis ou ce plafonnage, il faudra ajouter aux chiffres du tableau certaines plus-values que nous indiquons ci-après.

NATURE DE LA COUVERTURE	POIDS TOTAL par MÈTRE CARRÉ	INCLINAISON du COMBLE
Tuiles plates.....	165 à 195 <sup>k</sup>	40 à 60°
Tuiles à emboîtement.....	140 à 150	20 à 25
Petites ardoises.....	130 à 135	23 à 45
Grandes ardoises.....	125 à 135	18 à 33
Zinc.....	98 à 100	15 à 21

Poids du mètre carré de différents hourdis de planchers ou de combles suivant leur épaisseur :

HOUDIS EN PLATRAS

ÉPAISSEUR	POIDS MOYEN
0 <sup>m</sup> ,06	129 <sup>k</sup>
0 08	172
0 10	215
0 12	258
0 15	322

§ III. — DIFFÉRENTES PIÈCES D'UN COMBLE

A SOUMETTRE AU CALCUL

541. Nomenclature des pièces :

1° *Pièces soumises à la flexion* : Chevrons, pannes, arbalétriers (ces derniers subissent aussi un effort de compression) ;

2° *Pièces soumises à l'extension* : Tirants, entrails, faux-entrails, poinçon ;

3° *Pièces soumises à la compression* : Contrefiches, supports, etc... ;

4° *Pièces soumises au cisaillement* : boulons, etc...

FORMULES EMPIRIQUES APPROXIMATIVES A EMPLOYER POUR AVANT-PROJETS

542. Avant de donner le calcul exact des différentes pièces énoncées ci-dessus, il est utile de faire connaître certaines

formules empiriques d'une approximation assez grossière, mais qui permettent néanmoins de faire très rapidement un avant-projet et peuvent, en tous cas, servir de point de départ pour des calculs plus précis.

L'équarrissage des pièces est exprimé en fractions de la demi-portée de la ferme.

Entrails portant plancher.  $\frac{1}{18}$   
 Entrails ne portant pas plancher. . . . .  $\frac{1}{24}$  à  $\frac{1}{20}$   
 Arbalétriers . . . . .  $\frac{1}{20}$  à  $\frac{1}{15}$   
 Poinçons . . . . .  $\frac{1}{20}$  à  $\frac{1}{12}$   
 Faux-entrails . . . . .  $\frac{1}{24}$   
 Liens . . . . .  $\frac{1}{24}$  à  $\frac{1}{12}$   
 Pannes  $\frac{1}{24}$  de l'espacement des fermes.

**543.** Nous donnons également, ci-après et sous forme de tableaux, les dimensions approximatives des pièces de

bois qui composent les fermes de différentes formes et pour des portées dans œuvre de 6, 9 et 12 mètres.

**GROSSEURS APPROXIMATIVES DES PIÈCES DE BOIS QUI COMPOSENT LES FERMES DE DIFFÉRENTES FORMES ET PORTÉES.**

(Extrait de l'*Aide-mémoire de mécanique pratique*, de M. A. MORIN.)

**1° FERME SIMPLE**

NOMS DES PIÈCES	LARGEUR DANS ŒUVRE DU BATIMENT					
	6 m. 00		9 m. 00		12 m. 00	
	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Tirant ne portant pas plancher	27	sur24	33	sur30	40	sur36
Tirant portant plancher	32	27	40	32	47	57
Arbalétrier	22	19	26	24	32	30
Poinçon	19	19	24	24	30	31
Jambettes	16	16	19	19	21	21
Contrefiches	16	16	19	19	21	26
Faitage	19	16	20	17	22	11
Liens de faitage	15	15	16	16	17	12
Pannes	19	19	20	20	23	29
Tasseaux, échantignolles	13	19	20	20	22	22
Sablières	23	12	25	14	28	10
Chevrons	9	9	10	10	11	19
Coyaux	8	7	9	8	10	7
Chanlatte	18	3	18	4	20	5

**2° FERME A ENTRAIT RETROUSSÉ ET A ARBALÉTRIER ALLANT DU FAITAGE AU TIRANT**

NOMS DES PIÈCES	LARGEUR DANS ŒUVRE DU BATIMENT					
	6 m. 00		9 m. 00		12 m. 00	
	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Tirant portant plancher	42	sur30	52	sur30	63	sur45
Entrait retroussé	21	19	27	24	33	30
Arbalétrier	22	19	26	24	32	30
Poinçon	19	19	24	24	30	30
Aisseliers	19	5	24	18	30	22
Jambettes	15	15	18	18	22	22
Contrefiches	15	15	18	18	22	22
Faitage	19	16	20	17	22	19
Liens de faitage	15	15	16	16	17	17
Pannes	19	19	20	20	22	22
Tasseaux, échantignolles	19	19	20	20	22	22
Sablières	23	12	25	14	28	16
Chevrons	9	9	10	10	11	11
Coyaux	8	7	8	8	10	9
Chanlatte	18	3	19	4	20	5

**3° ENTRAIT RETROUSSÉ ET JAMBE DE FORCE**

NOMS DES PIÈCES	LONGUEUR DANS ŒUVRE DU BATIMENT					
	6 m. 00		9 m. 00		12 m. 00	
	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Tirant portant plancher	42	sur30	52	sur37	63	sur45
Entrait retroussé	21	19	27	24	33	35
Jambe de force	24	19	29	24	33	30
Arbalétrier	18	15	22	18	27	20
Poinçon	15	15	18	18	22	20
Aisseliers	19	15	21	18	30	22
Jambettes	14	14	16	16	18	12
Contrefiches	14	14	16	16	18	12
Faitage	19	16	20	17	22	18
Liens de faitage	15	15	16	16	17	19
Pannes	19	19	20	20	22	27
Liernes	19	19	20	20	22	22
Tasseaux, échantignolles	19	19	20	20	22	22
Sablières	23	12	25	14	28	12
Blochets	18	14	20	15	22	16
Chevrons	9	9	10	10	11	16
Coyaux	8	7	9	8	10	11
Chanlatte	16	3	18	4	20	9

**4° FERMES POUR COMBLES A LA MANSARD**

NOMS DES PIÈCES	LONGUEUR DANS ŒUVRE DU BATIMENT					
	6 m. 00		9 m. 00		12 m. 00	
	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Tirant portant plancher	42	sur30	52	sur37	63	sur45
Entrait retroussé	23	20	30	27	36	33
Jambe de force	22	20	29	27	34	33
Arbalétrier	20	18	25	23	30	28
Poinçon	18	18	23	23	28	28
Aisseliers	20	13	27	18	33	22
Jambettes	14	14	16	16	18	18
Contrefiches	14	14	16	16	18	18
Faitage	19	16	20	17	22	19
Liens de faitage	15	15	16	16	17	17
Pannes	19	19	20	20	22	22
Liernes	20	20	21	21	23	23
Tasseaux, échantignolles	19	19	20	20	22	22
Sablières	23	12	25	14	28	16
Blochets	18	14	20	15	22	16
Chevrons	9	9	10	10	11	11
Coyaux	8	7	9	8	10	9
Chanlatte	16	3	18	4	20	25

## § IV. — RÉPARTITION DES FORCES DANS LES FERMES

## LES PLUS SIMPLES

## I. — Ferme sans pannes.

544. La répartition des forces dans une ferme sans pannes dont nous avons donné le croquis (fig. 591) est très simple. Soit AB (fig. 868) le chevron d'une ferme sans pannes, CD l'arbalétrier, AE le tirant et

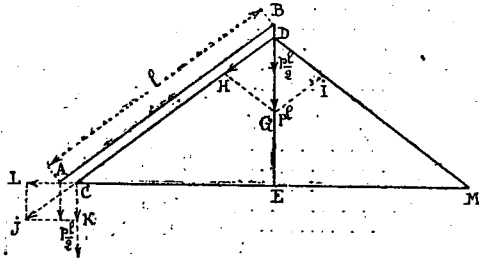


Fig. 868.

DE le poinçon. Le chevron AB sur lequel se trouve placée la couverture, peut être considéré comme une pièce de bois chargée uniformément et portant sur deux appuis A et B.

Si nous désignons par  $p$  le poids par mètre courant et par  $l$  la longueur AB, le poids total sera  $pl$  et il y aura, en A et en B, une force verticale  $\frac{pl}{2}$ . En B il en existera une autre égale venant du côté droit. Cette force totale  $pl$  se décomposera en deux compressions suivant les deux arbalétriers. Donc, si nous portons au point D et à une échelle convenable, une distance  $DG = pl$  et si, par le point G, nous menons des parallèles à chacun des arbalétriers, nous aurons en DH et DI les deux compressions agissant sur les arbalétriers.

Si nous transportons la force DH au pied de l'arbalétrier, de C en J, cette force ainsi transportée se décomposera en deux autres, l'une verticale, CK, chargeant le mur ou le support du comble et l'autre horizontale, CL, donnant la tension du

tirant. Si le poinçon DE est relié au tirant par un étrier, on peut considérer le tirant comme une pièce chargée de son propre poids et posée sur trois appuis et la réaction en E, ajoutée au poids du poinçon, sera la charge de ce dernier.

*Observation.* Le but du poinçon dans cette ferme est :

1° D'offrir un appui commun aux deux arbalétriers au point D. Il est comprimé en ce point perpendiculairement aux fibres avec une force qu'il serait facile d'estimer, mais dont nous ne tiendrons pas compte ici ;

2° De soutenir l'entrait et de l'empêcher de fléchir en son milieu sous l'action de son propre poids. C'est cette fonction qui doit servir à déterminer sa section transversale. Or, quand l'entrait du comble ne porte pas plancher, il est évident que la force donnée par le poids de cet entrait est très faible et que si le poinçon était calculé pour résister à cette seule force, il n'aurait pas l'équarrissage suffisant pour que le constructeur puisse y assembler les deux arbalétriers. Dans ce cas, on se dispense souvent de calculer le poinçon quand il est en bois et on lui donne une section carrée dont le côté est égal à la dimension transversale de l'arbalétrier. On obtient ainsi un très grand surcroît de force. Lorsque le poinçon reçoit des contrefiches ou que l'entrait porte plancher, il faudra évidemment le calculer.

Nous pouvons donner immédiatement une idée du calcul qu'il y aurait à faire si l'entrait OEM (fig. 868) portait un plancher.

Soit CEM (fig. 869) la longueur de cet entrait ou portée du comble = 9<sup>m</sup>,00. La poutre CEM est à deux travées posant simplement sur trois appuis. Ce cas est bien connu. On sait que, dans ces conditions, l'appui du milieu porte les  $\frac{5}{8}$  de la charge totale uniformément réparti. Chacun des appuis extrêmes porte la moi-

tié du reste, c'est-à-dire  $\frac{3}{16}$  de la charge totale. (Si  $2l$  est la longueur totale de la poutre, l'appui du milieu porte  $\frac{10}{8}pl$  et chaque appui extrême porte  $\frac{3}{8}pl$ .)

Supposons la portée  $2l = 9$  mètres et la charge par mètre de 1 100 kilogrammes. La charge totale sera  $1\ 100 \times 9 = 9\ 900$  kilogrammes. Dans ce cas, chaque mur porte donc 1 656 kilogrammes et un poids de 6 188 kilogrammes est reporté sur le poinçon.

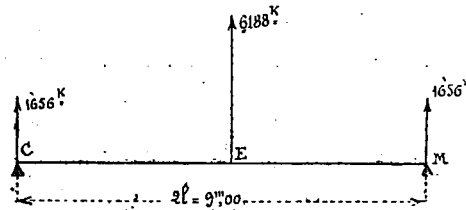


Fig. 869.

Le plus grand moment fléchissant auquel il faudra égaler le  $\frac{RI}{V}$  de la pièce est égal à  $\frac{pl^2}{8}$ ,  $p$  étant la charge par mètre courant et la longueur totale, pour les deux travées, étant  $2l$ . Dans ce cas et d'après ce qui précède,  $2l = 9$  mètres et  $p = 1\ 100$  kilogrammes. D'où l'on tire la valeur 2 783 pour le moment fléchissant. Ce moment étant connu, il sera facile, comme nous le savons, de trouver l'équarrissage de cette pièce de bois.

CALCUL DIRECT DU TIRANT D'UN COMBLE

545. On peut trouver directement la tension du tirant dans un comble.

Soit un comble ABC (fig. 870) dont on veut déterminer la tension du tirant AB. Il suffit, pour cela, connaissant le poids  $P$  que porte l'arbalétrier, de prendre les moments des forces par rapport au point A et on a, en désignant par  $T$  la tension cherchée :

$$T \times l = P \times \frac{l}{4}$$

Si nous supposons

$$l = 2 \text{ mètres,}$$

$$P = 6\ 000 \text{ kilogrammes}$$

et

$$l = 12 \text{ mètres,}$$

nous aurons :

$$T \times 2^m,00 = 6\ 000^k \times 3^m,00$$

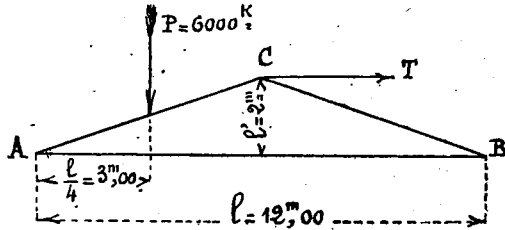


Fig. 870.

D'où,  $T = \frac{6\ 000 \times 3}{2} = 9\ 000$

II. — Ferme à une paire de pannes avec contrefiches.

546. Le type de ce genre de ferme est représenté (fig. 593). Nous allons, comme pour le cas précédent, déterminer les forces à considérer pour le calcul. Ici, le chevron AB (fig. 871), uniformément chargé, repose sur trois appuis A, F, B. On calcule la réaction au point F; puis, en la portant sur l'arbalétrier au point G, on

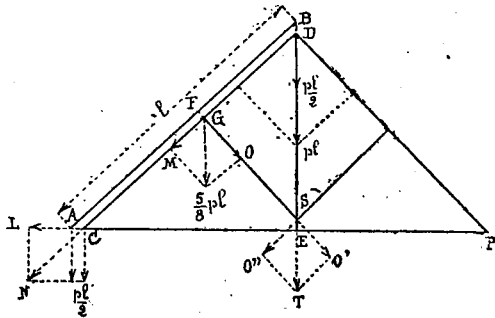


Fig. 871.

la décompose en ce point en deux forces, l'une GM suivant l'arbalétrier et l'autre GO donnant la compression sur la contrefiche.

On transporte cette compression GO au

point S, de S en O', puis on compose cette force SO' avec sa symétrique SO'' et on obtient une résultante ST qui donne l'extension du poinçon. A cette extension du tirant, on ajoutera la réaction du tirant en E supposé porté sur trois appuis.

Si l'on fait abstraction des pièces intermédiaires, le poids total de la demi-ferme se décomposera en deux aux points C et D et on obtiendra, comme précédemment, la tension du tirant CL et la compression de l'arbalétrier suivant CN. Il faudra à cette dernière ajouter la tension GM, donnée au point G.

Les forces des différentes pièces de ce comble seront :

- Arbalétriers. . . Compressions GM + CN ;
- Tirant. . . . . Extension CL ;
- Poinçon. . . . . Extension ST + réaction en E ;

Contrefiche. . . Compression GO.

M. le commandant Chéry, professeur de construction à l'École d'application de l'artillerie et du génie a publié, il y a quelques années, un ouvrage très intéressant sur les constructions en bois et en fer (1), et dans lequel nos lecteurs, désireux d'approfondir ce chapitre de la stabilité des combles, trouveront des méthodes graphiques simples, claires et très pratiques.

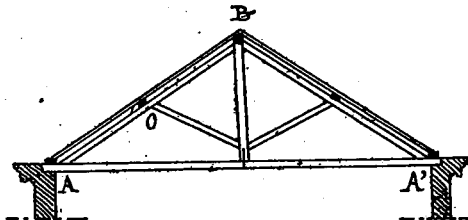


Fig. 872.

Pour mieux fixer les idées, nous empruntons à cet ouvrage le calcul des efforts supportés par les pièces d'une ferme simple, à une panne soutenue par une contrefiche, cas le plus ordinaire de la pratique.

L'auteur suppose une couverture en

tuiles plates à crochet, inclinée à 2/3. La portée est 10 mètres (fig. 872). Il en résulte, pour le chevron, une longueur de 6 mètres. Soit 2<sup>m</sup>,50 pour l'écartement des fermes. Appelons :

- $p'$  le poids de 1 mètre carré de couverture, mesuré suivant la pente du toit ;
- $e$  l'intervalle entre deux fermes ;  $p = p'e$  ;
- $X$  la longueur du chevron ;
- $Z$  la portée de la ferme ;
- $pX = p'eX$ , est la pression verticale d'un pan de couverture.

Le poids de 1 mètre carré de couverture proprement dite en tuiles plates, est . . . . . 60<sup>k</sup>

Le poids de la charpente en sapin est 0,063 × 600 kilogrammes. 37, 80

Le poids de la neige est. . . . . 25

Le poids correspondant à la pression du vent est. . . . . 10

TOTAL 132<sup>k</sup>, 80

Soit  $p' = 140$  kilogrammes pour 1 mètre carré de couverture en tuiles plates, mesuré suivant la pente du toit.

Nous avons trouvé que  $X = 6$  mètres, et nous avons admis que  $e = 2^m,50$ .

$$pX = p'eX = 140^k \times 2,50 \times 6,00 = 2'100^k.$$

Cette pression  $pX$  se décompose comme il suit :

$$\frac{pX}{2} \text{ sur la panne,}$$

$$\frac{pX}{4} \text{ sur le faite,}$$

$$\frac{pX}{4} \text{ sur la sablière.}$$

L'arbalétrier porte la panne et le faite, transmet au mur la pression verticale  $\frac{3pX}{4}$  et en reçoit une réaction égale à  $\frac{3pX}{4}$

dirigée de bas en haut. Appelons :

- $\gamma_1$  l'effort sur la partie inférieure de l'arbalétrier ;
- $\gamma_2$  l'effort sur la partie supérieure de l'arbalétrier ;
- C l'effort sur la contrefiche ;
- T l'effort sur le tirant ;
- $T_1$  l'effort sur le poinçon.

Nous avons en A (fig. 873), trois forces concourantes qui se font équilibre :

$$\frac{3pX}{4}, \gamma_1, \text{ et } T$$

(1) Ducher et C<sup>e</sup>, éditeurs, à Paris, 51, rue des Écoles.



Si l'on construit le polygone des forces il se ferme, puisqu'il y a équilibre. Pour construire ce polygone, il faut porter les forces les unes à la suite des autres avec leur direction et leur intensité. Nous connaissons  $\frac{3pX}{4}$ , force verticale agissant de bas en haut, en grandeur et en direction. Nous avons T et  $\gamma_1$  en direction et non en grandeur.

Portons  $\frac{3pX}{4}$  en *bd* (fig. 874).

Nous savons que  $pX = 2\ 100$  kilog.

Donc,  $\frac{3pX}{4} = 1\ 575$  kilogrammes.

Représentons 40 kilogrammes par un millimètre.

Alors  $\frac{3pX}{4}$  sera représenté par  $39^{mm},37$ ,

*bd* =  $39^{mm},37$ . De *d*, menons une parallèle à l'arbalétrier et de *b* une parallèle au

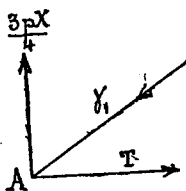


Fig. 873.

tirant. Ces lignes se rencontrent en *h*; *dh* représente l'effort  $\gamma_1$  et *bh* l'effort T.

Nous lisons sur la figure 874 que *dh* =  $71^{mm},25$  et que *bh* =  $59^{mm},25$ .

Donc :

$$\gamma_1 = 71^{mm},25 \times 40^k = 2\ 850^k$$

$$\text{et } T = 59,25 \times 40^k = 2\ 370^k$$

Le polygone, pour se fermer, doit être parcouru dans le sens des forces. Or, *dh*

ou  $\frac{3pX}{4}$  agit de bas en haut. Il faut donc

suivre le contour en allant de *b* à *d*, de *d* à *h*, de *h* à *b*. La force  $\gamma_1$  agit dans une direction qui se rapproche de A, pied de l'arbalétrier. Donc il y a compression. La force T s'éloigne de A. Donc il y a extension.

Au point O (fig. 872), nous avons quatre forces concourantes :

$\frac{pX}{2}$ , force verticale connue en grandeur et en direction ;

$\gamma_1$ , compression sur la partie inférieure de l'arbalétrier que nous venons de déterminer et qui est connue en grandeur et en direction ;

$\gamma_2$ , action de la partie supérieure de l'arbalétrier, connue seulement en direction ;

C, effort sur la contrefiche connu seulement en direction.

Construisons le polygone des forces sur la figure 874. Portons en *de* la force verticale  $\frac{pX}{2}$  ;  $\frac{pX}{2} = 1\ 050$  kil. Or 1 millimètre représente 40 kilogrammes. Il faut donc prendre *de* =  $26^{mm},25$  ; *dh* est la force  $\gamma_1$  (elle a été construite à la même échelle, 1 millimètre pour 40 kilogrammes).

Par *e*, menons une parallèle à l'arbalétrier et, par *h*, une parallèle à la contrefiche (l'angle de l'arbalétrier et de la contrefiche est de 60 degrés). Ces deux lignes se rencontrent en *i* ; *hi* représente l'effort C et *ie* l'effort  $\gamma_2$ . Nous lisons sur la figure :

$$hi = 25^{mm},50$$

et

$$ie = 42^{mm},75.$$

$$\text{Donc : } C = 25,50 \times 40^k = 1\ 020^k$$

$$\text{et } \gamma_2 = 42,75 \times 40^k = 1\ 710^k.$$

Pour parcourir le polygone, remarquons que *de* est une force verticale agissant de haut en bas. Il faut donc suivre le contour de *d* à *e*, de *e* à *i*, de *i* à *h*, de *h* à *d*. Les forces C et  $\gamma_2$  agissent dans des directions qui se rapprochent du point O. Donc  $\gamma_2$  et C sont des compressions.

Au point B, nous avons sur chaque couverture une pression verticale égale à

$\frac{pX}{4}$ . Appelons  $\gamma'_2$  l'effort sur la partie su-

périeure de l'arbalétrier et la demi-ferme de droite, effort égal à  $\gamma_2$  et symétriquement disposé.

En B, nous avons :

2 fois  $\frac{pX}{4}$  ou  $\frac{pX}{2}$ , force verticale connue en grandeur et en direction ;

$\gamma_2$  et  $\gamma'_2$ , compressions sur les arbalétriers connues en grandeur et en direction ;

T, effort sur le poinçon connu seulement en direction.

Construisons le polygone des forces.

Portons au-dessous de  $b$ ,  $be' = be = \frac{pX}{4}$   
 (fig. 874). Nous avons  $ee' = \frac{pX}{2}$ ;  $ei$  re-  
 présente  $\gamma_2$ , comme on l'a vu précédem-  
 ment. Par  $e'$ , menons une parallèle à l'ar-  
 balétrier A'B (fig. 872) et, par  $i$ , une  
 parallèle au poinçon, c'est-à-dire une  
 verticale. Ces deux lignes se rencontrent  
 en  $i'$ . Donc  $ii'$  correspond à T, et  $e'i'$  à  $\gamma_2$ .  
 Comme vérification:  $e'i' = ei$ , car  $\gamma_2 = \gamma_2$ .  
 On lit  $ii' = 22$  millimètres. Donc,  
 $T = 22 \times 40^k = 880^k$ .

Pour parcourir le polygone, il faut aller  
 de  $e$  à  $e'$ , de  $e'$  à  $i'$ , de  $i'$  à  $i$  et de  $i$  à  $e$ . On  
 voit que T<sub>1</sub> est une extension et  $\gamma_2$  une  
 compression.

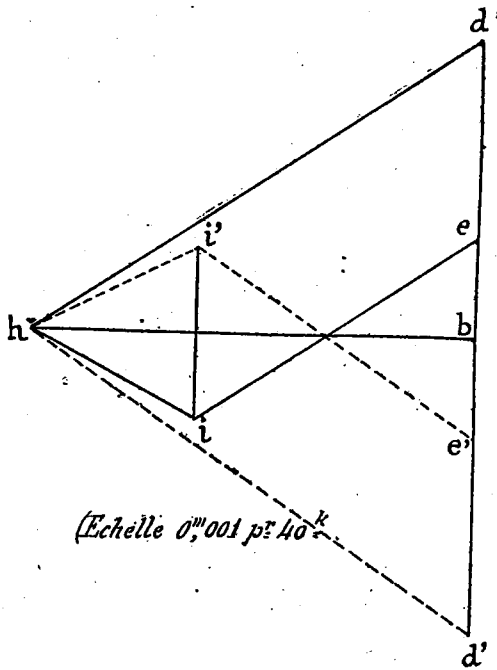


Fig. 874.

La construction se réduit donc à établir  
 le polygone des forces, à porter les forces  
 connues en grandeur et en direction les  
 unes à la suite des autres et à mener,  
 par les extrémités de cette portion du  
 polygone, des parallèles aux forces con-  
 nues en direction seulement. On conclut

en millimètres les longueurs représen-  
 tatives de ces forces inconnues et, par suite,  
 leurs valeurs.

Quand deux forces seulement sont in-  
 connues en grandeur, la solution est très  
 simple.

En résumé; Données:

Couverture en tuiles plates;

Pente,  $\frac{2}{3}$ ;

Portée,  $Z = 10$  mètres;

$p'$ , charge suivant la pente par mètre  
 carré =  $140^k$ ;

$e$ , écartement des fermes =  $2^m, 50$ ;

$p'e = 140^k \times 2,50 = 350^k$ ;

Echelle de l'épure : 1 millimètre pour  
 40 kilogrammes.

Résultats:

Longueur du chevron  $X = 6$  mètres;

Longueur de la contrefiche  $L = 2^m, 50$ ;

Angle de la contrefiche et de l'arbalé-  
 trier, 60 degrés;

$p X = p'e X = 2\ 100^k$ ;

$p X$ , charge sur l'arbalé-  
 trier. . . . . 2 100<sup>k</sup>

$\gamma_1$ , compression sur la partie  
 inférieure de l'arbalétrier . . . . . 2 850<sup>k</sup>

$\gamma_2$ , compression sur la partie  
 supérieure de l'arbalétrier. . . . . 1 710<sup>k</sup>

C, compression sur la contre-  
 fiche . . . . . 1 020<sup>k</sup>

T, extension sur le tirant . . . . . 2 370<sup>k</sup>

T<sub>1</sub>, extension sur le poinçon. . . . . 880<sup>k</sup>

### III. — Ferme à deux paires de pannes.

547. Prenons comme exemple de  
 comble à deux pannes celui qui est repré-  
 senté (fig. 604) avec contrefiches et jam-  
 bettes. Comme le montre la figure 875, le  
 chevron est posé sur quatre appuis A, H,  
 F, B et chargé uniformément. Si nous dési-  
 gnons par  $l$  sa longueur et par  $p$  la charge  
 par unité de longueur, les réactions se-  
 ront  $\frac{1}{30} pl$  aux points A et B et  $\frac{11}{30} pl$   
 aux points F et H. En opérant comme  
 nous l'avons fait précédemment, nous dé-  
 composerons la force de  $\frac{11}{30} pl$  qui agit  
 en G en deux : une compression GS sur  
 l'arbalétrier et une compression GT sur

la contrefiche. Cette compression GT se transporte alors de K en O et, symétriquement, pour l'autre contrefiche de K en N. Ces deux forces donnent une résultante KL qui, mesurée à l'échelle, fera connaître l'intensité de l'extension sur le poinçon. Au point I la compression exercée passe tout entière dans la contrefiche.

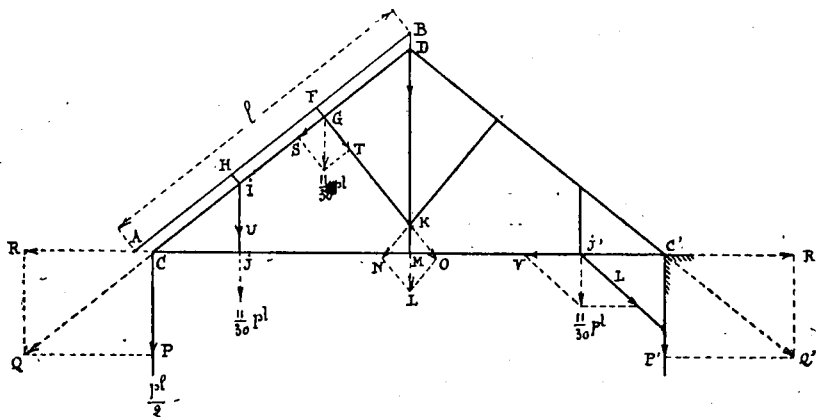


Fig. 875.

La tension sur le tirant s'obtiendra, comme nous le savons, en décomposant la force qui agit en C en deux autres : une CQ qui représente la compression sur l'arbalétrier, l'autre CR qui donnera la tension de l'entrait ou tirant. En résumé, les forces à considérer sont les suivantes :

deux forces, l'une comprimant la jambe de force, l'autre suivant la direction du tirant. Dans cet exemple, une partie du poids de la ferme se reportant sur le mur par suite de l'emploi de cette contrefiche, il y aurait lieu de diminuer un peu les forces C'Q' et C'R'.

*Remarque.* Si, au lieu d'avoir, pour ce comble à deux pannes, une jambette et une contrefiche, on avait, comme le montre la figure 611, une contrefiche et un faux-entrait, il est évident que la décomposition des forces serait également très simple. Pour la contrefiche, on aurait une compression sur l'arbalétrier et une sur la contrefiche et, pour le faux-entrait, une tension sur cet entrait et une compression sur l'arbalétrier. De même, pour les combles à deux pannes avec deux contrefiches placées sous les pannes, comme le montrent les figures 609, 610, 616, etc., la décomposition des forces est encore très simple dans ce dernier cas.

NOMS DES PIÈCES	COMPRESSION	EXTENSION
Arbalétrier ..	CQ + GS	»
Poinçon.....	»	»
Contrefiche..	GT	»
Jambette....	IU	»
Tirant.....	»	CR

Le tirant, dans ce cas, devra, de plus, être calculé comme une pièce chargée de son propre poids, posée sur trois appuis et chargée en outre symétriquement de deux poids égaux  $\frac{11}{30} pl$  appliqués aux points J et J' et dus à la compression de chacune des contrefiches.

Si, comme nous l'indiquons figure 605, nous ajoutons une contrefiche L pour soutenir la jambette à sa rencontre avec le tirant, la compression  $\frac{11}{30} pl$ , appliquée au point J' (fig. 875), se décomposerait en

#### IV. — Ferme à trois paires de pannes.

548. Prenons, comme premier exemple de ferme à trois pannes, celle qui est

représentée en croquis (fig. 632) et qui comprend des jambettes, des contrefiches et un faux-entrait. Le chevron AB (fig. 876) est uniformément chargé et porte sur cinq appuis A, E, H, F, B. On peut, pour simplifier les calculs, le supposer coupé au droit des appuis; mais les réactions exactes sont :  $\frac{11}{142} pl$  en A et en B;  $\frac{2}{7} pl$  en E et en F et  $\frac{43}{56} pl$  en H.

Au point T, la réaction se décompose en une compression du faux-entrait et en une compression à la partie inférieure de l'arbalétrier. Pour les autres décompositions, nous rentrons dans les cas examinés précédemment. On pourrait, comme nous l'avons déjà indiqué, remplacer la jambette IJ par une contrefiche et décomposer les forces suivant cette contre-

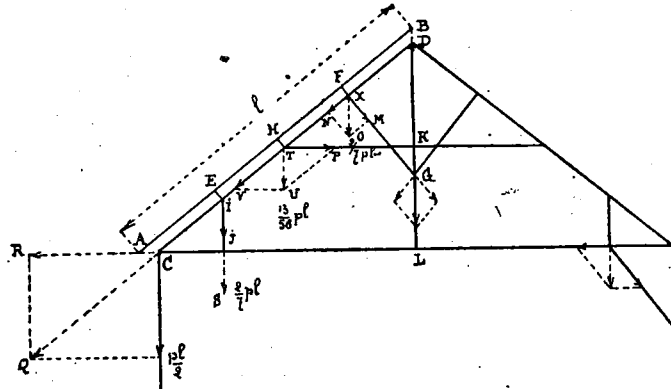


Fig. 876.

fiche. En résumé, les forces à considérer dans l'exemple ci-dessus sont les suivantes :

NOMS DES PIÈCES	COMPRESSION	EXTENSION
Arbalétrier ..	CQ + XN + TV	»
Faux-entrait.	TP	»
Contrefiche..	XM	»
Jambette....	$\frac{2}{7} pl = JS$	»
Tirant .....	»	CR. De plus le calculer comme nous l'avons indiqué précédemment.
Poinçon.....	»	Résultante en G plus réaction en K du poids du faux-entrait (s'il le soutient), plus réaction en L du tirant.

l'arbalétrier un certain poids  $p$  (fig. 878). En G, par exemple, nous représentons la force par une ligne verticale  $Gp$  proportionnelle à ce poids. Nous décomposons cette force suivant l'arbalétrier et suivant la contrefiche, ce qui donne une force  $Ga$

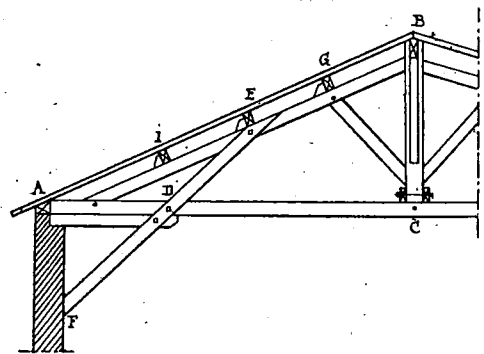


Fig. 877.

Supposons au comble à trois panne la forme représentée par le croquis (fig. 877) et voyons, dans ce cas, le moyen de déterminer les différentes forces à considérer. Dans ce comble, chaque panne reporte sur

sur le premier et une force  $Gb$  sur la seconde. Au bas sur le poinçon, au point H, les deux contrefiches qui s'assemblent sur ce

poinçon reportent chacune un effort  $Hb'$  et  $Hb'' = Gb$  que nous composons pour obtenir la résultante  $Hc$ .

Cette résultante  $Hc$  est reportée par le poinçon au sommet de la ferme. A cette dernière, il faut ajouter la charge  $Bp$  de la panne faitière et nous obtenons alors, en  $Bd$ , la charge totale  $Hc + Bp$  que nous décomposons suivant les deux arbalétriers pour obtenir une compression  $Be$  dans le sens indiqué par la flèche.

Revenons au point E et portons verti-

calement, en ce point, la charge  $Ep$  donnée par la panne. Nous décomposons cette force en deux autres; l'une,  $Ef$ , suivant l'arbalétrier; l'autre,  $Eg$ , suivant la contrefiche. Au point I, nous portons de nouveau la charge  $Ip$ , que nous décomposons en deux forces, l'une  $Ih$ , suivant l'arbalétrier; l'autre  $Ii$ , sur une pièce intermédiaire  $ID$  qu'il sera bon d'ajouter sous la panne I pour éviter toute flexion de l'arbalétrier.

Nous arrivons au point A. En ce point,

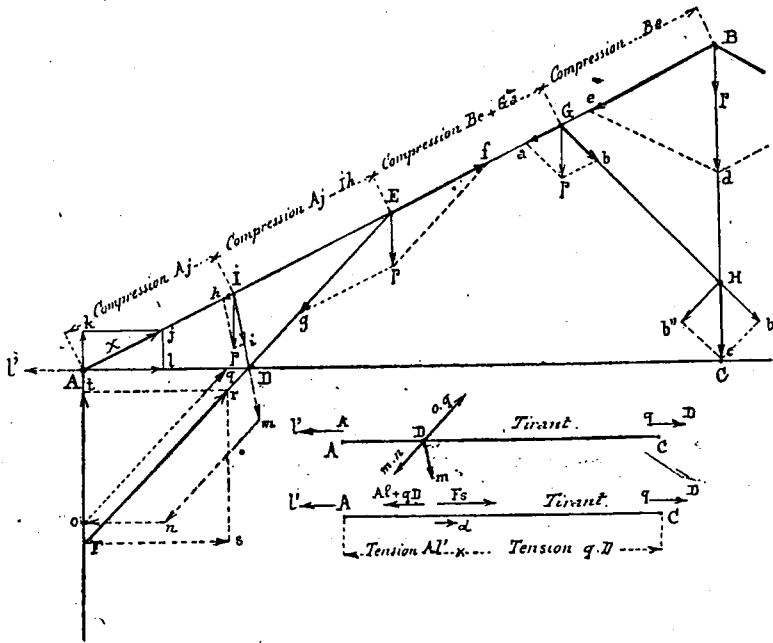


Fig. 878.

nous ne savons pas, d'avance, quelle fraction de la charge totale il faut appliquer en A pied de l'arbalétrier et quelle fraction de cette même charge il faut appliquer en F au pied de la contrefiche.

D'après ce qui précède nous savons que la compression sur l'arbalétrier est :

$$Be + Ga - Ef + Ih = X.$$

Or, l'appui A doit contrebuter cette pression  $X$ . Nous portons donc cette force  $X$  de A en  $j$  sur l'arbalétrier et nous décomposons cette force en deux autres; l'une,  $Ak$ , donnant la réaction verticale au point A; l'autre,  $Al$ , suivant la direc-

tion du tirant et qui donne la tension  $Al' = Al$  du tirant  $Al = Al'$ .

Au point D, rencontre du tirant et de la contrefiche, nous portons, bout à bout, suivant leurs directions et afin de les composer, les forces déjà connues agissant en ce point, c'est-à-dire : de D en  $m$  en grandeur et en direction, la force  $Ii$ ; de  $m$  en  $n$ , la force  $Eg$  et, enfin, de  $n$  en  $o$  la force  $Al' = Al$  pour la partie  $AD$  du tirant. Il nous reste à fermer le polygone en remontant parallèlement à  $FD$  pour déterminer, en  $oq$ , la force exercée par la contrefiche. Le polygone se trouvera fermé

si l'on regagne le point de départ D par une force  $qD$  qui représentera la traction exercée par la partie DC du tirant, traction qu'il sera facile de mesurer sur l'épure. Pour terminer, portons de F en r, suivant la direction de la contrefiche  $Fr = oq$  et décomposons cette force en deux autres; l'une,  $Ft$ , représente la réaction verticale du mur; l'autre,  $Fs$ , est horizontale. Si l'on a bien opéré, en additionnant les deux réactions  $ot + Ak$ , on doit trouver, pour cette somme, exactement le poids total de la toiture. Or, ici, ce poids de toiture, surcharges comprises, est de  $3p + 1/2 p$  (le poids  $p$  sur chacune des trois pannes en I, E, G, et  $1/2 p$  pour la panne faitière B).

Dans l'épure (fig. 878), nous avons indiqué, sous l'entrait du comble, les différentes forces à considérer pour le calcul de cet entrait. Les forces qui agissent sont représentées suivant leurs directions. La force indiquée en  $\alpha$  est égale à.

$$(Al + Al + qD) - (Fs + qD) = \alpha.$$

**V. — Fermes à quatre paires de pannes.**

**549.** Prenons, comme exemple, le comble représenté (fig. 646) et qui comprend des contrefiches, un faux-entrait, un sous-arbalétrier et une jambe de force ou une contrefiche. Dans cet exemple, dont nous

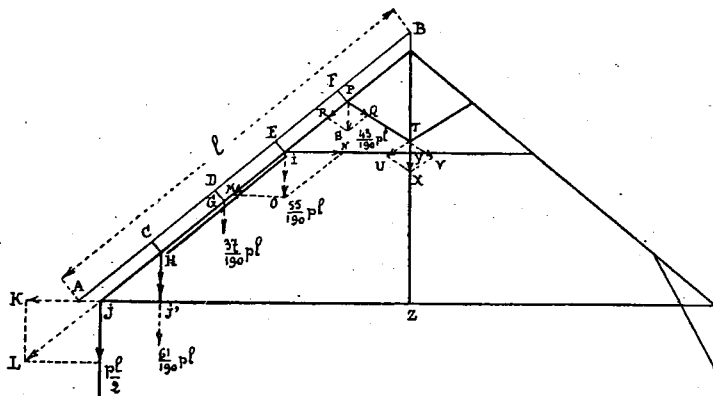


Fig. 879.

donnons le croquis (fig. 879) le chevron AB, uniformément chargé, repose sur six appuis A, C, D, E, F, B. Par suite, les réactions sont exactement: en A et B,  $3/38 pl$ ; en C et F,  $43/190 pl$ ; en D et E,  $37/190 pl$ . Avec une approximation suffisante, on peut supposer, en G, la réaction partagée en deux moitiés et répartie aux points H et I, qui devra évidemment s'ajouter aux réactions déjà existantes en ces points. Aux autres points, la décomposition des forces se fera comme nous l'avons indiqué précédemment. Comme l'arbalétrier est soumis, de C en E, à un effort de flexion venant de la panne D, il faudra, pour ce cas, que l'arbalétrier et le sous-arbalétrier considérés comme une seule pièce puissent résister à la flexion

entre les deux points C et E. Les différentes forces qui agissent sont les suivantes:

NOMS DES PIÈCES	COMPRESSION	EXTENSION
Arbalétrier ..	JL + PR + IM	»
Faux-entrait.	IN	»
Contrefiche..	PQ	»
Jambette ....	$61/190 pl$	»
Poinçon.....	»	TX, plus les réactions en V du faux-entrait et en Z du tirant.
Tirant .....	»	JK, plus la charge de la jambette en J'. Cette pièce est à calculer comme nous l'avons indiqué ci-dessus.

On peut remplacer cette jambette par une contrefiche comme l'indique la partie droite de la figure, sans pour cela compliquer l'épure des forces.

*Nota :* Dans les quelques exemples simples que nous venons d'indiquer, nous avons toujours supposé concentré sur un seul chevron AB le poids qui, en réalité, est réparti sur tous les chevrons compris entre deux fermes. Pour l'arbalétrier qui ne reçoit la charge que par les pannes, cela revient au même. Nous avons également supposé que les réactions se transmettent verticalement, hypothèse qui est vraie toutes les fois qu'il n'y a pas glissement, c'est-à-dire mouvement. Dans le calcul qu'on fera, il sera bon de tenir compte du poids des diverses pièces et d'assurer la résistance à la flexion des pièces qui ne sont pas verticales.

La marche à suivre pour ces quelques cas simples pourra évidemment être employée pour des cas plus compliqués, sans que l'épure soit bien difficile à faire. Cette méthode, qui consiste à composer les forces par parallélogrammes ou par polygones, a certainement l'avantage de bien montrer ce qu'on fait; elle donne pour ainsi dire l'image géométrique des faits qui, peu à peu, nous montrent sur place comment les choses se passent en chaque point. Elle est évidemment moins élégante et moins gracieuse que la statique graphique proprement dite, qui, en réalité, n'est qu'un résumé des méthodes ordinaires, mais elle est plus facile à comprendre.

### Appentis.

**550.** Pour terminer ces quelques renseignements sur les combles simples les plus employés et avant de passer aux autres systèmes de combles, il nous reste à dire quelques mots sur les appentis. L'appentis le plus simple est représenté (*fig. 880*). L'arbalétrier est fortement scellé et ancré au besoin dans le mur XY.

On aurait facilement les deux composantes en considérant cette pièce comme posée en A et encastrée en B. La composante en A étant verticale, sera détruite par le mur AC et il n'y aura

poussée ni dans un sens, ni dans l'autre. Ce cas se présente quelquefois pour de grandes charpentes reposant, comme nous le voyons (*fig. 651*), sur des points d'appui ou poteaux intermédiaires. L'arbalétrier étant assemblé à la partie supérieure du poteau intermédiaire, ce point d'attache ne peut s'abaisser comme le ferait le faitage dans une ferme sans tirants. Il en résulte que le mur extérieur portant l'extrémité de l'arbalétrier est soumis seulement à une action verticale et qu'il ne reçoit pas de poussée.

Lorsque, dans un appentis, l'arbalétrier n'est que posé le long du mur, il est évident, dans ce cas, que le raisonnement est le même que dans une ferme complète,

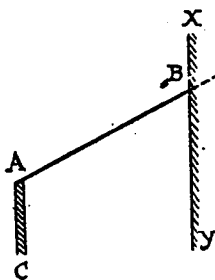


Fig. 880.

la réaction du mur jouant le rôle de l'autre moitié de la ferme. Il faudra, dans ce cas, mettre un tirant comme nous l'indiquons (*fig. 568*). Le calcul des appentis pourra se faire dans presque tous les cas comme le calcul d'une demi-ferme de comble à deux égouts.

### Observation.

**551.** Une série d'études ont été faites dans le but de se rendre compte de la disposition la plus économique à donner aux chevrons, aux pannes et aux fermes de comble, ces dernières travaillant, soit par flexion, soit sans flexion, pour obtenir le minimum de bois nécessaire à la construction de ces charpentes. On voit, par exemple, que si l'on écarte davantage les pannes, les chevrons devront avoir une plus forte section; mais, par contre, le nombre de pannes sera moins grand. Si l'on augmente l'écartement des fermes,

les pannes devront être plus fortes, ainsi que les fermes elles-mêmes; mais le nombre de ces fermes est plus petit. Augmenter le nombre des pièces et diminuer leurs sections ou bien diminuer ce nombre et augmenter leurs sections: le constructeur peut choisir entre ces deux genres de solutions et entre tous les degrés que présente chacun d'eux. Il s'agit donc de connaître, pour les trois parties les plus importantes d'un comble, *chevrons, pannes et ferme*, la disposition la plus économique à employer.

Pour les chevrons, en les calculant comme une série de pièces posant sur deux appuis ainsi qu'on doit le faire, on a trouvé que le cube total des chevrons est indépendant de l'écartement des fermes et qu'il croît avec l'écartement des pannes. Pour les pannes et les chevrons, si l'on n'avait pas à tenir compte des fermes, il y aurait toute économie à réduire le plus possible l'écartement de ces fermes.

Quant à l'écartement à donner d'une panne à l'autre, on réalisera une véritable économie en le prenant entre le tiers et le quart de l'écartement des fermes. Les fermes intervenant changent un peu ces dispositions.

Pour les fermes travaillant par flexion, c'est-à-dire pour celles simplement formées (*fig. 390*) de deux arbalétriers et d'un tirant et, si on peut disposer de l'écartement des fermes et des pannes, on réalisera le maximum d'économie en prenant, à la fois, l'écartement des pannes égal au quart environ de l'écartement des fermes et l'écartement des fermes égal au quart environ de la longueur de l'arbalétrier. Ces résultats, trouvés par le calcul, conduisent à des écartements beaucoup trop faibles pour qu'ils puissent être acceptés par la pratique.

Nous savons que, pratiquement, l'écartement des pannes ne descend pas au-dessous de 1 mètre et qu'une bonne moyenne est de 2 mètres à 2<sup>m</sup>,25. Si l'on se donne alors un écartement de panne employé en pratique, on trouverait alors que l'écartement des fermes doit être égal à la moitié de la longueur de l'arbalétrier, condition encore au-dessous de ce que comporte la pratique.

De ces observations, il faut conclure que, dans une charpente, il n'y a aucun avantage à exagérer l'écartement des fermes, ni l'écartement des pannes. C'est pourquoi, dans l'étude des quelques charpentes données précédemment, nous sommes fixé un écartement moyen de 4 mètres environ pour les fermes et de 2 mètres à 2<sup>m</sup>,25 pour les pannes. Une autre raison qui impose d'éviter les trop grands écartements est que, en réduisant les écartements, on réduit les sections des pièces et on sait que, à volume égal, le bois est moins coûteux, pris à faibles échantillons, que sur de fortes dimensions.

Pour les fermes travaillant sans flexion, c'est-à-dire pour celles dont toutes les pannes sont soutenues par des contrefiches, des faux-entrants, ou autrement, si, comme précédemment, on peut disposer des écartements des fermes et des écartements des pannes, la plus grande économie se réaliserait en prenant, comme pour le cas précédent: pour l'écartement des pannes, une valeur comprise entre le tiers et le quart de l'écartement des fermes et, en même temps, ce dernier écartement égal au quart environ de la longueur de l'arbalétrier.

Si nous fixons à l'avance l'écartement des pannes, nous trouvons encore, comme dans le premier cas, que l'écartement des fermes doit être compris entre les 0,50 et les 0,40 de la longueur de l'arbalétrier, selon que l'écartement des pannes est plus ou moins grand. Ce sont encore des écartements trop faibles pour la pratique.

En résumé, quel que soit le type de ferme employé, il y a toujours avantage, au point de vue de l'économie, à écarter le moins possible les fermes; puis, leur écartement étant fixé, à donner à l'écartement des pannes une valeur comprise entre le tiers et le quart de ce premier écartement.

### Formules pour le calcul des pannes et des arbalétriers.

**552.** Dans les combles, les pièces les plus importantes sont évidemment les pannes et les arbalétriers. Il est donc utile



de rappeler les formules de mécanique qui se rapportent à ces deux pièces de charpente et qui sont établies de la manière suivante par M. Tresca dans son cours de mécanique.

EMPLOI DE LA POUTRE INCLINÉE DANS LES COMBLES

**553.** Nous savons qu'une poutre inclinée employée dans la construction d'un comble, se nomme *arbalétrier*. La partie supérieure est assemblée dans une pièce verticale appelée *poignon* ou *aiguille*. Une seconde pièce, nommée *tirant* ou *entrait*, a pour effet d'exercer sur la poutre une réaction horizontale, nécessaire pour empêcher tout glissement sur l'appui inférieur de la poutre. L'entrait peut être fixé à l'extrémité inférieure de la poutre, ou en un point quelconque de sa longueur.

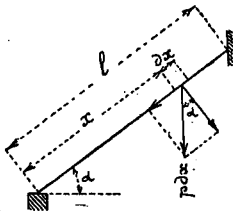


Fig. 881.

Deux poutres disposées symétriquement et assemblées entre elles d'une manière invariable constituent une *ferme*. La distance qui sépare les deux extrémités inférieures d'une ferme se nomme la *portée* de cette ferme.

Toute pièce qui entre dans la composition d'une ferme doit avoir des dimensions suffisantes pour résister d'une manière permanente aux actions qu'elle reçoit des forces extérieures du système.

Un arbalétrier est généralement soumis à une flexion transversale et à une compression longitudinale. Un tirant doit résister à une tension longitudinale; un boulon d'assemblage, à un effort de cisaillement, etc. La détermination des dimensions d'un solide étant subordonnée à la connaissance des efforts auxquels il est soumis, ces efforts doivent être

préalablement calculés pour les cas principaux qui peuvent se présenter.

Une ferme étant, en général, symétrique par rapport à la verticale qui passe par son sommet, il suffit évidemment d'appliquer le calcul à l'ensemble des pièces situées d'un même côté de cette verticale. Avant de commencer ce calcul, il faut remarquer que si une poutre inclinée est chargée uniformément d'un poids  $p$  par mètre courant, chaque force verticale élémentaire  $p dx$  (fig. 881) qui fait partie de cette charge peut être remplacée par deux composantes :

$$p dx \cos. \alpha \text{ et } p dx \sin. \alpha.$$

L'une, normale à la direction de la poutre et l'autre, suivant cette direction.

La somme des composantes normales est  $p x \cos. \alpha$ , pour la longueur  $x$ ;  $p l \cos. \alpha$ , pour la longueur  $l$  et  $p \cos. \alpha$ , pour l'unité de longueur.

La somme des composantes longitudinales est  $p x \sin \alpha$  pour la longueur  $x$ ;  $p l \sin \alpha$  pour la longueur  $l$  et  $p \sin \alpha$  pour l'unité de longueur. On suppose la poutre chargée d'un poids  $p$  par mètre courant uniformément réparti sur toute la longueur de cette poutre.

POUTRE INCLINÉE AVEC UN ENTRAIT SITUÉ A LA PARTIE INFÉRIEURE

**554.** La charge totale  $p l$  détermine au point  $M_1$  (fig. 882) une réaction dont la composante horizontale  $X_1$  doit être nu-

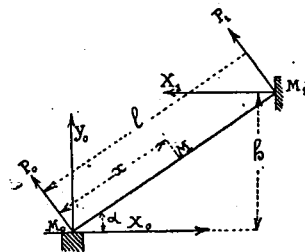


Fig. 882.

mériquement égale à la tension  $X_0$  du tirant fixé en  $M_0$ . On a donc :

$$X_1 = X_0$$

On détermine  $X_1$  en prenant les moments de toutes les forces du système par

rapport à l'axe projeté en  $M_0$ , ce qui donne :

$$X_1 h - \frac{1}{2} p l^2 \cos \alpha.$$

$$\text{D'où } X_1 = X_0 = \frac{p l^2 \cos \alpha}{2h} = \frac{1}{2} p l \cotg \alpha.$$

La réaction normale  $P_1$  et la compression longitudinale  $N_1$  au point  $M_1$  sont alors :

$$P_1 = X_1 \sin \alpha = \frac{1}{2} p l \cos \alpha,$$

$$N_1 = X_1 \cos \alpha = \frac{1}{2} p l \cos \alpha \cotg \alpha.$$

L'appui situé en  $M_0$  porte évidemment toute la charge de la poutre. On a donc, pour la réaction verticale  $Y_0$ , au point  $M_0$ ,

$$Y_0 = pl.$$

Enfin, la réaction normale  $P_0$  et la compression longitudinale  $N_0$  au point  $M_0$  sont données par les deux conditions suivantes de l'équilibre en ce point, c'est-à-dire :

$$P_0 + X_0 \sin \alpha - Y_0 \cos \alpha = 0.$$

$$\text{d'où } P_0 = Y_0 \cos \alpha - X_0 \sin \alpha = \frac{1}{2} p l \cos \alpha$$

$$N_0 - X_0 \cos \alpha - Y_0 \sin \alpha = 0,$$

$$\text{d'où } N_0 = Y_0 \sin \alpha + X_0 \cos \alpha = p l \sin \alpha + N_1.$$

Quant à la compression longitudinale  $N$  en un point quelconque de la poutre, elle est :

$$N = p (l - x) \sin \alpha + N_1,$$

valeur qui augmente à mesure que  $x$  diminue et dont le maximum est la valeur précédente de  $N_0$ .

Le moment fléchissant en un point quelconque  $M$ , est :

$$\mu = \frac{1}{2} p \cos \alpha (x^2 - lx),$$

expression dont le maximum, correspondant à  $x = \frac{1}{2} l$ , est :

$$\mu = \frac{1}{8} p l^2 \cos \alpha.$$

#### POUTRE INCLINÉE AVEC UN ENTRAIT INTERMÉDIAIRE

**555.** La tension  $X_1$  (fig. 883) de l'entrait fixé en  $M_1$  doit évidemment faire équilibre à la réaction horizontale  $X_2$  déterminée par l'appui situé en  $M_2$  sous l'influence de la charge  $pl$  de la poutre. On doit donc avoir :

$$X_1 = X_2.$$

Ensuite, les moments pris par rapport à l'axe projeté en  $M_0$ , de toutes les forces du système donnent :

$$X_2 h - X_1 h_1 - \frac{1}{2} p l^2 \cos \alpha = 0,$$

d'où l'on déduit :

$$X_1 = X_2 = \frac{p l^2 \cos \alpha}{2 h^2} = \frac{p l^2 \cos \alpha}{2 l_2 \sin \alpha}$$

La valeur de  $X_1$  montre que la tension exercée par l'entrait est d'autant plus faible que  $l_2$  est plus grand. Il est donc plus avantageux de placer l'entrait à l'extrémité inférieure de la poutre qu'en tout autre point.

La pression normale  $P_1$  au point  $M_1$  et la réaction normale  $P_2$  au point  $M_2$  ont pour valeur :

$$P_1 = P_2 = X_1 \sin \alpha = \frac{p l^2 \cos \alpha}{2 l_2}$$

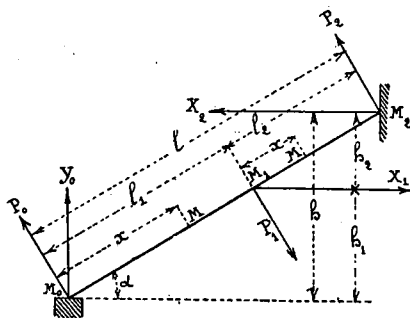


Fig. 883.

L'appui situé en  $M_0$  porte évidemment toute la charge de la poutre. On a donc, pour la réaction verticale en  $M_0$ , puis pour la réaction normale en ce point :

$$Y_0 = pl$$

$$P_0 = pl \cos \alpha.$$

La compression longitudinale  $N_2$  au point  $M_2$  est :

$$N_2 = X_2 \cos \alpha = \frac{p l^2 \cos^2 \alpha}{2 l^2 \sin \alpha}$$

On a ensuite :

1° Entre  $M_1$  et  $M_2$  :

$$N = N_2 + p \sin \alpha (l^2 - x);$$

2° Au point  $M_1$  :

$$N_1 = N_2 + p l_2 \sin \alpha.$$

Les composantes longitudinales  $X_2 \cos \alpha$

et  $X_1 \cos \alpha$  étant égales et de signes contraires, on a :

1° Entre  $M_0$  et  $M_1$  :  

$$N = p \sin \alpha (l_2 + l_1 - x);$$

2° Au point  $M_0$  :  

$$N_0 = pl \sin \alpha.$$

La pression normale  $P_1$ , déterminée au point  $M_1$ , par l'action de l'entrait, transforme l'arbalétrier en une poutre à deux intervalles de longueurs  $l_1$  et  $l_2$ , et on obtient facilement dans ce cas :

1° Entre  $M_1$  et  $M_2$ ,  

$$\mu = \frac{1}{2} p \cos \alpha \left[ x^2 + \left( \frac{l^2}{l_2} - 2 l_2 \right) x - l^2 + l_2^2 \right];$$

2° Entre  $M_0$  et  $M_1$ ,  

$$\mu = \frac{1}{2} p \cos \alpha (x^2 - 2lx);$$

Expression dont le maximum est facile à déterminer.

La plupart des formules précédentes se simplifient quand on pose :

$$l_1 = l_2 = \frac{1}{2} l.$$

CALCUL DE L'ARBALÉTRIER

**556.** Les arbalétriers, qui constituent les pièces principales et les plus importantes d'un comble, supportent la presque totalité de la charge (couverture, charpente et surcharge), bien que le poids de l'entrait, lorsqu'il est en bois, soit en partie soutenu par les murs, au moins dans les dispositions les plus ordinaires.

*On considère les arbalétriers comme des pièces chargées uniformément dans toute leur longueur, bien que la charge ne leur soit, en réalité, transmise de distance en distance que par l'intermédiaire des pannes.*

En désignant par  $D$  la distance entre deux fermes, la charge totale d'un arbalétrier est  $D/M$  ( $l$  longueur de l'arbalétrier,  $M$  la somme des charges dont nous avons donné précédemment le détail). La charge par mètre courant est  $DM = p$ , valeur dont la composante normale est  $p \cos \alpha$  et la composante longitudinale  $p \sin \alpha$ . On voit ainsi que, pour une même portée, la composante longitudinale augmente avec  $\alpha$ , tandis que la composante normale diminue.

La formule à appliquer pour le calcul des arbalétriers est la suivante :

$$R = \frac{v\mu}{I} + \frac{N}{\omega} \quad (1)$$

On obtiendra des conditions de sécurité convenables en y remplaçant simultanément  $\mu$  et  $N$  par le maximum de chacune de ces quantités. Les rapports qui doivent exister entre les différentes dimensions de la section ayant été fixés à l'avance, les valeurs de  $I$  et  $\omega$  ne contiendront qu'une seule de ces dimensions, la hauteur par exemple, et on pourra la déterminer à l'aide de la formule (1).

Dans cette formule,  $R$  représente le coefficient de résistance de la matière employée;  $\frac{I}{v}$  est une expression dont nous avons donné bien souvent la signification; de même  $\mu$  représente le moment fléchissant maximum,  $N$  est la valeur de la compression totale sur l'arbalétrier et  $\omega$  est la section de cet arbalétrier.

Dans la formule précédente, le terme  $\frac{v\mu}{I}$  est relatif à la flexion de l'arbalétrier

et le terme  $\frac{N}{\omega}$  est relatif à la compression du même arbalétrier. Donc, si dans certains cas, la flexion d'un arbalétrier est annulée parce que toutes les pannes sont soutenues par des faux-entrails, des jambettes ou des contrefiches, il suffira alors, pour avoir la section de cet arbalétrier, de diviser  $N$  par  $R$ . Or, nous avons vu précédemment que  $N$  s'obtient facilement par de simples décompositions de force et que  $R$  nous est donné suivant l'essence de bois employé. Il sera donc bien facile d'obtenir la section de toutes les pièces comprimées et non fléchies en faisant cette simple opération. Si, au contraire, l'arbalétrier est comprimé et reçoit en même temps un effort de flexion, il faudra alors se servir de la formule complète.

CALCUL DES PANNES

**557.** La charge verticale qui s'exerce sur une panne, en un point donné, peut se décomposer en deux forces : l'une normale et l'autre parallèle à la direction de

l'arbalétrier. Sous l'influence de ces deux efforts, la panne tend à prendre une courbure autre que celle qui se produit dans le plan considéré habituellement comme le plan de flexion. On se soustrait aux difficultés qu'entraînerait cette complication en négligeant la composante  $p''$  (fig. 884); mais on compense cette cause d'erreur en considérant la panne comme une pièce simplement posée sur deux appuis, bien qu'elle soit ordinairement prolongée de manière à reposer, sans solution de continuité, sur plusieurs fermes.

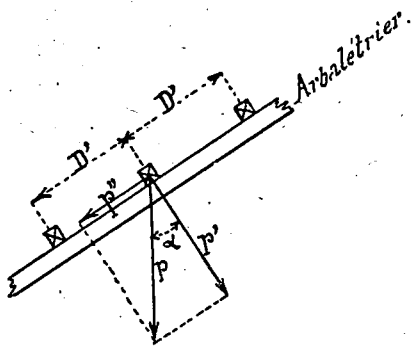


Fig. 884.

Dans ces conditions, si  $D'$  représente la distance de deux pannes consécutives, la charge par mètre courant sur chaque panne est :

$$p = (m + m'') D'$$

On a aussi :  $p' = p \cos \alpha$ .

Les quantités  $m$  et  $m''$  représentent les charges et surcharges.

Comme nous avons nécessairement ici  $N = 0$ , la formule (1) devient :

$$R = \frac{v\mu}{I},$$

formule qui sert à calculer les dimensions transversales de la panne.

La valeur maximum de  $\mu$  à introduire dans cette formule est la suivante :

$$\mu = \frac{1}{8} p l^2 \cos \alpha$$

qui correspond au point milieu de la longueur  $l$  de la pièce, cette longueur étant d'ailleurs la distance qui sépare deux fermes consécutives.

#### CALCUL DES TIRANTS OU ENTRAITS

**558.** Les tirants étant des pièces le plus souvent simplement soumises à des efforts d'extension peuvent se faire, comme nous l'avons vu, en bois ou en fer. Lorsqu'ils sont en fer, la forme la plus favorable et la plus simple est la forme cylindrique qui répartit plus sûrement les efforts d'une manière uniforme sur tous les éléments d'une même section transversale.

Si  $\omega$  est la section que doit avoir la tige,  $T$  la tension à laquelle elle est soumise et  $R$  la résistance par mètre carré qu'on ne doit pas dépasser dans la pratique, on a, quelle que soit d'ailleurs la forme de la section de ce tirant :

$$R \omega = T$$

Pour une tige cylindrique dont le diamètre est  $d$ , on peut mettre la formule précédente sous la forme :

$$\frac{1}{4} \pi d^2 R = T$$

D'où  $d = \sqrt{\frac{4T}{\pi R}}$ .

Si l'on prend  $R = 6 \times 10^6$ , cette formule donne :

$$d = 0,00036 \sqrt{T}$$

Les tirants en bois ne résistent que par leurs assemblages et leurs armatures. Lorsqu'ils sont employés comme entrants, ils doivent aussi être calculés par rapport à la flexion.

§ V. — RÉPARTITION DES FORCES

DANS DIVERS TYPES DE FERMES

**559.** Le mode de calcul le plus expéditif pour l'étude d'une charpente, celui que les praticiens emploient le plus souvent, consiste à étudier la charpente comme disposition des pièces de bois; à se donner, par comparaison avec des charpentes analogues existantes, des dimensions usuelles le plus en rapport avec les bois employés dans le commerce, puis à vérifier si ces dimensions sont suffisantes pour que le coefficient de sécurité de la matière employée ne soit pas dépassé. En pratique, et surtout pour le bois qui n'est pas une matière rare dans nos pays, on peut se contenter, dans l'étude d'un comble, afin d'éviter de longs calculs, de méthodes très approchées et qui suffisent, dans la plupart des cas, à fixer le constructeur.

Parmi ces études simples et qui rendent évidemment de très grands services, se trouvent celles qui ont été étudiées par M. P. Planat (1), directeur de la construction moderne et dont nous allons donner une idée en reproduisant un type de calcul fait par ce savant ingénieur.

Supposons le cas particulier d'une ferme à versants inégaux. Ce cas particulier, à cause de la disposition spéciale des pièces qui fait travailler celles-ci par flexion, ne peut être calculé par les méthodes ordinaires où les pièces sont simplement tendues ou comprimées.

**I. — Ferme à versants inégaux. — Epure et détermination des efforts.**

**560.** *Données du problème.* — En supposant une couverture en tuiles, le poids à adopter par mètre superficiel se décomposera comme suit :

(1) Nous engageons nos lecteurs désireux d'approfondir l'étude de la résistance appliquée aux charpentes, à consulter l'ouvrage de M. P. Planat (Pratique de la mécanique appliquée à la résistance des matériaux) et l'ouvrage de M. Barré sur les éléments de charpente métallique, publié par la maison Dunod.

Couverture en tuiles. . . . .	60 k.
Poids de la charpente . . . . .	60
Neige et vent. . . . .	40
Total . . . . .	<u>160 k.</u>

Le versant de gauche du comble dont nous donnons le croquis (fig. 885) a une longueur de 5<sup>m</sup>,50; celui de droite, une longueur de 8 mètres; développement total, 13<sup>m</sup>,50; surface par travée, 13,50 × 3,90 = 52<sup>m</sup><sup>2</sup>,65, ce qui donne un poids de 8425<sup>k</sup>. Soit net, 8400<sup>k</sup> répartis sur sept travées. Le poids supporté par chacune des pannes du comble sera :

$$\frac{8\ 400}{7} = 1\ 200 \text{ kilogrammes.}$$

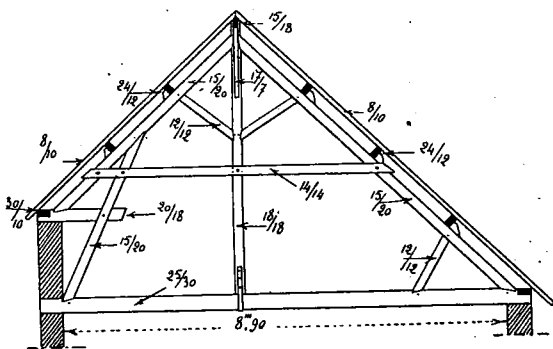


Fig. 885.

Comme les deux pannes extrêmes appuient sur les murs, nous pouvons déduire du poids qui agit sur la ferme la charge portée par ces deux pannes, soit 1 200<sup>k</sup>. Il reste donc 7 200<sup>k</sup>, poids qui agit sur la ferme. Si nous examinons la figure 886 qui représente l'épure des forces de cette charpente, nous pouvons remarquer que, dans la partie de droite, au point B', l'arbalétrier est soulagé par une jambette B'T' qui appuie sur l'entrait et reporte sur celui-ci une fraction de la charge que reçoit l'arbalétrier. On pourrait déterminer exactement cette fraction en écrivant que la quantité dont s'abaisse,



par flexion, le point B' est la même que celle dont s'abaisse le point I'; mais ce calcul serait très compliqué et il n'est pas nécessaire, dans la pratique, de chercher une telle précision. Nous admettrons, comme moyenne pratique, que la jambette B'I' est chargée de reporter sur le tirant l'action du poids de 1 200<sup>k</sup> qui, en B', agit directement sur cette pièce. Dans l'épure représentée (fig. 886), décomposons ce poids de 1 200<sup>k</sup> appliqué au point B' en deux composantes; l'une, parallèle à B'I'; l'autre, parallèle à l'arbalétrier. La première donne l'effort de 1 000<sup>k</sup> sur la pièce B'I'.

Cet effort, reporté en B', se décompose :

1° en une verticale de 950<sup>k</sup>, par exemple, qui fera fléchir l'entrait comme une pièce posée sur deux appuis et chargée dans l'intervalle d'un poids de 950<sup>k</sup>;

2° En une horizontale de 300<sup>k</sup> qui comprimera l'entrait dans la partie de gauche à partir du point I'.

Comme cet entrait est tendu sur toute sa longueur par les forces qui agissent en A et A', on voit facilement que la tension entre I' et A' sera supérieure de 300<sup>k</sup> à la tension entre I' et A.

Donc l'arbalétrier est soulagé en B' par l'action de la pièce I' B'. Si nous considérons l'équilibre de la ferme, abstraction faite de l'entrait A A', nous voyons que le poids total, trouvé précédemment, peut ainsi se réduire à

$$7\ 200^k - 950^k = 6\ 250\ \text{kilogrammes.}$$

Dans cette charpente, toutes les pièces sont supposées en chêne, sauf les tirants qui sont en sapin. La distance d'axe en axe des fermes est de 3<sup>m</sup>,90.

**561. Réactions des appuis.** — La première chose à déterminer, c'est la réaction qu'il convient d'appliquer aux deux points A et A'. La résultante du poids des pannes C, E, H, E', C', égale à 6 000 kilog., est une verticale qui passe par le sommet H; mais, de plus, agissent sur la ferme, en B', le poids de la panne B' égal à 1 200 kilog. et la réaction verticale de l'effort sur B'I', qui est de 950 kilogrammes. La différence est de 250<sup>k</sup> agissant de haut en bas.

Composons le poids de 6 000 kilogrammes avec cette différence. Portons 250 ki-

logrammes à l'aplomb de H et 6 000 kilogrammes à l'aplomb de B' en sens inverse. Joignons les extrémités par une oblique coupant l'horizontale en un point K qui détermine la position de la résultante générale, laquelle est de 6 250 kilogrammes.

Pour trouver les deux réactions en A et A', portons les 6 250 kilogrammes à l'aplomb de A et joignons à A'. La verticale menée par K détermine la réaction en A qui est de 3 450 kilogrammes. Il s'ensuit que la réaction en A' est de  $6\ 250 - 3\ 450 = 2\ 800$  kilogrammes.

**562. Détermination de la poussée.** — La question principale à résoudre, qui est le point de départ de toute l'étude, est la détermination de la poussée, cette poussée étant contrebuttée par la tension du tirant AA'.

La force qui agit en A est la résultante de la réaction égale à 3 450 kilogrammes et de la poussée en ce point. Cette résultante est une oblique qui suivrait la direction AC de la jambe de force, s'il n'y avait pas flexion et déterminerait une simple compression sur AC.

De même, la force agissant en A', résultante de la réaction égale à 2 800 kilogrammes et de la poussée en A' (égale à celle de A augmentée de 300 kilogrammes), devrait agir suivant A'B', qu'elle comprimerait simplement, s'il n'y avait pas flexion.

Dans notre cas, ces hypothèses seraient incompatibles avec l'équilibre général de la ferme, car cet équilibre exige que les tensions en A et I', sur la même pièce, soient égales et contraires.

Supposons donc qu'on ait déterminé la tension en A par la condition que la résultante en ce point soit dirigée suivant AC. La tension en I' devra être la même. En A' aussi, ce sera la même tension augmentée de 300 kilogrammes. Cette tension, composée avec la réaction de 2 800 kilogrammes, déterminera la résultante en A', laquelle ne sera nécessairement pas dirigée suivant A'C'. Dès lors, cette résultante amènera flexion de l'arbalétrier de droite, qui tordra la ferme jusqu'à ce qu'une flexion de la partie gauche vienne rétablir l'équilibre.

Les parties qui peuvent fléchir sont : à

droite, la portion A'C' de l'arbalétrier; à gauche, la portion de ferme comprise entre A et C. Le triangle intermédiaire CHC' est sensiblement indéformable en raison de la liaison des pièces.

Voici donc ce qui se passe : la partie A'C' fléchit, ce qui tend à ouvrir la ferme de ce côté. La partie ABC fléchit également et cette flexion doit être telle qu'elle tende à resserrer la ferme de ce côté. L'un des effets doit compenser l'autre, parce que les pieds A et A' des arbalétriers, ou jambes de force, maintenus par l'entrait qui ne s'allonge pas sensiblement, doivent conserver le même écartement. Il y aurait, pour établir rigoureusement cette condition, des calculs assez compliqués que nous pouvons éviter en employant le tracé suivant qui nous permettra de voir ce qui se passe dans la ferme avec assez d'exactitude pour apprécier, à priori, quelle valeur de la poussée remplira sensiblement la condition énoncée.

Supposons d'abord que la poussée soit, par exemple, de 2 500 kilogrammes en A et, par conséquent, de 2 800 kilogrammes en A'. Portons ces longueurs horizontalement à droite et à gauche de l'épure (fig. 886). Menons verticalement les deux réactions trouvées : 3 450 kilogrammes et 2 800 kilogrammes. En joignant les extrémités de ces forces, on forme deux triangles dont les hypoténuses représentent les résultantes en A et en A'. Portons, sur les verticales passant par les points A et A', les différents poids qui agissent. A droite, la résultante rencontre d'abord, à l'aplomb de B', le poids de 1 200 kilogrammes et la réaction verticale de la jambe de force, égale à 950 kilogrammes, et en sens contraire. On descendra donc de 250 kilogrammes seulement, puis de 1 200 kilogrammes à la rencontre de C', et de même pour E'. En joignant ainsi les points obtenus sur les verticales passant par A et A' au sommet des triangles, les obliques ainsi tracées représenteront, en grandeur et en direction, les résultantes successives.

**563. Tracé du polygone funiculaire.** — Le polygone funiculaire des forces qui représente celles-ci en direction, mais non en grandeur, sera facile à tracer.

Par le point A, menons une parallèle à la première résultante jusqu'à sa rencontre avec la verticale passant par le point C; à partir de cette rencontre, une parallèle à la seconde résultante, puis, à partir de ce point, la première résultante s'est composée avec le poids en C et a, par suite, changé de direction. On prolonge jusqu'à la rencontre avec la verticale en E et on mène une parallèle à la troisième résultante jusqu'à la rencontre de la verticale en H. Enfin, on trace une parallèle à la direction résultante, qui est horizontale, jusqu'à la rencontre de la verticale qui passerait à l'aplomb de K.

En opérant de même pour la partie de droite de la figure, les horizontales qui terminent ces deux tracés doivent se rencontrer en prolongement l'une de l'autre. C'est la conséquence de ce que les deux réactions, en A et A', ont été déterminées d'après les conditions d'équilibre.

Si, au lieu de supposer les poussées égales à 2 500 et 2 800 kilogrammes, nous avions pris 2 250 et 2 550 kilogrammes, nous aurions obtenu le polygone supérieur. Ces polygones nous permettent d'obtenir la flexion en chaque point. A gauche, ils passent au-dessous de la pièce AC, ce qui veut dire que la flexion fait bomber, dans cette partie, la ferme vers l'extérieur; à droite, au contraire, les polygones passant au-dessus de A'C', la ferme se bombe en dessous.

En chaque point, le moment de flexion est le produit de la résultante correspondante par la distance de ce point au côté du polygone qui représente la direction de cette résultante. Ainsi, en C sur le premier polygone, la résultante est encore égale à 4 250 kilogrammes. La distance de C au premier côté du polygone est de 0<sup>m</sup>,415 et le moment de flexion est 4 250 × 0,415, soit 1765. En un mot, plus le bras de levier mesuré par cette distance est grand, plus grande est la flexion au point considéré.

Le tracé que nous venons d'indiquer permet de se rendre un compte exact des phénomènes de la flexion dans ce cas. Avec le polygone supérieur, correspondant à la poussée de 2 250 kilogrammes, on voit que la partie gauche de A à C, est



encore peu fléchie. Celle de droite est soumise à une flexion qui, en chaque point, est à peu près la même qu'à gauche; mais cette flexion est prolongée sur une plus grande longueur, A'C' à droite, que AC à gauche; de plus, à gauche encore, deux pièces AC et BC résistent à la flexion, tandis qu'il y en a une seule à droite. Il résulte de là que le déplacement de A' serait plus grand que celui de A, de sorte qu'il n'y aurait pas compensation.

Avec le polygone inférieur, la flexion augmente à gauche et elle diminue à droite. On est dans de meilleures conditions qui sont plus voisines de la compensation cherchée. A une très petite variation de la poussée de 2500 à 2250 kilogrammes, on voit que correspond une forte variation dans la répartition des flexions. On ne peut donc pas se tromper beaucoup sur la valeur de la poussée.

**564. Détermination des efforts sur chaque pièce.** — Nous allons établir l'épure qui donnera la répartition des efforts sur

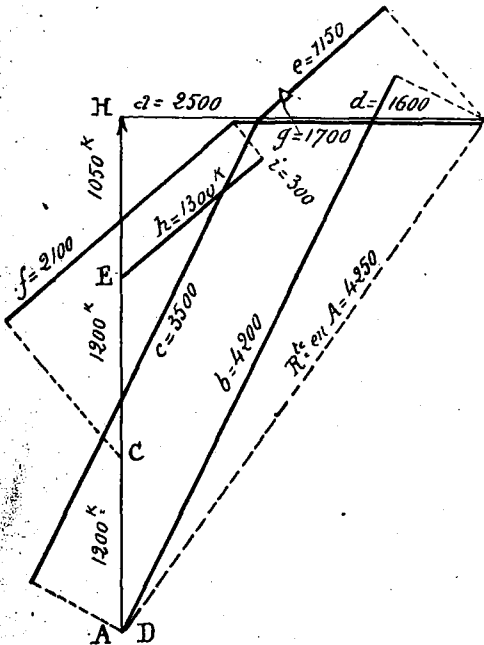


Fig. 887.

chaque pièce en admettant les poussées de 2500 et 2800 kilogrammes. Au point

A, agit la résultante de 4 250 kilogrammes, précédemment trouvée. Comme celle-ci n'a pas la direction AC, nous la décomposons (fig. 887) en une compression sur  $b$  égale à 4 200 kilogs environ et en une normale, tracée à l'extrémité de la force et perpendiculairement à cette force, représentée par un trait pointillé et qui n'est autre que l'effort tranchant dans cette région de la pièce.

En D, agissent la compression sur  $b$ , prise de bas en haut; l'effort tranchant au-dessous de D, qui est le même dans toutes les sections de la pièce depuis A jusqu'à D; la tension horizontale  $d$ ; la compression sur  $c$  et l'effort tranchant au-dessus de D.

Pour déterminer ces derniers éléments, il est utile de remarquer que le blochet  $d$  agit en D, à peu près au milieu de AC. La tension qu'il exerce en ce point détermine, au-dessus et au-dessous de D, deux efforts tranchants qui sont égaux entre eux parce que D est le milieu de AC. Si DC était différent de DA, il n'en serait plus de même. Les efforts tranchants seraient, entre eux, dans le rapport inverse de ces deux tronçons. Ils seraient égaux aux efforts transmis en C et A qui sont, on le sait, inversement proportionnels à leurs bras de levier CD, CA.

Dans le cas actuel, l'effort tranchant au-dessus de D étant égal à celui que nous avons déjà trouvé au-dessous, le trait pointillé, qui achève le polygone pour revenir en A, doit être de même longueur que le premier effort tranchant, ce qui permet de compléter ce polygone lequel donne alors la tension sur  $d$  égale à 1 600 kilogs et la compression sur  $c$  égale à 3 500 kilogs, par exemple. Le premier effort tranchant, dans ce polygone, agissant de gauche à droite, le second doit marcher dans le même sens.

Nous connaissons la tension  $d$ ; elle agit obliquement à l'extrémité de BC et s'y décompose en une compression  $e$  égale à 1 150 kilogs et en un effort tranchant perpendiculaire figuré par un nouveau trait pointillé.

En C, agissent un poids de 4 200 kilogs, l'effort tranchant et la compression sur  $c$ , que nous remontons en sens inverse; la

compression et l'effort tranchant sur  $e$ , toutes quantités connues; puis la compression horizontale sur  $g$ , la compression sur  $f$  et l'effort tranchant au-dessus de C.

Comme précédemment, en D, nous admettrons que l'effort tranchant au-dessus de C est le même qu'au-dessous. Cela revient à dire que nous faisons l'hypothèse suivante : la contrefiche  $i$  qui agit en E, à la distance CE égale à CD, suffit à équilibrer la flexion engendrée par la

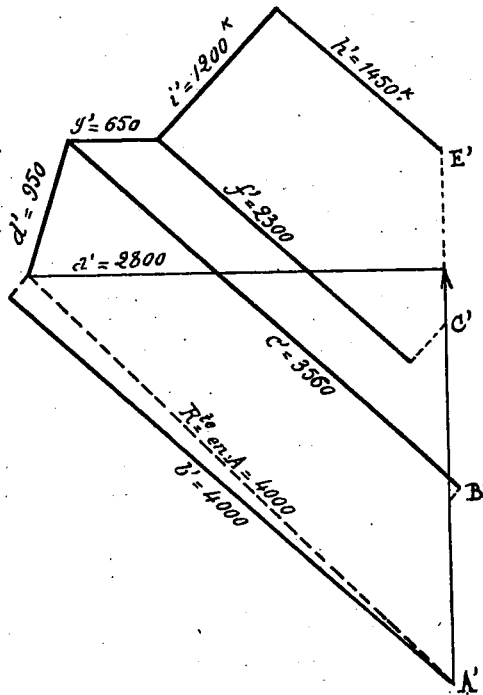


Fig. 888.

force  $d$  qui agit en B. En réalité, l'assemblage en H intervient pour une certaine part dans cet équilibre.

Rigoureusement, la condition à poser serait celle-ci : l'arbalétrier étant maintenu en trois points C, E, H, une force  $d$ , agissant à l'extrémité B, qui est en porte-à-faux, il faut que les trois points C, E, H, restent à peu près en ligne droite. On pourrait en conclure les équations nécessaires pour déterminer exactement les forces qui agissent en ces points. Mais les résultats doivent être peu différents de

celui que donne l'épure tracée comme nous venons de dire et qui dispense de ces calculs compliqués.

On prendra l'effort tranchant qui, ramené à C, égal à celui qui accompagne la compression  $e = 1\,150$  kilog. sur BC, et que nous avons trouvé. Cela permet de compléter le polygone qui donne une compression de  $1\,700$  kilog. sur  $g$ , et une compression de  $2\,100$  kilog. sur  $f$ .

En E, agissent un poids de  $1\,200$  kilog., l'effort tranchant que nous venons de déterminer; la compression  $f$ , une tension sur  $i$  que nous trouvons égale à  $300$  kilog. environ et une compression sur  $h$  qui doit nous ramener au point E, sans effort tranchant, puisque nous avons admis que la flexion ne se propage pas au delà de E. On opérera de la même manière pour la demi-ferme de droite et on obtiendra l'épure (fig. 888). La résultante, en A', donne un effort tranchant et une compression de  $4\,000$  kilog. sur B'A'.

En B', agissent un poids de  $1\,200$  kilog.; la compression  $b'$ ; l'effort tranchant et la réaction de  $d'$  qui est une compression sur cette pièce, déjà trouvée égale à  $950$  kilog.; la compression sur  $c'$ , qui se trouve de  $3\,560$  kilog., et l'effort tranchant, perpendiculaire, qui nous ramène au point de départ.

En C', agissent un poids de  $1\,200$  kilog.; l'effort tranchant et la compression sur  $g'$ ; la compression  $f'$  et l'effort tranchant au-dessus de C'. Celui-ci se déterminera, ainsi qu'il a été dit plus haut, en considérant l'arbalétrier comme maintenu en E', tandis que, de l'autre côté, agissent les forces appliquées en B' et A'. Ceci permet de compléter le polygone et de déterminer la compression  $g'$  égale à  $650$  kilog., et la compression  $f'$  égale à  $2\,300$  kilog. Enfin, en E', agissent : le poids de  $1\,200$  kilog.; l'effort tranchant au-dessous de E', qui est le même qu'au-dessus de C'; la compression  $f'$ ; la compression  $i'$ , qui se trouve de  $1\,200$  kilog. et la compression  $h$  de  $1\,450$  kilog., qui doit nous ramener au point de départ, sans effort tranchant au-dessus de E', puisque, par hypothèse, la flexion ne se propage pas au delà de E'.

Il y a, dans cet exemple, une différence très marquée avec ce qui se passe dans

les pièces symétriques et symétriquement chargées. La compression  $g'$  n'est pas égale à celle de  $g$ . La pièce  $i'$  est comprimée, tandis que la pièce  $i$  est tendue. Ces quatre pièces étant assemblées en G, l'excès de  $g'$  sur  $g$  doit être compensé par la poussée horizontale qu'exercent les forces  $i'$  et  $i$ , si l'épure est sensiblement exacte; c'est-à-dire que la longueur  $g'$ , augmentée de la projection de  $i'$  sur sa direction horizontale, doit être égale à celle de  $g$  diminuée de la projection de  $i$ ; elles doivent être égales et en sens inverse.

#### DIMENSIONS DES PIÈCES PRINCIPALES

**565.** Connaissant les efforts agissant sur ces différentes pièces, il nous sera facile de vérifier les dimensions prévues.

*Calcul de la jambe de force.* — La contrefiche, ou jambe de force AC, par exemple, reçoit des compressions dont la plus forte N est de 4 200 kilog. Le moment de flexion, au point D par exemple, est le produit de 4 250 kilog., valeur de la résultante qui agit en ce point, par la distance de D à cette résultante. Cette distance, mesurée sur l'épure, étant de 0<sup>m</sup>,151 environ, le moment  $\mu$  est donc égal à 550 environ. Pour avoir le travail sur la fibre la plus fatiguée, nous employons la formule dont nous avons déjà parlé et qui est :

$$R = \frac{v\mu}{I} + \frac{N}{\omega} \quad (1)$$

Les dimensions prévues pour cette pièce étant 15/20, il est facile de trouver la valeur de

$$\frac{I}{v} = \frac{ab^2}{6} = \frac{0,15 \times 0,20^2}{6} = 0,001$$

La valeur de  $\omega$  est

$$\omega = 0,15 \times 0,20 = 0,03$$

Donc la formule (1), en remplaçant les lettres par leurs valeurs, devient :

$$R = \frac{550}{0,001} + \frac{4\,200}{0,03} = 690\,000^k$$

soit 69<sup>k</sup> par centimètre carré, conditions excellentes pour du bois de chêne.

*Calcul de l'arbalétrier.* — La plus forte compression N de l'arbalétrier au point d'attache C, par exemple, est de 2.400<sup>k</sup>. Le moment est le produit de 4 250<sup>k</sup>

par la distance du point C à cette résultante, ou 0<sup>m</sup>,145 d'après l'épure. Ce moment est donc égal à 1 770 environ. Les dimensions de l'arbalétrier étant les mêmes que celles de la contrefiche, les valeurs de  $\frac{I}{v}$  et de  $\omega$  seront celles qui ont été calculées précédemment. Le travail du bois sera donc :

$$R = \frac{1\,770}{0,001} + \frac{2\,400}{0,03} = 1\,840\,000^k$$

Le bois travaillerait donc en ce point à 184<sup>k</sup> par centimètre carré. C'est évidemment un chiffre trop élevé, mais nous devons remarquer que le point C est soulagé parce que l'entrait retroussé et la jambe de force ne s'assemblent pas au même point, comme on l'indique dans l'épure théorique. Ces pièces se croisant avant le point C, il en résulte plus de raideur à l'articulation C. Néanmoins, il sera bon d'augmenter les dimensions de cet arbalétrier pour diminuer la valeur de R. En C', la résultante qui agit en ce point est égale, non pas à 4 000<sup>k</sup>, mais à 3 700<sup>k</sup>, puisque la première résultante a déjà subi une réduction au point B'. La distance de C' à cette force étant de 0<sup>m</sup>,233 environ, le produit, ou le moment de flexion, est égal à 865. La plus forte compression est de 3 560<sup>k</sup>. Les valeurs de  $\frac{I}{v}$  et de  $\omega$  sont les mêmes que pour l'arbalétrier de gauche. La valeur du travail est donc :

$$R = \frac{865}{0,001} + \frac{3\,560}{0,03} = 985\,000^k$$

Soit, près de 100<sup>k</sup> par centimètre carré. Ce chiffre étant encore trop élevé, il faudra augmenter les dimensions de cette pièce.

*Observation.* — Les résultats précédents sont donnés par une poussée à la base égale à 2 500<sup>k</sup> en A. Si nous avons adopté 2 250<sup>k</sup>, voyons la modification que ce changement produirait. Le polygone étant remonté, la partie de gauche subirait un moindre travail de flexion et se trouverait soulagé; mais, par contre, la partie de droite serait surchargée d'autant. En C, la résultante serait égale, dans ce cas, à 4 100<sup>k</sup> et le bras de levier deviendrait égal à 0,278. Le moment

serait égal à 1 148 et la valeur de  $\frac{\mu v}{I}$  serait

1 148 000. La valeur de  $\frac{N}{\omega}$  changerait peu et resterait à peu près égale à 70 000. Le travail serait de 122<sup>k</sup> par centimètre carré au lieu de 184<sup>k</sup>. Mais, à droite, la résultante devenant 3 500<sup>k</sup>, le bras de levier devient 0<sup>m</sup>,423 et le moment, 1 480.

La valeur de  $\frac{RI}{v}$  serait 1 480 000. Celle de

$\frac{N}{\omega}$  resterait à peu près égale à 124 000 et le travail du bois serait de 160<sup>k</sup> par centimètre carré. Donc, dans les deux cas, l'arbalétrier doit être renforcé.

*Calcul de l'entrait.* — L'entrait *a* travaille, par extension, sous un effort *N* de 2 500<sup>k</sup>; mais, de plus, il est fléchi sous l'action de la jambette *BT'*. On le calculera comme pièce posée en *K* sur le poinçon et en *A'* avec une portée de  $\frac{8,90}{2}$ , par conséquent, et fléchi par une force verticale de 950<sup>k</sup> agissant en *I'*. La distance *I'A'* est de 1,80; celle de *I'K* est 3,50. La portée est 4,45. Le moment de plus grande flexion est :

$$\mu = \frac{950 \times 3,50 \times 1,80}{4,45} = 1,345$$

La tension entre *K* et *I'* est de 2 500<sup>k</sup>. Avec les dimensions  $\frac{0,25}{0,30}$ , la valeur de  $\frac{I}{v}$  est 0,0038; celle de  $\omega$  est 0,075. Le travail du bois est

$$R = \frac{1,345}{0,0038} + \frac{2\,500}{0,075} = 388\,000^k$$

Soit 39<sup>k</sup> par centimètre carré, chiffre très rassurant.

L'entrait retroussé *g* travaille à la compression et se calculera comme tel. On peut le considérer comme soumis à l'effort minimum *g'* de 650<sup>k</sup> sur toute sa longueur de 5,00, ou comme soumis au plus grand effort *g* de 1 700<sup>k</sup> sur moitié seulement de cette longueur.

## II. — Ferme à versants égaux avec contrefiche et faux-entrait.

**566.** Le calcul précédent peut s'appliquer à une ferme à deux versants égaux dont la forme est indiquée en croquis (Fig. 889). Nous choisissons ce type de préférence, parce qu'il trouve constamment des applications dans la pratique.

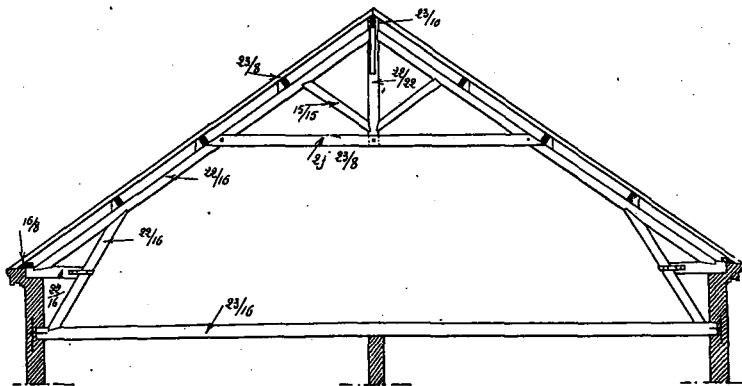
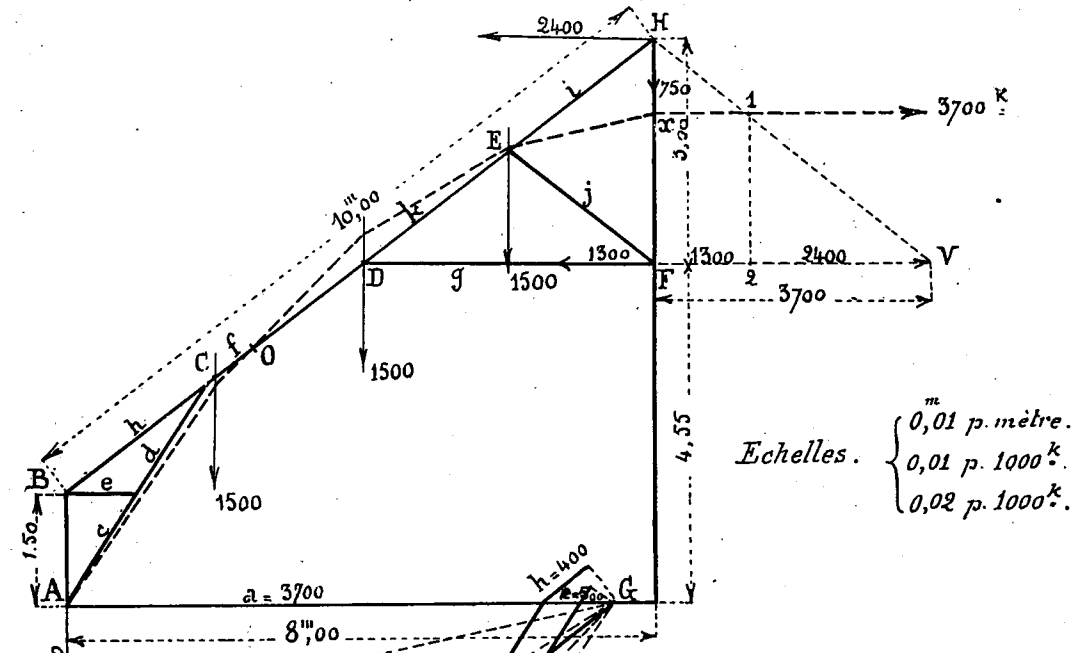


Fig. 889.

Il a l'avantage de laisser, entre le tirant et le faux-entrait, un espace libre suffisamment grand pour y installer un grenier. Les données du problème sont les suivantes :

Charge par mètre superficiel de couverture . . . . .	150 kilog.
Longueur de chacun des arbalétriers . . . . .	10 mètres.
Espacement des fermes . . . . .	4 mètres.



Echelles.  $\begin{cases} 0,01 \text{ p. mètre.} \\ 0,01 \text{ p. } 1000^k. \\ 0,02 \text{ p. } 1000^k. \end{cases}$

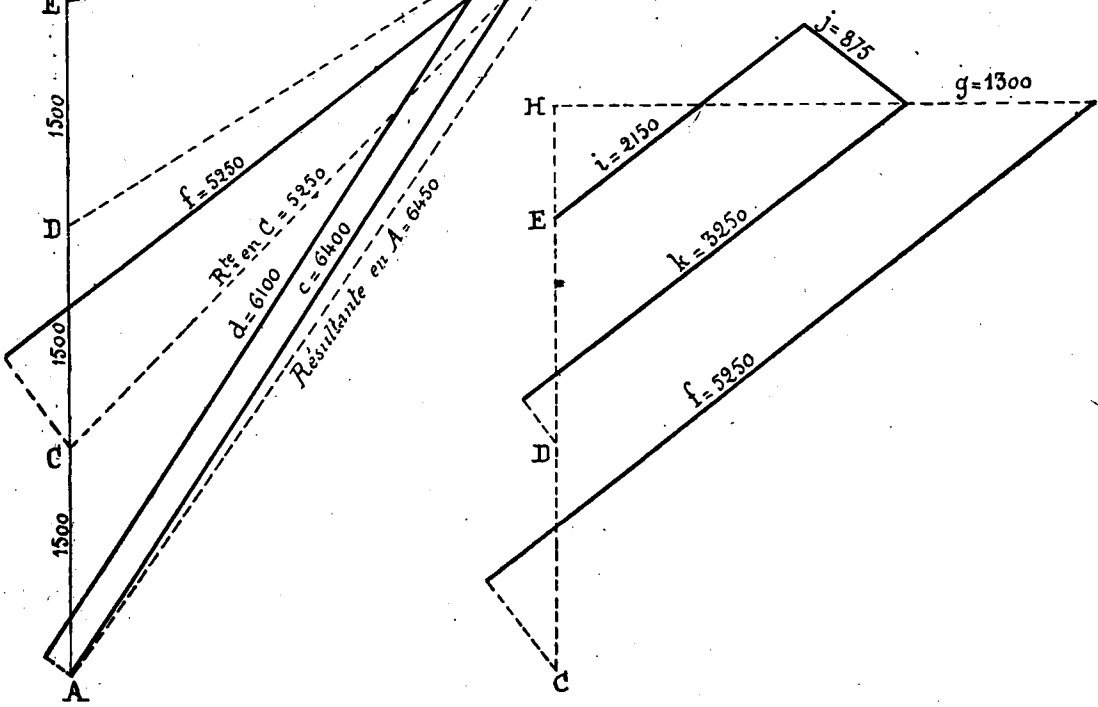


Fig. 890.

Fig. 891.

Surface correspondante agissant sur l'arbalétrier  $4 \times 10 = 40$  mètres carrés, ce qui donne en la multipliant par  $150^k$  un poids de  $6\ 000^k$ . Ce poids est à répartir sur chaque panne, déduction faite du poids que supporte la sablière et qui se trouve reporté directement sur le mur. Chacune des pannes du comble porte un poids de  $1\ 500^k$ .

Le poids de la demi-ferme sera donc  $5\ 250^k$ .

**567. Recherche de la poussée.** — Dans cette ferme maintenue au pied par un entrant *a* (fig. 890), il faut, pour qu'elle n'ait pas une tendance à s'ouvrir ou à se fermer, que les flexions qui se produisent dans les différentes parties, dans un sens ou dans l'autre, se compensent.

Supposons une poussée ou tension sur *a* de  $3\ 700^k$  et portons-la sur l'entrant *a* de A en G, à une échelle convenable; puis, sur une verticale AA, portons, à la même échelle, les poids qui agissent sur la demi-ferme. Nous obtenons ainsi les différents points C, D, E que nous joignons au point G. Ces obliques représentent, en grandeur et en direction, les résultantes successives des forces.

**568. Construction du polygone funiculaire.** — Pour construire ce polygone, nous savons qu'il faut mener une parallèle par le point A (fig. 890), extrémité de l'arbalétrier, à la première résultante jusqu'à sa rencontre avec la verticale passant par le point C et ainsi de suite comme nous l'avons indiqué pour le cas précédent. En *x*, le côté du polygone est horizontal et égal à  $3\ 700^k$ . Le point *x*, tombant entre le point F et le point H, est un signe que notre appréciation pour la poussée n'est pas erronée. Ce polygone, ainsi tracé, nous permet d'apprécier de quelle manière se comporte la flexion en chaque point, puisque le sens de cette flexion est indiqué selon que le côté du polygone est au-dessus ou au-dessous de ce point, et puisque le moment qui mesure cette flexion est le produit de la résultante qui agit au point considéré par sa distance au point même.

Dans le cas particulier qui nous occupe, la flexion de A en O est telle qu'elle rend cette partie de la ferme concave vers le

bas. Au-dessus de O, la concavité est tournée vers le haut. Ces deux flexions contraires doivent se compenser. Au pied de la ferme, deux pièces, AB et BC, rendues solidaires par le blochet, résistent ensemble. Dans le haut de la demi-ferme, l'arbalétrier seul résiste. Il faut donc que la somme des moments de flexion au-dessous de O soit plus grande qu'au-dessus pour que la compensation se fasse. Le point O ne doit donc pas être trop descendu. Dans le haut de la ferme, il y a très peu de flexion, puisque, dans le triangle DEF, la liaison des pièces donne une figure à peu près indéformable. C'est d'après ces diverses considérations qu'on réglera la position à peu près exacte que doit occuper le point O et, par conséquent, la valeur de la poussée. Cette recherche est rendue d'autant plus rapide que de légères variations, dans cette valeur, entraînent des changements considérables dans la répartition des flexions.

**569. Détermination des efforts.** — Au point A de la figure 890 agit la résultante  $6\ 450^k$  qui se décompose en un effort tranchant, puisque sa direction ne coïncide pas avec celle de la pièce et une compression de  $6\ 400^k$ . Au point où le blochet s'attache sur la jambe de force, agissent l'effort tranchant et la compression que nous venons de trouver sur *c* et qu'il faut reprendre en sens inverse, la tension *e* du blochet, la compression et l'effort tranchant sur *d*. Le tracé est déterminé par cette considération que l'effort tranchant au-dessus du point d'attache doit être égal à l'effort tranchant au-dessous, puisque le blochet coupe la ligne AC en deux parties égales. L'effort sur *e* se décompose en B, en une compression de  $400^k$  sur *h* et en un effort tranchant sur cette partie de l'arbalétrier. En C, agissent un poids de  $1\ 500^k$ , l'effort tranchant et la compression sur *d*, la compression et l'effort tranchant sur *h*, la compression sur *f* qui se trouve égale à  $5\ 250^k$  et un effort tranchant qui nous ramène, en C, au point de départ.

La figure 891 donnant l'épure à faire pour la partie haute de la ferme, nous reportons sur cette épure la résultante en O décomposée suivant *f* et l'effort tranchant. En D, agissent un poids de  $1\ 500^k$ ,

l'effort tranchant et la compression sur  $f$ , quantités connues, la compression sur  $g$ , la compression sur  $k$  et l'effort tranchant sur cette partie  $k$ .

Il y aurait indétermination dans le tracé de ce polygone, si nous ne connaissions pas la force  $g$  qu'il est cependant facile de déterminer de la manière suivante. Pour l'équilibre, il faut que la résultante  $3\ 700^k$  passant en  $x$  (fig. 890) soit balancée par deux autres forces horizontales agissant l'une en H, et qui sera la buttée d'une demi-ferme sur l'autre; la seconde force en F qui sera la tension  $g$  cherchée.

Ces deux forces peuvent se déterminer comme suit :

Portons la force  $3\ 700$  sur la ligne FV et joignons le point V au point H.

L'hypoténuse du triangle FHV coupe la force  $3\ 700$  appliquée en  $x$  en un point 1 que nous projetons en 2 sur la base du triangle. Ce triangle se trouve ainsi divisé en deux sections, l'une de  $1\ 300$  kilogs et l'autre de  $2\ 400$  kilogs représentant les deux forces cherchées.

La tension  $g$  est donc de  $1\ 300$  kilogs, ce qui nous permet de compléter le polygone de la figure 891.

En E, agissent un poids de  $1\ 500$  kilogs, l'effort tranchant et la compression sur  $k$ , la compression sur  $j$  et la compression sur  $i$  qui nous ramène en D, parce que nous admettons qu'il n'y a pas d'effort tranchant au-dessus de E. La contrefiche  $j$  est presque suffisante pour équilibrer les efforts de flexion sans se servir de l'appui H.

**570. Dimensions des pièces.** — Les pièces principales de cette ferme se vérifieraient comme nous l'avons indiqué précédemment en se servant de la formule :

$$R = \frac{v\mu}{I} + \frac{N}{\omega}$$

### III. — Calcul direct d'un comble en bois.

**571.** Supposons un comble en bois, dont la figure 892 donne le croquis, et voyons, les dimensions des différentes pièces étant les suivantes, si ces pièces suffisent.

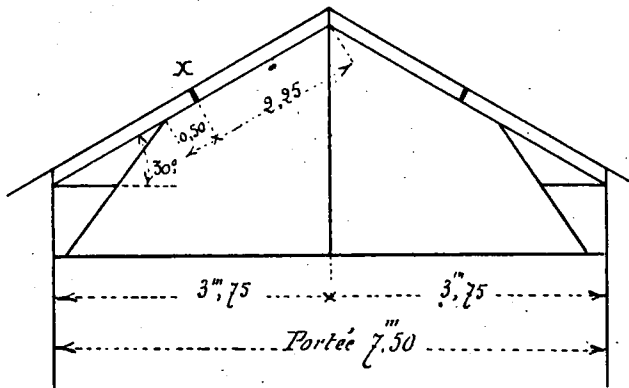


Fig. 892.

Chevrons . . équarrissage . . . . .	8 / 7
Tasseaux . . id. . . . .	4 / 2
Pannes . . . id. . . . .	20 / 14
Arbalétriers id. . . . .	22 / 14
Contrefiche. id. . . . .	16 / 14
Blochet . . . id. . . . .	2 f... 16 / 18
Écartement des fermes . . . . .	3 <sup>m</sup> , 66
Inclinaison du comble. . . . .	$\alpha = 30^\circ$
Demi-portée du comble. . . . .	3 <sup>m</sup> , 75
Couverture en tuiles . . . . .	»

Nous allons vérifier ces dimensions en calculant directement :

- 1° Un chevron ;
- 2° Une panne ;
- 3° Un arbalétrier ;
- 4° La contrefiche ;
- 5° Le blochet.

Ce sont les pièces principales à soumettre au calcul.

Le poinçon et l'entrait se calculeront

facilement comme nous avons déjà eu l'occasion de l'indiquer.

Dans ces calculs, nous supposons des poids assez forts pour la neige et le vent afin de nous mettre dans des conditions défavorables ; de plus, nous tiendrons compte du poids propre des pièces.

Si nous adoptons, pour le vent par exemple, une pression directe de 90 kilog., pour le cas d'une forte tempête, cette force de 90 kilog. agissant horizontalement suivant la direction AB (fig. 893), il

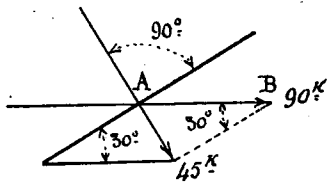


Fig. 893.

nous suffira, pour obtenir l'action de cette force perpendiculairement à la surface du comble, de la décomposer comme l'indique la figure 893. Nous obtiendrons ainsi une force de 45 kilog., normale à la direction de l'arbalétrier et nous pourrions écrire :

$$45^k = 90^k \sin 30^\circ$$

1° *Calcul d'un chevron.* — Chaque chevron a une portée de 2<sup>m</sup>,50. L'écartement d'axe en axe est de 0<sup>m</sup>,50. Chacun d'eux portera une surface de couverture égale à :

$$0^m,50 \times 2^m,50 = 1^m2,25$$

La charge totale sur un chevron se décomposera donc comme suit :

Couverture en tuiles . . . . .	1 <sup>m</sup> 2,25 × 60 <sup>k</sup>	=	75	«
Tasseaux, 0,50 × 0,04 × 0,02 × 5 × 560 <sup>k</sup>	=	1 <sup>k</sup> ,15		
Neige . . . . .	0 <sup>m</sup> ,40 × 1,25 × 100 <sup>k</sup>	=	50	»
Vent . . . . .	1 <sup>m</sup> 2,25 × 45 <sup>k</sup>	=	56 <sup>k</sup> ,25	
Poids propre du chevron . . . . .	0,07 × 0,08			
	× 2,50 × 560	=	7 <sup>k</sup> ,85	

Poids total agissant sur un chevron . . . = 190<sup>k</sup>,25

Le poids ainsi calculé doit être multiplié par cos 30° pour représenter la charge qui agit normalement au chevron (fig. 894).

Soit 190<sup>k</sup>,25 cos 30° = 164,75

Pour calculer le chevron, nous aurons la formule :

$$R = \frac{PL \times 6}{bh^2 \times 8} \quad (1)$$

Dans laquelle :

- L = portée du chevron . . . . . = 2<sup>m</sup>,50
- b = largeur du chevron . . . . . = 0<sup>m</sup>,07
- h = hauteur du chevron . . . . . = 0<sup>m</sup>,08

P = poids qui agit sur le chevron = 164<sup>k</sup>,75

Remplaçant dans la formule (1) les lettres par leurs valeurs, nous aurons :

$$R = \frac{PL \times 6}{bh^2 \times 8} = \frac{164,75 \times 2,50 \times 6}{0,07 \times 0,08^2 \times 8} = 689\,500 \text{ kilog. par mètre carré.}$$

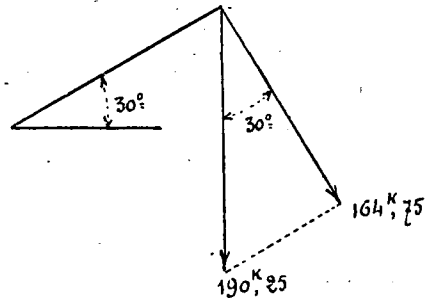


Fig. 894.

Cette résistance R varie en pratique de 600 000 à 800 000 kilog. pour le sapin. On peut donc admettre les dimensions prévues pour ce chevron.

2° *Calcul d'une panne.* — Nous allons faire le calcul pour la panne du milieu X (fig. 892). La première chose à calculer, c'est le poids que porte cette panne. En opérant comme nous venons de le faire pour le chevron, nous trouvons :

Chevrons, 0,07 × 0,08 × 2,65 × 8 × 560 <sup>k</sup>	=	51 <sup>k</sup> ,65
Couverture en tuiles, 3 <sup>m</sup> ,66 × 2,65 × 60 <sup>k</sup>	=	581 <sup>k</sup> ,95
Tasseaux, 0,04 × 0,02 × 3,66 × 8 × 560 <sup>k</sup>	=	13 <sup>k</sup> ,15
Neige . . . . .	0,40 × 3,66 × 2,65 × 100	= 388
Vent . . . . .	3,66 × 2,65 × 45	= 435 <sup>k</sup> ,05
Panne . . . . .	0,14 × 0,20 × 3,66 × 560	= 57 <sup>k</sup> ,40
Poids total sur la panne . . . . .		= 1527 <sup>k</sup> ,20

La panne travaillant dans les mêmes conditions que le chevron, nous nous servirons encore de la formule (1) dans laquelle :

- b = largeur de la panne . . . . . = 0<sup>m</sup>,14
- h = hauteur de la panne . . . . . = 0<sup>m</sup>,20
- L = portée . . . . . = 3<sup>m</sup>,66

En remplaçant, dans la formule (1), les lettres par leurs valeurs, nous aurons :



$$R = \frac{PL \times 6}{bh^2 \times 8} = \frac{1\ 527,20 \times 3,66 \times 6}{0,14 \times 0,20^2 \times 8} = 750\ 000^k \text{ par mètre carré.}$$

Cette résistance est comprise entre 600 000 et 800 000. Les dimensions adoptées primitivement peuvent donc être conservées.

3° *Calcul d'un arbalétrier.* — Chaque arbalétrier reçoit la charge suivante : par la panne

Chevrons, $0,07 \times 0,08 \times 2,40 \times 560^k \times 8$	=	$60^k,20$
Couverture en tuiles, $3,66 \times 2,40 \times 60^k$	=	$527^k,05$
Plasseaux, $0,04 \times 0,02 \times 3,66 \times 8 \times 560^k$	=	$13^k,20$
Neige..... $0,40 \times 3,66 \times 2,40 \times 100^k$	=	$351^k,35$
Vent..... $3,66 \times 2,40 \times 45^k$	=	$395^k,30$
Panne..... $0,14 \times 0,20 \times 3,66 \times 560^k$	=	$57^k,40$
Poids total.....	=	$1\ 404^k,50$

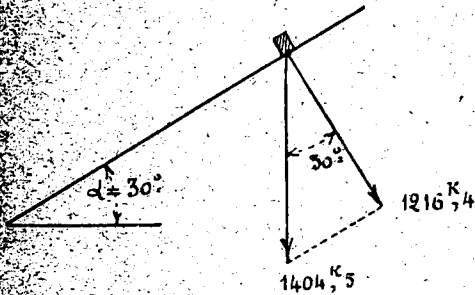


Fig. 895.

Le poids total ainsi trouvé doit, comme le montre la figure 895, être multiplié par le cos de 30° pour représenter la charge

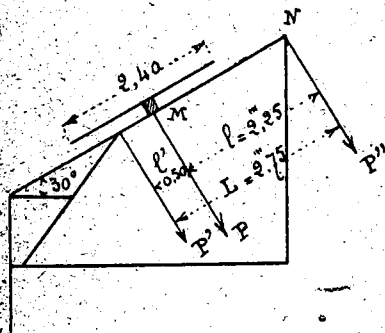


Fig. 896.

qui agit normalement à cet arbalétrier. Soit

$$1\ 404\ k. 50 \cos 30^\circ = 1\ 216\ k., 40 = P.$$

Sciences générales.

Ce poids P, que nous indiquons (fig. 896) se répartit, en deux poids P' et P'', tels que :

$$\frac{P''}{P'} = \frac{l'}{l} \text{ ou } P' = \frac{P'l}{l'}$$

D'autre part.

$$P = P' + P''$$

Il en résulte que

$$P' = \frac{Pl}{l + l'} = \frac{1\ 216,40 \times 2,25}{2,75} = 995^k$$

Le poids P' = 995 kilogrammes, ainsi trouvé, agit sur la contrefiche et le poids P'' agit sur l'autre arbalétrier. L'arbalétrier sollicité par le poids P doit donc résister à un effort :

$$R = \frac{6 P l l'}{b h^2 L} = \frac{6 \times 1\ 216,40 \times 2,25 \times 0,50}{0,14 \times 0,22^2 \times 2,75} = 440\ 000^k$$

Ce nombre étant inférieur à 600 000, prouve que les dimensions prévues pour l'arbalétrier sont largement suffisantes.

4° *Calcul d'une contrefiche.* — Pour le calcul de la contrefiche, nous remarquons que le poids P' = 995 kilogrammes trouvé précédemment et qui est appliqué au point B (fig. 897) se décompose en deux forces : l'une π, perpendiculaire aux fibres de cette contrefiche et qui tend à la renverser comme une pièce encastree en A par l'effet du blochet et sollicitée en B par un poids π; l'autre π', dirigée suivant la contrefiche et la faisant travailler à la compression.

La pression π est égale à

$$\pi = P' \sin 70^\circ.$$

ou π = 995 kil. × sin. 70° = 935 kilogr. et la formule

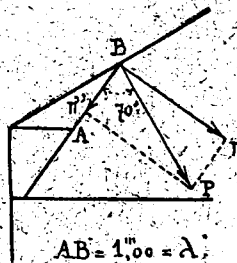


Fig. 897.

$$\pi \lambda = R \frac{b h^2}{6}$$

donne si λ = 1 mètre = AB (fig. 897).

$$935 \times 1^m00 = \frac{700\ 000 \times 0,14}{6} \times h^3$$

D'où l'on tire :

$$h^3 = \frac{935}{16\ 333} = 0,0511.$$

Nous avons supposé que la contrefiche avait la même largeur que l'arbalétrier, soit 0<sup>m</sup>,14. Dans ces conditions, nous trouvons, par la formule précédente,  $h=0,22$ . Or, les dimensions prévues sont  $0,16 \times 0,14$ , c'est-à-dire 0,16 pour  $h$  au lieu de 0,22 que donne le calcul. Dans ces conditions, en conservant le chiffre 0,16 pour hauteur de la contrefiche, le bois travaillerait à

$$R = \frac{935 \times 1 \times 6}{0,14 \times 0,16^2}$$

= 1 560 000<sup>k</sup> par mètre carré, chiffre beaucoup trop fort, même en la supposant en chêne. Nous adopterons donc, pour cette pièce de bois, les dimensions calculées, soit  $0,22 \times 0,14$ .

La deuxième force  $\pi'$  est égale à

$$\pi' = P' \cos 70^\circ.$$

Soit  $\pi' = 995^k \cos 70^\circ = 340^k,30$ .

La section de la contrefiche, en supposant encore les dimensions prévues,  $0,16 \times 0,14$ , est égale à  $0,16 \times 0,14 = 224$  centimètres carrés. La charge à faire supporter à un centimètre carré est donc :

$$\frac{340,30}{224} = 1^k,50.$$

Or on admet, la contrefiche étant supposée en chêne, que la charge à faire supporter au chêne fort est pratiquement égale au  $\frac{1}{7}$  de la charge de rupture. Soit, par centimètre carré

$$\frac{420^k}{7} = 60^k$$

La contrefiche, si elle devait simplement résister à la compression, serait plus forte qu'il ne faut.

5° *Calcul du blochet.* — Le blochet est une pièce sollicitée par plusieurs forces :

1° Le poids  $\pi$  (fig. 898) qui agit sur l'extrémité de la contrefiche agit également sur le blochet suivant une force de traction  $\pi''$  qui peut se déterminer ainsi :

Le poids  $\pi''$  qui, appliqué en S produirait le même effort que le poids  $\pi$ , est égal à :

$$\pi \frac{l''}{l'} = 935^k \times \frac{1,65}{0,65} = 2\ 375^k.$$

Le poids  $\pi''$ , ou effort auquel le blochet doit résister en S, est égal à :

$$\frac{\pi''}{\cos 40^\circ} = \frac{2\ 375}{\cos 40^\circ} = 3\ 100^k$$

La résistance à la traction  $\pi''$  est, par suite :

$$R = \frac{\pi''}{bh}$$

$b \times h$  donnant la section de la pièce, on a :

$$bh = \frac{3\ 100}{600\ 000} = 0,00517$$

2° L'effort de la traction que l'arbalétrier transmet à l'extrémité du blochet se

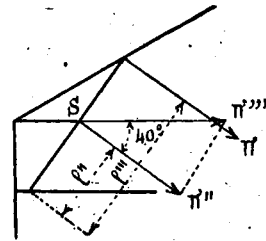


Fig. 898.

détermine par l'égalité des moments des forces N (fig. 899) ou réaction horizontale d'un arbalétrier sur l'autre. La charge de l'arbalétrier y compris son poids étant  $P = 1\ 485^k,7$ , on a :

$$N \times m = P \times \frac{l}{2}.$$

D'où  $N = \frac{P \times l}{2m} = \frac{1\ 485,7 \times 3,75}{2 \times 2,20} = 1\ 266^k$

Si la section du blochet est représentée par  $bh$ , la résistance de la pièce sera

$$R bh = 1\ 266^k.$$

D'où  $bh = \frac{1\ 266}{600\ 000} = 0,0021$ .

Pour résister à cet effort, la section peut être moins forte que dans le cas précédent où nous avons  $bh = 0,00517$ , il y a donc lieu de tenir compte de la première valeur de préférence.

3° Le poids propre du blochet tend à le faire fléchir comme une pièce encastree en V (fig. 900), ce qui donne lieu à une résistance

$$R = \frac{6p\lambda^2}{2bh^3}$$

( $p$   $\lambda$  étant le poids total du blochet)

$\lambda'$  = longueur du blochet = 0<sup>m</sup>,90;  $p = bh \times 700^k$  = poids par mètre :

De la formule précédente, nous tirons :

$$bh = \frac{6 \times 0,90^2 \times 700^k \times b}{2 \times 700\ 000}$$

D'où  $bh = 0,0024 \times b$

4° Le blochet, considéré comme encasté en V, est sollicité par une force  $\pi^{iv}$  déduite de la force  $\pi'$  qui agit, comme on l'a vu précédemment, suivant les sens des fibres de la contrefiche.

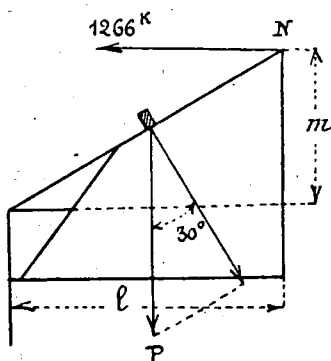


Fig. 899.

Cette force  $\pi^{iv} = \pi' \cos 40^\circ = 340,30 \times \cos 40^\circ = 260^k,78$ .

Dans ce cas, la résistance est :

$$R = \frac{6\pi^{iv}\lambda'}{bh^2}$$

( $\lambda'$  longueur du blochet = 0<sup>m</sup>,90).

D'où :

$$bh = \frac{6\pi^{iv}\lambda'}{R h} = \frac{6 \times 260,78 \times 0,90}{700\ 000 \times h} = \frac{0,002}{h}$$

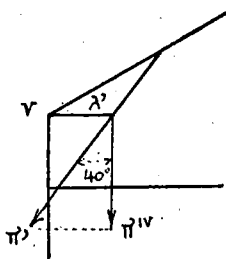


Fig. 900.

Pour tenir compte des forces étudiées précédemment aux 1<sup>er</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> cas, il faudrait donc avoir :

$$bh = 0,00517 + 0,0024 \times b + \frac{0,002}{h}$$

D'où, en supposant  $h = 0,16$ , on tire :

$$0,16 b = 0,00517 + 0,0024 \times b + \frac{0,002}{0,16}$$

$$b(0,16 - 0,0024) = 0,01767$$

$$b = 0,12$$

Le blochet étant composé de deux pièces de bois formant moise, chacune devrait donc avoir une largeur de 0,06 et une hauteur de 0,16, les dimensions admises peuvent être conservées, puisqu'elles sont 2 fois 16  $\times$  8.

En résumé, les chevrons, les pannes, les arbalétriers et la contrefiche, qui sont les pièces importantes de ce comble, pourront se calculer par les formules très simples que nous indiquons ci-dessous :

$$\text{Chevrons et pannes } R = \frac{PL \times 6}{bh^2 \times 8}$$

$$\text{Arbalétriers } R = \frac{6P U'}{bh^2 L}$$

$$\text{Contrefiches } R = \frac{6\pi\lambda}{bh^2}$$

dans lesquelles les lettres seront à remplacer par les valeurs établies dans le courant de ce calcul.

#### IV. — Comble à la Mansard. — Détermination des efforts.

572. Supposons, comme nous l'indiquons (fig. 901), un comble à la Mansard très simple composé d'une ferme BCD portée sur deux montants inclinés AB et DE reliés à leur pied par un tirant AE. Désignons par  $p$ , la charge verticale uniformément répartie que supporte le montant AB rapportée au mètre courant de projection  $a$  de ce montant; par  $q$ , la charge verticale uniformément répartie sur l'arbalétrier BC rapportée au mètre courant de projection  $x$  de cet arbalétrier. D'après le tracé du comble lui-même, on peut facilement connaître les longueurs  $a$  et  $x$  et les deux hauteurs  $h$  et  $H$ .

En désignant par  $l$  et  $l'$ , les longueurs des arbalétriers désignés ci-dessus et par  $\alpha$  et  $\beta$  les angles que forment ces arbalétriers avec les horizontales menées des points A et B, on obtiendra facilement, par les éga-

lités suivantes, les valeurs de chacune de ces parties :

$$AB = l = \sqrt{a^2 + (H-h)^2};$$

$$BC = l' = \sqrt{x^2 + h^2};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H-h}{a}, \operatorname{tg} \beta = \frac{h}{x}$$

Ces données étant établies, il reste à résoudre les questions suivantes :

1° Valeur des réactions P et P' des appuis;

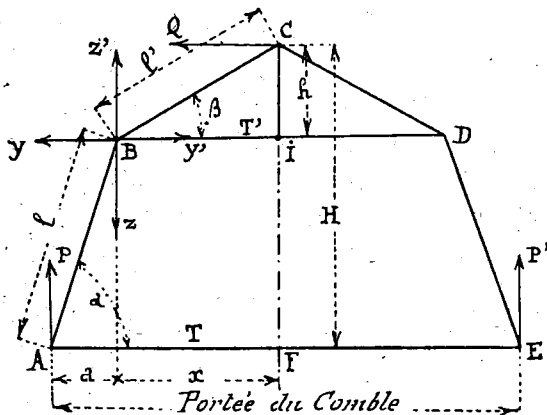


Fig. 901.

2° Valeur des actions mutuelles aux points B et C et des forces longitudinales (tensions ou pressions), auxquelles sont soumis l'entrait AE et le faux-entrait BD;

3° Calculer les dimensions transversales du montant incliné AB;

4° Calculer les dimensions transversales de l'arbalétrier BC.

1° Le comble considéré étant symétrique par rapport à la ligne CF et par suite de l'existence de l'entrait AE, les deux réactions P et P' sont égales et nous avons, pour valeur de ces deux réactions :

$$P = P' = pa + qx;$$

2° Par suite de la symétrie de la figure et des forces extérieures qui sollicitent le comble, l'action mutuelle Q au point C est horizontale. Le montant AB est en équilibre sous l'action des forces suivantes : la réaction P de l'appui A, la charge uniformément répartie  $pa$  et la tension T de l'entrait AE. En prenant la somme des moments de ces forces par rapport à

l'axe projeté en B, on trouve que la valeur de la tension T est la suivante :

$$T = \frac{a}{H-h} \left( \frac{pa}{2} + qx \right)$$

En remplaçant l'action mutuelle au point B par ses composantes  $By$  et  $Bz$  dont l'une est horizontale et l'autre verticale et projetant les forces précédentes sur un axe vertical, puis sur un axe horizontal, on aura :

$$z + pa - P = 0 \text{ et } y - T = 0$$

D'où l'on tire, pour chacune des composantes :  $z = P - pa = qx$

$$y = T = \frac{a}{H-h} \left( \frac{pa}{2} + qx \right)$$

L'arbalétrier BC est soumis aux forces extérieures suivantes : l'action du montant AB et de l'entrait BD au point B, dont les composantes verticale et horizontales sont  $z'$  et  $y'$  égales et de signes contraires à  $z$  et  $y$ ; la charge verticale uniformément répartie  $qx$  et la réaction Q de l'arbalétrier CD au point C. Si, comme précédemment, nous prenons les moments de ces forces par rapport à l'axe projeté en B, nous aurons :

$$Qh - \frac{qx^2}{2} = 0. \text{ D'où } Q = \frac{qx^2}{2h}$$

Remarque. — L'entrait BD supporte-t-il une tension ou une pression ?

En projetant toutes les forces qui agissent sur la demi-ferme sur un axe horizontal, on obtient, abstraction faite des signes :

$$T' + T + Q = 0.$$

D'où  $T' = -T - Q$  (1)

Mais T et Q étant de signe contraire, adoptons le sens de T comme positif. Alors, (1) devient

$$T' = -T + Q.$$

Si l'on a  $T < Q$ , T' sera une pression et, si l'on  $T > Q$ , T' sera une tension.

Si T' est une pression, pour que l'entrait BD reste rectiligne, on placera une pièce verticale CI nommée poinçon. Si, au contraire, T' est une tension, l'entrait BD pourra être formé par un simple tirant en fer.

3° et 4° Le montant incliné AB et l'arbalétrier BC seront considérés comme reposant sur deux appuis et leurs dimensions transversales pourront se calculer à l'aide de la formule générale connue :

$$R = \frac{v\mu}{I} + \frac{N}{\Omega}.$$

Un comble à la Mansard n'est pas toujours aussi simple que l'indique la figure 901. La partie supérieure, ou faux comble, au lieu de se composer simplement de deux arbalétriers et d'un tirant, prend

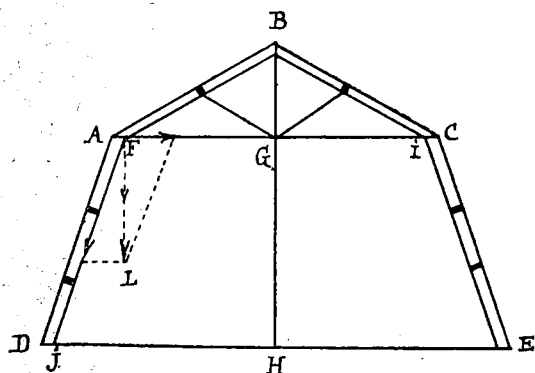


Fig. 902.

le plus souvent la forme représentée en croquis (fig. 902), c'est-à-dire que la partie ABC, ou faux comble, comprend :

- 1° Des arbalétriers;

- 2° Un entrait;
- 3° Un poinçon;
- 4° Des contrefiches.

Dans ce cas, la partie supérieure ABC se calculera comme un comble à une contrefiche avec poinçon et tirant. Le faux entrait FI joue le rôle de tirant pour la ferme supérieure et reçoit alors une tension qu'il sera facile de déterminer. L'arbalétrier FJ du vrai comble est posé sur deux appuis en F et J. Donc, à la réaction en F trouvée précédemment pour la partie supérieure, devra s'ajouter le poids de la demi-ferme ABG. Le poids résultant porté sur une verticale de F en L se décompose alors en deux forces dont l'une comprimerait le faux entrait et l'autre l'arbalétrier. Le faux entrait AI est donc ici soumis à la différence de la compression et de l'extension.

### V. — Calcul d'un comble en forme de poutre armée.

**573.** Ce comble, dont nous avons donné un croquis sommaire (fig. 636) est souvent employé dans les ateliers, par suite de la facilité avec laquelle on peut

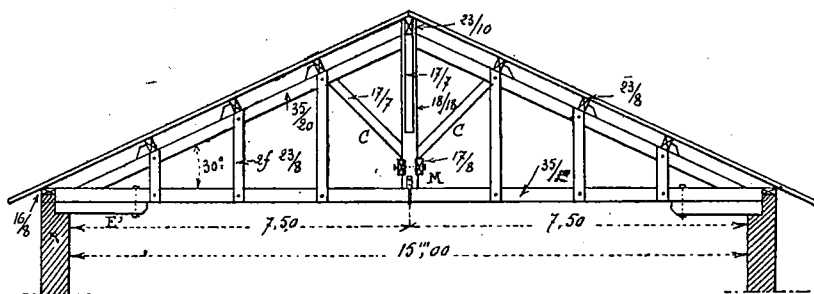


Fig. 903.

y suspendre des fardeaux. Pour ce genre de comble (fig. 903), il est impossible de se servir de la statique graphique pour le calculer, cette méthode s'appliquant seulement aux cas où il n'y a aucune flexion dans les charpentes. On peut alors, en faisant certaines hypothèses très admissibles, arriver à rendre simple le calcul de cette charpente.

#### Données et dimensions principales du comble à vérifier

Portée du comble dans œuvre du bâtiment .....	15 <sup>m</sup> ,00
Distance d'axe en axe des fermes .....	4 <sup>m</sup> ,00
Inclinaison du comble sur l'horizon .....	$\alpha = 30^\circ$

*Dimensions des pièces principales*

Arbalétriers équarrissage.....	35 × 20
Entrait ou tirant.....	35 × 15
Poinçon (chêne).....	18 × 18
Faitage.....	23 × 10
Sablière.....	16 × 8
Liens.....	17 × 7
Pannes.....	23 × 8
Moises pendantes.....	23 × 8
Moises transversales.....	17 × 8

Comme le montre facilement la disposition adoptée pour cette charpente, l'arbalétrier, en fléchissant sous le poids de la couverture et des surcharges, reporte une partie de cette charge, par l'intermédiaire des moises pendantes, sur le tirant qui fléchit à son tour. En admettant alors que ces deux pièces travaillent solidairement, nous pouvons, dans cette hypothèse, leur donner des résistances égales, c'est-à-dire que le  $\frac{I}{V}$

de l'une qui est  $\frac{I}{V} = \frac{ab^2}{6}$  soit égal au  $\frac{I}{V}$  de l'autre  $\frac{I}{V} = \frac{a'b'^2}{6}$ . On se fixe donc *a priori* et comme point de départ :

$$\frac{ab^2}{6} = \frac{a'b'^2}{6} \quad \text{ou} \quad ab^2 = a'b'^2.$$

De plus, les deux pièces, arbalétrier et entrant, étant solidement réunies par les moises pendantes, nous pouvons supposer que chacune de ces pièces porte la moitié de la charge totale. Soit donc 500<sup>k</sup> la charge par mètre courant d'arbalétrier. Cette charge, ramenée au mètre courant horizontal, sera :

$$\frac{500}{\cos \alpha} = \frac{500}{0,866} = 578 \text{ en chiffres ronds.}$$

L'arbalétrier portera  $\frac{578}{2} = 289^k$  par mètre courant. L'entrant portera également 289 kil. par mètre courant.

La longueur L de l'arbalétrier est donnée par

$$L = \frac{7,50}{\cos \alpha} = \frac{7,50}{0,866} = 8^m,67$$

La portée du tirant ou entrant est

$$L' = 7^m,50.$$

La formule à employer pour calculer ces deux pièces est bien connue et peut se mettre sous la forme :

$$\frac{I}{V} = \frac{ab^2}{6} = \frac{pL^2}{8R} \quad (1)$$

*Calcul de l'arbalétrier.* Pour le calcul de cet arbalétrier, nous allons nous occuper séparément de calculer les termes  $\frac{pL^2}{8R}$  et  $\frac{ab^2}{6}$  et de voir s'ils sont égaux.

Dans la formule (1), nous connaissons :  $p = 289$ ,  $L = 8^m,67$ , enfin R que nous supposons égal à  $R = 700\,000$ , bonne moyenne pour la résistance des bois par mètre carré.

Si nous remplaçons, dans la formule (1), les lettres par leurs valeurs, nous aurons :

$$\frac{I}{V} = \frac{289 \times 8,67^2}{8 \times 700\,000} = \frac{21\,724}{5\,600\,000} = 0,0039.$$

D'un autre côté, nous avons, d'après les données,  $a$  étant la largeur de l'arbalétrier et  $b$  sa hauteur :  $a = 0^m,20$ ,  $b = 0^m,35$ . La formule (1) peut alors s'écrire :

$$\frac{I}{V} = \frac{ab^2}{6} = \frac{0,20 \times 0,35^2}{6} = 0,004.$$

Donc, les dimensions primitives données à cet arbalétrier sont suffisantes, puisque les deux valeurs de  $\frac{I}{V}$  sont sensiblement les mêmes.

*Calcul du tirant ou entrant.* Nous allons calculer le tirant de la même manière.

D'après ce qui a été établi précédemment, nous pouvons écrire, pour le tirant :

$$\frac{I}{V} = \frac{289 \times 7^m,50^2}{8 \times 700\,000} = \frac{16\,256}{5\,600\,000} = 0,003 \text{ env.}$$

Calculons également le  $\frac{I}{V}$  en prenant pour  $a'$  et  $b'$  les valeurs suivantes admises en principe :  $a' = 0^m,15$  et  $b' = 0^m,35$ . La valeur de  $\frac{I}{V}$  correspondante à ces chiffres sera :

$$\frac{I}{V} = \frac{a'b'^2}{6} = \frac{0,15 \times 0,35^2}{6} = 0,003.$$

Les dimensions prévues sont donc suffisantes, puisque les deux valeurs de  $\frac{I}{V}$ , calculées de deux manières différentes, sont égales.

*Calcul des moises pendantes.* L'effort

total que ces moises ont à supporter est le suivant :

$$289 \times 8^m,67 = 2.500^k, \text{ environ}$$

Comme nous mettons trois moises, elles porteront chacune  $\frac{2\ 500}{3} = 830^k$ .

Mais ces moises sont formées de deux pièces jumelles passant de chaque côté de l'arbalétrier et de l'entrait. Donc chaque lame portera :

$$\frac{830}{2} = 415^k.$$

Or, d'après les données, la section est  $0^m,23 \times 0^m,08 = 0,0184$ . Donc, le travail par centimètre carré sera :

$$\frac{415}{0,0184} = 5^k \text{ env. Chiffre très admissible.}$$

Dans ce genre de charpente, on assure la stabilité et l'invariabilité de forme en ajoutant des contrefiches C (fig. 903) et un sous entrait E', quand cela est nécessaire. Le contreventement et l'écartement invariable entre deux fermes voisines sont assurés par des pièces obliques placées d'une ferme à l'autre et par des moises transversales M dont l'équarrissage est  $17 \times 8$ .

### VI. — Calcul d'un comble en arc, système Philibert Delorme.

**574.** Ce genre de comble est indiqué en croquis (fig. 788 à 791). Supposons que nous ayons à vérifier un comble de ce système ayant les dimensions suivantes :

Diamètre, ou portée du comble	40 <sup>m</sup> 00
Écartement d'axe en axe des fermes.....	1 <sup>m</sup> 00
Largeur des planches.....	0 <sup>m</sup> 24
Épaisseur des planches.....	0 <sup>m</sup> 033

Ces dimensions sont celles qui sont à peu près prévues par Philibert Delorme; elles sont, en effet, comprises entre celles qui sont données pour 7<sup>m</sup>80 et 11<sup>m</sup>70 de portée, dans le petit tableau de la page 350, qui résume les principales dimensions données par Philibert Delorme.

*Charge et surcharges.* Si nous supposons ce comble couvert en petites ardoises, nous pourrions admettre les chiffres suivants :

Couvertures en petites ardoises	par m. c. 50 kil.
Poids du comble et voligeage	50 —
Vent et neige.....	40 —

Poids total..... 140 kil.

Comme nous le savons, la ferme est simplement composée d'un plein cintre en bois. On peut, sans trop d'erreur, considérer cet arc comme uniformément chargé par la couverture et les surcharges suivant son diamètre et, en nous rappelant que la poussée à la base de l'arc est, d'après de longs calculs que nous ne pouvons reproduire ici, égale au 0,22 du poids porté par cet arc, écrire :

Charge par mètre courant sur l'horizontale..... 140 kil.

Charge totale sur une ferme

$$140^k \times 10^m,00 = 1\ 400 \text{ kil.}$$

$$\text{Poussée} \dots\dots 0,22 \times 1\ 400 = 308 \text{ kil.}$$

*Résistance de l'arc.* — Nous connaissons, par ce qui précède, toutes les forces qui agissent sur l'arc que nous voulons étudier : Le poids uniformément réparti, la réaction de chaque appui qui est la moitié du poids total; enfin, la poussée qui est contrebutée par les murs. Le moment de flexion est, comme nous le savons, la somme des produits obtenus en multipliant chaque force par son bras de levier pris par rapport au point considéré, ainsi que la compression en chaque point (cette compression est assez faible pour que nous n'ayons pas à en tenir compte). Ce moment de flexion variant d'un point à l'autre de l'arc, il nous suffira de prendre ce moment pour la fibre la plus fatiguée.

Si nous désignons :

Par R, le coefficient de résistance du bois employé;

Par P, la charge totale sur l'arc;

Par r, le rayon de l'arc;

Par s, la section utile de l'arc (cet arc étant composé de trois épaisseurs de planches, soit  $3 \times 0^m033 = 0^m099$ , nous adopterons, comme section utile,  $2 \times 0,033 = 0,066$ , à cause d'un joint de deux planches qui se trouvera forcément dans la portion d'arc considérée);

h, la hauteur de la section dans l'arc.

La formule à employer est la suivante :

$$R = 0,27P \times \frac{r}{sh} \quad (1)$$

dans laquelle,

$P = 1\,400$  kil.;  $r = 5^m00$ ;  $h = 0,24$

et  $s = 2 \times 0,33 \times 0,24 = 0,016$ .

En remplaçant dans (1) les lettres par leurs valeurs, nous aurons :

$$R = 0,27 \times 1\,400 \times \frac{5,00}{0,016 \times 0,24} = 492\,187$$

par mètre carré.

Le bois travaillerait donc à  $49^m21$  par centimètre carré.

Or, dans les arcs, on a pour habitude de ne faire travailler le bois qu'à 30 ou 40 kil. par centimètre carré, la résistance se trouvant diminuée par suite de la coupure des fibres du bois exigée par la forme cintrée. La ferme soumise au calcul travaillant à  $49^m21$  par centimètre carré, il y aura lieu, pour réduire ce chiffre, soit d'augmenter les dimensions des bois, soit, ce qui est plus simple, de réduire l'écartement des fermes et de recommencer le calcul.

## VII. — Combles en arc de diverses formes.

**575.** Dans les combles en arc, les principales questions à étudier sont les suivantes :

1° La dépression verticale du sommet de l'arc sous une charge dont la grandeur et la répartition sont connues.

2° L'intensité de la poussée exercée par le pied des arcs ;

3° La section transversale de l'arc pour que ce dernier puisse résister, dans de bonnes conditions, aux efforts qu'il a à supporter.

Dans un arc en charpente, supposé chargé d'un poids uniformément réparti, par rapport à sa corde, on ne change rien à son état d'équilibre, en le supposant :

1° Encastré à son sommet ;

2° Sollicité, à chacune de ses extrémités, par des forces égales et contraires à la pression verticale et à la poussée horizontale que ces extrémités exercent contre leur appui.

Les calculs des combles en arc étant

longs et pénibles, nous ne les indiquerons pas. Nous donnerons, ce qui sera tout aussi utile pour le constructeur, le résumé de ces calculs, indiqué dans le tableau suivant dû à MM. Ardant et Navier. Ce tableau donne, pour les formes d'arcs les plus employées, l'abaissement du sommet des arcs et la valeur de la poussée.

*Observations.* Dans ce tableau, les formules indiquées ne tiennent pas compte de la dépression qui provient de la compression de la matière, due aux forces agissant dans le sens de l'axe, comme nous l'avons fait pour le comble à la Philibert Delorme. Celle-ci étant fort petite relativement à l'autre, peut être négligée dans les combles en arc, sauf, toutefois, pour l'arc parabolique chargé de poids uniformément répartis sur son pourtour.

D'après M. Ardant, pour les arcs demi-circulaires chargés de poids uniformément répartis par rapport au diamètre, le point qui se déplace le plus dans le sens horizontal est situé à l'extrémité d'un rayon qui fait un angle de 63 degrés avec la verticale.

La poussée des arcs en charpente, comme celle des fermes composées de pièces droites, est indépendante de la flexibilité du système, mais les déplacements, horizontal et vertical, que subissent les pieds de ces arcs sont en raison inverse de leur rigidité. Il faudra donc autant que possible augmenter cette rigidité.

*Détermination de la section transversale de l'arc.* — Le premier tableau donnant la dépression de l'arc et la poussée, il nous reste à dire quelques mots sur la détermination de la section transversale de l'arc. On peut déterminer la section transversale des arcs en charpente de la même manière que l'équarrissage des pièces droites, c'est-à-dire par la condition que les fibres les plus comprimées ou les plus étendues ne subissent pas un raccourcissement ou un allongement plus grand que la limite  $\frac{R}{E}$ . Le tableau suivant donne les formules pour trouver l'équarrissage en mètres des arcs demi-circulaires.



*Formules donnant l'abaissement du sommet et la poussée des arcs en charpente par l'effet de charges diversement réparties.*

FORME DE L'ARC	RÉPARTITION DE LA CHARGE	ABAISSEMENT DU SOMMET POUR DES ARCS DONT LA SECTION EST		POUSSÉE	OBSERVATIONS
		RECTANGULAIRE	CIRCULAIRE		
Demi Circulaire	Répartie uniformément sur la circonférence de l'arc.	$f' = 0,05 \frac{X^3}{ab^3} \times \frac{P}{E}$	$f' = 0,009 \frac{X^3}{r^4} \times \frac{P}{E}$	0,16 P	Dans (1) $P = 2pA$ .
	Répartie uniformément par rapport au diamètre de l'arc.	$f' = 0,003 \frac{X^3}{ab^3} \times \frac{P}{E}$	$f' = 0,009 \frac{X^3}{r^4} \times \frac{P}{E}$	0,22 P (1)	Les formules (2) (3) ne sont applicables que pour $A = 10B$ au moins.
	Suspendue en entier au sommet.	$f' = 0,222 \frac{X^3}{ab^3} \times \frac{P}{E}$	$f' = 0,239 \frac{X^3}{r^4} \times \frac{P}{E}$	0,32 P	$P =$ poids total porté par l'arc.
	Suspendue en un point qui correspond verticalement au $\frac{1}{4}$ du diamètre de l'arc.	$f' = 0,348 \frac{X^3}{ab^3} \times \frac{P}{E}$	$f' = 0,0365 \frac{X^3}{r^4} \times \frac{P}{E}$	0,278 P	$p =$ charge par unité de longueur.
Arc de cercle surbaissé	Uniformément réparti par rapport à la corde.	$f' = 3,60 \frac{B^2A}{ab^3} \times \frac{P}{E}$ (2)	$f' \times 0,38 \frac{B^2A}{r^4} \times \frac{P}{E}$ (3)	$0,25 \frac{PA}{B}$	$X =$ rayon de l'arc. $E =$ coefficient d'élasticité.
	Suspendue en entier au sommet.	$f' = 0,0469 \frac{A^3}{ab^3} \times \frac{P}{E}$	$f' = 0,005 \frac{A^3}{r^4} \times \frac{P}{E}$	$0,39 \frac{PA}{B}$	$a =$ largeur de la section rectangulaire de l'arc. $b =$ hauteur <i>idem</i> .
	Suspendue en un point qui correspond verticalement au $\frac{1}{4}$ de la portée de l'arc.	»                    »	»                    »	$0,28 \frac{PA}{B}$	$r =$ rayon de la section circulaire de l'arc.
Arc de parabole	Répartie uniformément sur le porteur de l'arc.	$f' = 0$	$f' = 0$	$0,25 \frac{PA}{B}$	$A = 1/2$ corde de l'arc. $B =$ la flèche ou montée.
	Suspendue en entier au sommet.	$f' = \frac{1}{ab^3} (0,0013 A^3 - 0,0005 AB^2) \frac{P}{E}$	$f' = \frac{1}{24} (0,004 A^3 - 0,0017 AB^2) \frac{P}{E}$	$\left( 0,39 \frac{A}{B} - 0,018 \frac{B}{A} \right) P$	

## Arcs demi-circulaires. — Formules donnant la section de ces arcs.

RÉPARTITION de la CHARGE	EQUARRISSAGE EN MÈTRE DES ARCS DONT LA SECTION EST :		OBSERVATIONS
	RECTANGULAIRE	CIRCULAIRE	
Répartie uniformément sur la circonférence du cintre.	$ab^2 = \frac{P}{R} (0,599 b + 0,27 l)$	$r^3 = \frac{P}{R} (0,124 r + 0,062 l)$	$l$ = rayon moyen de l'arc. $r$ = rayon de la section transversale de l'arc.
Répartie uniformément par rapport à une li- gne horizontale	$ab^2 = \frac{P}{R} (0,680 b + 0,25 l)$	$r^3 = \frac{P}{R} (0,200 r + 0,044 l)$	$R$ = Coef. = 300 000 pour les arcs en bois. $E$ = Coef. = 500 000 000 pour le bois.
Suspendue au sommet. Suspendue au dessus du milieu du rayon.	$ab^2 = \frac{P}{R} (0,597 b + 0,55 l)$	$r^3 = \frac{P}{R} (0,200 r + 0,212 l)$	$P$ = Poids porté par l'arc entier, c'est alors le $\frac{1}{3}$ du poids total du toit supporté par la ferme du système de M. Emy.

Les fermes du système de M. Emy sont, comme nous le savons, composées d'une ferme de pièces droites, reliées par des moises pendantes à une ferme intérieure en arc de cercle formée de madriers posés à plat l'un sur l'autre. Des expériences de M. Ardant sur ce genre de fermes, il résulte que la ferme droite porte à peu près les deux tiers du poids de la toiture et que l'arc porte l'autre tiers. Il faudra donc calculer la ferme droite par les formules que nous allons donner ci-après pour les combles retroussés et dans lesquelles on fera  $P$  égal aux deux tiers du poids du pan de toit qui repose sur la ferme. Quant aux dimensions de l'arc, on se servira des formules résumées dans le tableau précédent et qui sont applicables à des arcs simples, c'est-à-dire non accompagnés de fermes droites.

D'après M. Ardant, on obtient, pour les charpentes en arc combinées avec des

charpentes droites, le plus haut degré de résistance de cet assemblage en donnant même largeur à la section transversale des arbalétriers et de l'arc et en donnant à l'épaisseur de ce dernier un quart en sus de celle de l'arbalétrier. Il suffira donc de déterminer l'équarrissage de l'arbalétrier en supposant qu'il supporte la moitié de la charge pour en déduire facilement la section de l'arc auquel on le réunit.

### VIII. — Combles retroussés supportés par des poteaux réunis aux arbalétriers par des aisseillers.

576. Pour ce genre de comble dont nous donnons le croquis schématique (fig. 904), M. Ardant donne les formules suivantes pour le calcul des arbalétriers et des poteaux.

INCLINAISON DU COMBLE	ARBALÉTRIERS	POTEAUX
2 de base pour 1 de hauteur	$ab^2 = 0,000\ 00\ 104\ Pl$	$ab^2 = 0,000\ 00\ 226\ Pl$
3 — 2 —	$ab^2 = 0,000\ 00\ 104\ Pl$	$ab^2 = 0,000\ 00\ 202\ Pl$
1 — 1 —	$ab^2 = 0,000\ 00\ 105\ Pl$	$ab^2 = 0,000\ 00\ 163\ Pl$

$P$  = poids d'un des pans de toit       $l$  =  $\frac{1}{2}$  ouverture du comble.

Ces formules ont été données pour des fermes formant des polygones circonscrits à des cercles. Si les constructions sont exécutées avec beaucoup de soin et avec des bois de choix, on peut alors, d'après M. Ardant, au lieu de faire travailler les



Fig. 904.

charpentes au  $\frac{1}{10}$  de la charge qui produirait la rupture, ce que supposent ces formules, on peut les charger jusqu'au  $\frac{1}{6}$  environ, ce qui revient à multiplier par  $\frac{6}{10}$  les coefficients numériques de ces formules.

**IX. — Fermes à grande portée.**

**577.** Pour les fermes à grande portée, telles que celles de la figure 645, on peut encore faire usage des formules du tableau précédent. On partage alors l'épaisseur trouvée pour l'arbalétrier entre cette pièce et le renfort qui la double et celle trouvée pour le poteau, entre l'ensemble formé par cette pièce et la jambe de force, en donnant à celle-ci la largeur du poteau.

Supposons un comble de ce système de 20 mètres de portée.

$2l = 20$  mètres.

Inclinaison du toit, 65° avec la verticale;

Longueur de l'arbalétrier..... 12<sup>m</sup>30.

Ecartement des fermes..... 4<sup>m</sup>00.

Poids de la couverture par mètre carré:

Couverture en tuiles.....	70 kil.
Un mètre carré de plancher en sapin de 0,027 d'épaisseur.....	20
Deux mètres courants de chevrons de 0,10 × 0,10..	15
	<hr/>
	105 kil.

Poids porté par une demi-ferme, 12 <sup>m</sup> 30 × 4,00 × 105.....	= 5 166 kil.
Cube approximatif d'une demi-ferme.....	1 400
Poids des pannes, liernes, etc.....	700
	<hr/>
	7 266 kil.

soit, net : P = 7 500 kilogrammes.

L'équarrissage de l'arbalétrier est alors donné par la formule.

$ab^2 = 0,000\ 001\ 04 \times 7\ 500 \times 10$

Si nous prenons  $a = 0^m20$ , on a la valeur suivante pour  $b$  :

$b = 0^m62$

Pour le poteau, on a :

$ab^2 = 0,000\ 002\ 26 \times 7\ 500 \times 10$

On fait  $a = 0^m40$ , partagé entre les moises qui forment le poteau et on en déduit :

$b = 0^m65$

On partage cette épaisseur entre le poteau et la jambe de force en donnant à chacune de ces pièces 0<sup>m</sup>,20 de largeur et 0<sup>m</sup>,33 de hauteur.

Pour les arbalétriers inclinés à 3 de base pour 2 de hauteur et chargés de 400 kilogrammes par mètre courant de projection horizontale, M. Morin a dressé le tableau suivant qui sera utile dans bien des cas.

PORTÉE de LA FERME	ÉQUARRISSAGE							
	de L'ARBALÉTRIER		DES SOJS ARBALÉTRIERS ET AISSELERS		DE CHACUNE DES MOISES DES POTEAUX		de la JAMBE DE FORCE	
	mèt.	mèt.    mèt.	mèt.    mèt.	mèt.    mèt.	mèt.    mèt.	mèt.    mèt.		
24	0,20 et 0,25	0,20 et 0,20	0,125 et 0,25	0,20 et 0,25	0,20 et 0,25	0,20 et 0,25		
22	0,20 et 0,22	0,20 et 0,20	0,125 et 0,22	0,20 et 0,25	0,20 et 0,25	0,20 et 0,25		
20	0,20 et 0,20	0,20 et 0,20	0,125 et 0,20	0,20 et 0,25	0,20 et 0,25	0,20 et 0,25		
18	0,15 et 0,20	0,15 et 0,20	0,125 et 0,18	0,15 et 0,15	0,15 et 0,15	0,15 et 0,15		
16	0,15 et 0,18	0,15 et 0,15	0,125 et 0,18	0,15 et 0,15	0,15 et 0,15	0,15 et 0,15		
14	0,15 et 0,15	0,15 et 0,15	0,125 et 0,15	0,15 et 0,15	0,15 et 0,15	0,15 et 0,15		

M. Ardant a donné un tableau analogue que nous reproduisons ici. Ce tableau sert à calculer les dimensions des fermes dont nous donnons un croquis schématique (fig. 905).

PORTÉE des FERMES en MÈTRES	ÉQUARRISSAGE EN MÈTRES									ABAISSEMENT VERTICAL DU SOMMET DE LA FERME EN MÈTRES	DEPLACEMENT HORIZONTAL DU SOMMET DU POTEAU EN MÈTRES	
	DE L'ARC		de L'ARBALÉTRIER		de la MOITIÉ DES MOISES DU POTEAU		DE L'AISSELIER OU ENTRAIT		de la MOITIÉ D'UNE MOISE PENDANTE			
	mèt.	mèt. mèt.	mèt. mèt.	mèt. mèt.	mèt. mèt.	mèt. mèt.	mèt. mèt.	mèt. mèt.	mèt.			mèt.
24	0,20 × 0,40	0,20 × 0,40	0,12 × 0,41	0,16 × 0,16	0,15 × 0,12	0,04	0,020					
22	0,20 × 0,37	0,20 × 0,30	0,12 × 0,35	0,16 × 0,16	0,15 × 0,12	0,03	0,015					
20	0,20 × 0,35	0,20 × 0,28	0,12 × 0,32	0,16 × 0,16	0,15 × 0,10	0,03	0,015					
18	0,15 × 0,35	0,15 × 0,28	0,12 × 0,30	0,12 × 0,12	0,15 × 0,10	0,03	0,015					
16	0,15 × 0,35	0,15 × 0,26	0,12 × 0,27	0,12 × 0,12	0,12 × 0,08	0,02	0,010					
14	0,15 × 0,27	0,15 × 0,22	0,12 × 0,25	0,10 × 0,10	0,12 × 0,08	0,02	0,010					

Il est utile, pour tenir compte du tassement produit par le resserrement des assemblages, de doubler les chiffres contenus dans les deux dernières colonnes. Le tableau précédent donne des équarissages relativement forts et qui peuvent être réduits pour le cas de constructions

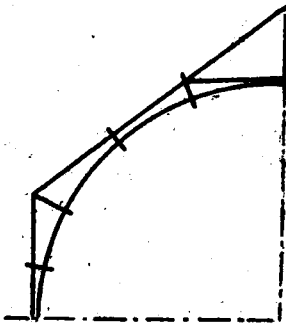


Fig. 905.

provisoires. Les arbalétriers sont, comme pour le tableau précédent, supposés inclinés à 3 de base pour 2 de hauteur et chargés de 400 kilogrammes par mètre courant de leur projection horizontale.

*Observations.* — Dans l'établissement des fermes en arc, il faut composer ces arcs de manière qu'ils aient le plus de raideur possible, car leur flexibilité est une cause de destruction. Pour les arcs en bois pliés, il faut prendre des lames

les plus longues et les plus épaisses possible, prodiguer les boulons et les frettes, éviter d'avoir des joints entre deux morceaux de lames consécutives sur les reins à l'intrados ou au sommet à l'extrados; augmenter le nombre des lames à l'endroit de la plus grande flexion qui est au  $\frac{1}{3}$  du  $\frac{1}{2}$  arc à partir du pied. Si l'arc se montre flexible, il faut le réunir aux arbalétriers par des moises normales à l'arc. Si l'arc a de la raideur et de la solidité, on placera les moises verticalement.

### X. — Calculs de résistance d'un comble démontable.

**578. Description sommaire.** — Chaque ferme de ce comble, dont nous avons donné le croquis (fig. 855), se compose :

1° De deux arbalétriers AA' en sapin sur lesquels viennent se fixer les pannes et les sablières supportant le voligeage et la couverture;

2° D'une série de bielles B, B', B'' en chêne pour celle du milieu et en sapin pour les autres. Ces bielles sont destinées à transmettre par compression, au tirant, les charges qui s'exercent sur l'arbalétrier.

3° D'une série de tirants C, C', C'' en fer rond de différents échantillons suivant les efforts qu'ils ont à supporter et destinés à soutenir l'entrait en plusieurs points de sa longueur;

4° D'un entrait en fer I réunissant ces pièces. Nous calculerons successivement cha-

cune de ces pièces suivant leur mode de résistance et les efforts auxquels elles sont soumises.

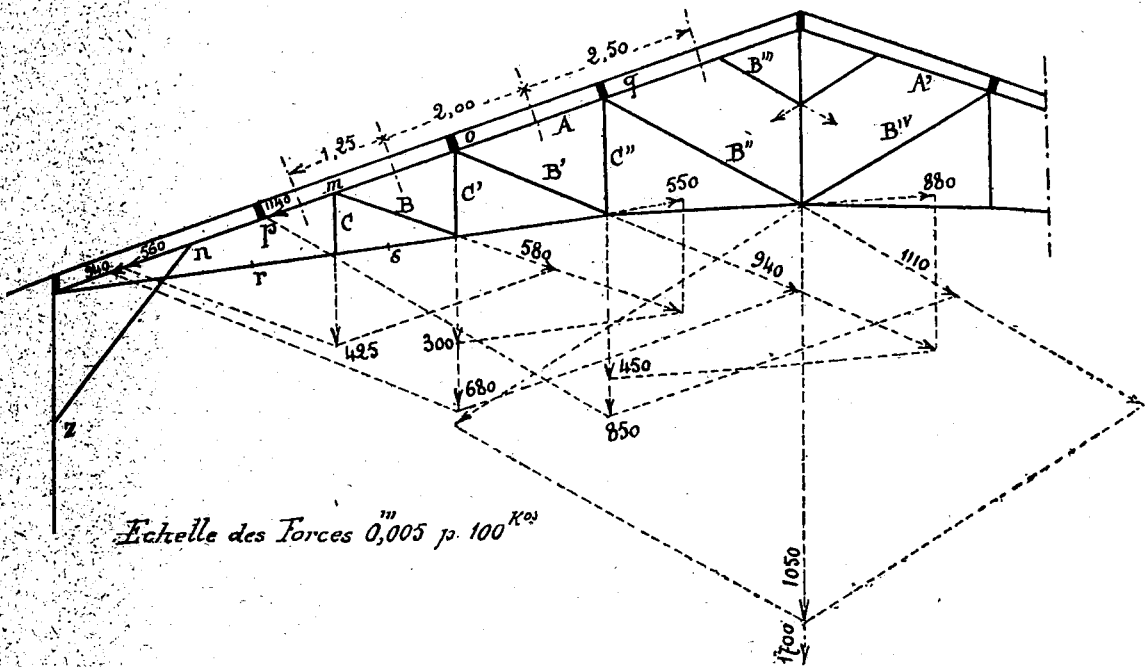


Fig. 906.

*Calcul des arbalétriers.* Les arbalétriers A et A' (fig. 906) ont à résister à deux sortes d'efforts :

- 1° Efforts de compression qui sont les plus importants ;
- 2° Efforts de flexion dans la partie mn, dus à l'action de la panne p.

1° *Calculs de la compression.* Prenons, en premier lieu, la charge permanente due à son poids et à la portion de charpente que chaque arbalétrier supporte.

	par mètre carré.
Charpente (fers et bois) .....	40 kil.
Couverture en tôle ondulée.....	10 —
Total.....	50 kil.

Outre cette charge, les arbalétriers supportent, par mètre carré, une surcharge accidentelle, due à l'action de la neige et du vent, que nous pouvons évaluer comme suit :

La surcharge due à la neige est estimée

à 25 kilogrammes et l'action du vent à 30 kilogrammes par mètre carré. Comme, ici, cette dernière pression se transmet horizontalement, on en déduira, pour la valeur de la pression par mètre carré s'exerçant normalement au comble :

$$p_1 = 30^k \times \sin \alpha$$

$p_1$  étant la pression normale et  $\alpha$  l'angle d'inclinaison du comble. En remplaçant  $\alpha$  par sa valeur  $\alpha = 21^\circ 49'$ , on a :

$$p_1 = 30 \times 0,37164 = 11^k,14$$

Soit net. 12 kilogrammes.

On a donc, pour la valeur de la surcharge :

$$p_2 = 25^k + 12^k = 37^k$$

Soit net, 40 kilogrammes par mètre carré et, pour la charge totale par mètre de toiture :

$$p_3 = 50 + 40 = 90 \text{ kilog.}$$

Or, l'écartement des fermes étant de

3<sup>m</sup>,70, la charge totale P par mètre courant d'arbalétrier sera donc :

$$90 \times 3,70 = 333 \text{ kilog.}$$

Soit net, P = 340 kilog.

Pour avoir maintenant l'effort de compression total qui s'exerce sur l'arbalétrier, il faut chercher, séparément, chacun des efforts de compression partiels qui se produisent aux points d'attache des bielles B, B', B'' sur l'arbalétrier.

*Effort vertical suivant le tirant*

$$C - 1^m,25 \times 340^k = 425 \text{ kil.}$$

$$C' - 2^m,00 \times 340^k = 680 \text{ —}$$

$$C'' - 2^m,50 \times 340^k = 850 \text{ —}$$

Si nous prenons, pour l'arbalétrier, la section représentée (fig. 907), on voit facilement que, en faisant la répartition de

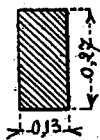


Fig. 907.

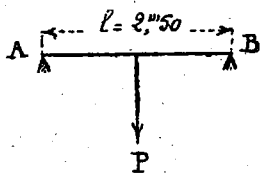


Fig. 908.

ces efforts entre l'arbalétrier et la bielle correspondante à chaque point C, C', C'', l'effort de compression est, pour l'arbalétrier :

en m de 560 kil.  
 en o de 940 —  
 en q de 1140 —

Total..... 2640 kil.

Pour être rigoureux, il faut ajouter, à ce chiffre, la compression transmise par la panne p en n, effort qui est égal à celui qui s'exerce en m, puisque la panne p est située sur le milieu de mn, soit donc 560 kilogrammes en plus. On a donc, en résumé, pour la compression totale de l'arbalétrier :

$$2640 + 560 = 3200 \text{ kil.}$$

Or, la section de l'arbalétrier est égale à :  
 $S = 0^m,13 \times 0^m,27 = 0^m^2,0351.$

L'effort de compression, par centimètre carré, sera donc :

$$\frac{3200}{351} = 9 \text{ kilogrammes environ,}$$

chiffre bien inférieur au coefficient de sé-

curité généralement admis pour le bois de sapin.

2° *Calcul de la flexion.* L'arbalétrier n'est véritablement soumis à la flexion que sur la portion mn de sa longueur. Il supporte en p (fig. 906), une charge qui a pour valeur :

$$340^k \times 2^m,50 = 850 \text{ kil.}$$

La charge étant à très peu près au milieu de la partie mn, on a, en considérant l'arbalétrier comme reposant librement sur deux points d'appui de niveau A, B (fig. 908) et étant soumis à un effort normal évalué comme suit :

$$p \text{ effort normal} = 850^k \times \cos \alpha = 850 \times 0,928 = 789$$

On a, pour le moment de flexion maximum :

$$p = \frac{1}{4} Pl = \frac{1}{4} 789 \times 2^m,50 = 492$$

Or, le profil de l'arbalétrier donne :

$$\frac{I}{V} = 0,00158.$$

On en déduit, pour la valeur de la résistance à la flexion par unité de section :

$$R = \frac{492}{0,00158} = 31 \text{ kil. par centim. carré.}$$

Le travail total de l'arbalétrier est donc égal :

Pour la compression..... par cent. carré. à 9 kil.  
 Pour la flexion ..... à 31 —

Total..... 40 kil.

chiffre très inférieur au coefficient de sécurité.

*Calcul des bielles ou contrefiches.* Si nous nous reportons à l'épure (fig. 906), nous trouvons, par la décomposition de forces faites précédemment, que les compressions qui s'exercent sur les bielles sont les suivantes :

Pour la bielle B : 550 kil.  
 — B' : 940 —  
 — B'' : 1110 —

Quant à la bielle B''', sa compression est négligeable, puisqu'elle ne supporte qu'une très faible partie de la longueur de l'arbalétrier.

Or, d'après les données (fig. 909), chacune de ces bielles a pour section :

Bielle B :  $0,07 \times 0,10 = 0^m^2,0070$   
 — B' :  $0,14 \times 0,10 = 0^m^2,0140$   
 — B'' :  $0,11 \times 0,15 = 0^m^2,0165$

On peut déduire de là, pour la valeur moléculaire de chaque pièce :

pour la bielle	par cent. carré de sect.
$B : R = \frac{580}{70} = 8 \text{ kil.}$	
$B' : R = \frac{940}{140} = 6 \text{ —}$	
$B'' : R = \frac{1\ 110}{165} = 8 \text{ —}$	

Chiffres beaucoup au-dessous du coefficient de sécurité adopté en pratique.

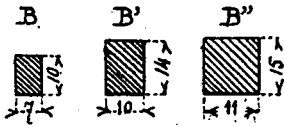


Fig. 909.

La contrefiche *nz* (fig. 906) est composée de deux pièces de  $\frac{20}{8}$ . Elle sert à empêcher l'angle formé par le poteau et l'arbalétrier de s'ouvrir.

*Calcul des tirants.* — Les tirants résistent tous à la traction dans ce cas. Le tirant C a à supporter une tension de 425 kilogrammes, plus un effort très faible qui comprend seulement la moitié du poids du fer à double I compris dans la partie *rs* = 2<sup>m</sup>,00. Le fer pesant 9 kilogrammes le mètre courant, nous aurons, en désignant par *t*<sub>0</sub> la tension de ce tirant C :

$$t_0 = 425 + (2^m \times 9^k) = 443 \text{ kil.}$$

Quant aux deux autres tirants C' et C'', ils supportent non seulement la tension transmise par les pannes, mais encore celle qui s'exerce à leur partie inférieure par l'intermédiaire des bielles. En examinant l'épure, on voit comment s'opère la décomposition des forces et on a, pour tension totale des tirants :

pour le tirant C' :

$$\text{tension} = 680^k + 300 = 980 \text{ kil.}$$

Pour le tirant C'' :

$$\text{tension} = 850^k + 450 = 1300 \text{ kil.}$$

Or, les sections des tirants sont les suivantes :

C (diamètre 0 <sup>m</sup> 018)	S = 0,000254
C' ( — 0 <sup>m</sup> 020)	S' = 0,000314
C'' ( — 0 <sup>m</sup> 022)	S'' = 0,000380

d'où la résistance du fer :

Tirants	Par mil. c.
$C : R = \frac{443}{254} = 1^k,17$	
$C' : R = \frac{980}{314} = 3^k,10$	
$C'' : R = \frac{1300}{380} = 3^k,40$	

chiffres au-dessous du coefficient de sécurité généralement admis pour le fer. Ces chiffres offrent donc toute garantie de résistance.

*Calcul de l'entrait.* — Comme nous le savons, l'entrait est formé d'un fer I, dont les dimensions sont indiquées par le croquis (fig. 910). Ce tirant résiste à la traction. Quant à la flexion, elle est négligeable eu égard au rapprochement des points de suspension. L'épure montre qu'il est soumis, vers les parties inférieures des bielles C et C', à des tractions de :

A l'extrémité de la bielle C' :	550 kil.
— — — C'' :	880 —

$$\text{Total. . . . } 1438 \text{ kil.}$$

Soit net, 1450 kilogrammes.

Or, l'entrait ayant pour section le I représenté (fig. 910), sa surface sera :

$$S = 0,009 \times 0,043 \times 2 + 0,082 \times 0,005$$

$$S = 0,001184$$

Cette surface permettra de trouver la valeur de l'effort de traction par unité de section

$$R = \frac{1450}{0,001184} = 1^k,3$$

par millimètre carré de section.

Chiffre qui donne évidemment toute garantie de sécurité.

*Calcul du poinçon.* — Le poinçon résiste à la traction. L'effort qu'il supporte se compose de :

1° Effort transmis par les bielles ou contrefiches B' B'';

2° Effort transmis par le faitage.

Or, d'après l'épure, le premier de ces efforts est égal à 1 050 kilogrammes et le deuxième à 5<sup>m</sup>,00 × 340<sup>k</sup> = 1 700 kilogrammes (5<sup>m</sup>,00 étant le développement du comble qui pèse sur le faitage et 340<sup>k</sup> le poids sur un mètre courant d'arbalétrier), ce qui donne un total de 2 750 kilogrammes.

Or, la section du poinçon dont les dimensions sont indiquées (fig. 911) est la suivante :

$S = 0,14 \times 0,16 = 0^m,0224$   
On déduit de là, pour l'effort de traction par unité de section :

$$\frac{2750}{224} = 12 \text{ kil. par centimètre carré.}$$

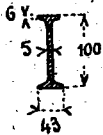


Fig. 910.



Fig. 911.

*Calcul des pannes.* — Nous savons que la charge par mètre carré, qui s'exerce sur la toiture, est de 90 kilogr. Soit, par mètre courant de panne,  $90 \times 3 = 270^k$  verticalement. La pression normale, par mètre courant, est :

$$270^k \times \cos. \alpha = 270 \times 0,928 = 251$$

Le moment fléchissant maximum qui s'exerce au milieu de la panne est :

$$M = \frac{1}{8} p l^2 = \frac{1}{8} 251 \times 3,70^2 = 430$$

Or, le profil de la panne (fig. 912) donne pour valeur de  $\frac{I}{v}$  :

$$\frac{I}{v} = 0,00066. \text{ Donc,}$$

$$R = \frac{430}{0,00066} = 65 \text{ kil. par cent. carré.}$$

Si on les suppose en chêne, elles seraient suffisantes, puisque le coefficient pour le chêne peut atteindre  $80^k$  par centimètre carré.

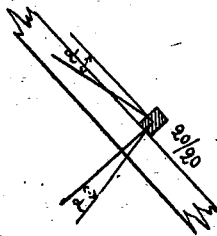


Fig. 912.

*Calcul des poteaux supportant la ferme.*  
Le poids d'une ferme entière serait :

$$22^m,00 \times 340^k = 7480^k$$

Or, chaque poteau reçoit le poids d'une  $1/2$  ferme, soit,

$$\frac{7480}{2} = 3740^k.$$

Si nous supposons au poteau une section de  $0,22 \times 0,22$ , sa section sera :

$$s = 0,22 \times 0,22 = 0,0484$$

Et, par suite, la pression par centimètre carré sur ce poteau sera

$$R = \frac{3740}{484} = 8^k \text{ environ par cent. carré.}$$

## XI. — Stabilité d'une flèche d'église.

**579.** Pour trouver l'équilibre des flèches d'églises représentées, par exemple, par les croquis (fig. 817 et 822), il faut, tout d'abord, chercher si le poids seul de chaque flèche est capable de faire équilibre à la pression du vent. Prenons, comme exemple de calcul, la flèche représentée (fig. 817) qui a  $10^m,80$  de hauteur et  $4^m,20$  de largeur à la base, d'axe en axe des petits pans coupés. La surface offerte à la poussée du vent sera un triangle de  $10^m,80$  de hauteur et de  $4^m,20$  de base. La surface de ce triangle est donc :

$$4,20 \times \frac{10,80}{2} = 22^m,68$$

soit net, 23 mètres carrés.

Si nous supposons que le vent donne une pression de 200 kilogrammes par mètre carré, la pression totale sur le triangle considéré sera :

$$23 \times 200^k = 4600 \text{ kil.}$$

Cette pression a un bras de levier d'environ le  $1/3$  de la hauteur de la flèche, soit

$$\frac{10,80}{3} = 3^m,60.$$

Le moment de la force qui agit est donc :

$$4600 \times 3,60 = 16560.$$

Le poids du comble, couverture comprise, peut, comme nous l'indiquons ci-après, être évalué à 2760 kilogrammes. Le cube de bois par mètre superficiel de couverture pour une flèche de cette forme est d'environ  $0^m,030$ , ce qui donne un poids d'environ 30 kilogrammes par mètre carré de surface couverte. Or, nous avons vu que la surface du triangle est de 23 mètres carrés. Donc la surface totale sera :

$$23 \times 4 = 92 \text{ mètres carrés.}$$



Donc, le poids total de la charpente employée sera :

$$92 \times 30 = 2\ 760 \text{ kil.}$$

D'autre part, la couverture de cette flèche étant appuyée en ardoises, nous pouvons adopter le poids de 30 kilog. par mètre superficiel pour ce genre de couverture, ce qui nous conduit à une charge de :

$$92 \times 30^k = 2\ 760 \text{ kil.}$$

Soit donc un poids total de :

$$2\ 760 \times 2 = 5\ 520 \text{ kil.}$$

Ce poids agit avec un bras de levier de 1<sup>m</sup>,75, moitié de la distance entre deux points d'appui. Le moment est donc égal à :

$$5\ 520 \times 1,75 = 9\ 660.$$

Ce nombre étant plus petit que celui qui a été trouvé précédemment, c'est-à-dire 16 560, il y aura tendance au renversement mesuré par la différence de ces deux nombres, soit :

$$16\ 560 - 9\ 660 = 6\ 900.$$

La flèche venant, par suite de cet effort, à s'incliner autour de la base de l'un des quatre triangles formant son contour, il y aurait renversement s'il n'existait pas de forts boulons solidement amarrés à un plancher inférieur ou fixés directement dans la maçonnerie, en contrebas de la première enrayure. Pour empêcher tout mouvement, il faut donc que la résistance de ces boulons fasse équilibre à l'excédent de force trouvée ci-dessus et qui tend à produire le renversement. Or, d'après le plan de la première enrayure (fig. 819), nous remarquons qu'il y a quatre boulons. S'il y a renversement, deux au moins de ces boulons travailleront ensemble. La résistance déterminée ci-dessus, ayant un bras de levier égal à la distance mesurée par la longueur AB (fig. 819) ou une autre pièce analogue, moins la longueur d'un des scellements dans le mur, soit 5,50 — 0<sup>m</sup>,40 = 5,10, sera égale à :

$$\frac{6\ 900}{5,10} = 1\ 350 \text{ kil.}$$

Donc, chacun des boulons supportera un effort de tension de :

$$\frac{1\ 350}{2} = 675 \text{ kil.}$$

Or, nous trouvons dans le tableau de

Sciences générales.

la page 81 de ce traité de charpente que le poids de 675 kilogrammes répond à un boulon ayant de 18 à 20 millimètres de diamètre. Nous prendrons 20 millimètres. Donc, d'après cela, deux boulons de 20 millimètres de diamètre bien scellés suffiront pour éviter le renversement. Si ces boulons sont fixés sur une poutre de plancher elle-même scellée dans la maçonnerie, il faudra évidemment calculer cette poutre pour résister à un effort de flexion équivalent au nombre ci-dessus et cet effort appliqué à l'endroit même où le boulon se trouvera fixé sur la poutre.

## XII. — Stabilité d'un beffroi en charpente.

580. Supposons un beffroi construit pour trois cloches dont les poids sont les suivants :

Grande cloche pesant. ....	1 400 kil.
2 petites cloches pesant chacune 600 kilogrammes. ....	1 200 —

Ensemble..... 2 600 kil.

Nous savons, d'après la construction même d'un beffroi, que le poids total de ces trois cloches se répartit sur deux planchers juxtaposés dont les poutres sont placées à angle droit. Le plancher bas, par exemple, sera formé de poutres en chêne ayant 0,28 × 0,28 d'équarrissage et le plancher haut de trois poutres carrées de 0<sup>m</sup>22 de côté. Nous allons vérifier si ces données sont suffisantes. La charge totale 2 600 kilogrammes se trouvant répartie sur cinq poutres doit être augmentée d'un certain nombre pour tenir compte du poids des hommes qui peuvent se trouver sur le beffroi, du poids propre de la charpente, plus un certain poids pour tenir compte de l'effort produit pendant la manœuvre des cloches. Nous évaluerons ces nombres comme suit :

Poids de deux hommes....	160 kil.
Poids de la charpente.....	800
Manœuvre des cloches.....	300

Ensemble..... 1 260 kil.

Soit donc un poids total de 2 600 + 1 260 = 3 860 kilogrammes. Supposons le plancher inférieur calculé pour porter ce poids total maximum. Dans ces condi-

tions, chaque poutre portera, en son milieu, un poids de :

$$\frac{3\ 860}{2} = 1\ 930 \text{ kil.}$$

Supposons une portée de 4 mètres pour ces poutres. Nous aurons à appliquer la formule :

$$\mu = \frac{Pl}{4} = R \frac{I}{V} \quad (4)$$

dans laquelle  $P = 1\ 930$  kilogrammes et  $l = 4$  mètres. En remplaçant ces lettres par leurs valeurs, la formule précédente devient :

$$\mu = \frac{1\ 930 \times 4}{4} = 1\ 930.$$

Portons cette valeur de  $\mu$  dans la formule (4) et nous aurons :

$$1\ 930 = R \frac{I}{V}.$$

Comme nous avons supposé  $0,28 \times 0,28$  pour les dimensions des poutres du plancher inférieur du beffroi, il nous sera facile de trouver la valeur de  $\frac{I}{V}$ , sachant que

$\frac{I}{V} = \frac{a^3}{6}$ , la poutre étant à section carrée et  $a = 0,28$  étant le côté de ce carré. Nous aurons donc :

$$\frac{I}{V} = 0,0037$$

La valeur du coefficient de sécurité  $R$  devient alors :

$$R = \frac{1\ 930}{0,0037} = 521\ 622 \text{ kil. par mètre carré.}$$

Cette pièce de bois étant en chêne, présente donc une grande sécurité, même pour cette charge maximum, le chêne fort pouvant travailler, comme nous le savons, à 80 kilogrammes par centimètre carré.

Le plancher supérieur du beffroi ne

porte que les deux petites cloches et est composé de trois poutres, la plus chargée étant évidemment celle du milieu qui portera le poids entier d'une cloche, soit 600 kilogrammes, plus les surcharges que nous prendrons un peu moindres que la moitié de 1 260 kilogrammes, chiffre trouvé précédemment, parce que le poids de la charpente inférieure est à déduire. Prenons donc 500 kilogrammes comme surcharge. Le poids total qui agira sur cette poutre intermédiaire sera donc :

$$600 + 500 = 1\ 100 \text{ kil.}$$

Supposons aussi une portée de 4 mètres pour cette poutre. En employant encore la formule (4) dans laquelle nous ferons  $P = 1\ 100$  kilogrammes et  $l = 4$  mètres, nous en déduirons directement la valeur suivante pour  $\mu$

$$\mu = \frac{1\ 100 \times 4}{4} = 1\ 100,$$

remplaçant, comme précédemment,  $\mu$  par sa valeur dans la formule (4), nous aurons :

$$1\ 100 = R \frac{I}{V}$$

Les dimensions de cette poutre étant  $0^m22 \times 0^m22$ , la valeur de  $\frac{I}{V}$  est la suivante :

$$\frac{I}{V} = 0,0018.$$

Donc,

$$R = \frac{1\ 100}{0,0018} = 611\ 111 \text{ kil. par mètre carré.}$$

Chiffre très acceptable. En pratique, on soulage le plus souvent les poutres qui soutiennent les cloches par des contre-fiches ou croix de Saint-André, comme nous l'avons indiqué dans les croquis de beffrois donnés (fig. 833, 834 et 835). Les dimensions des pièces peuvent alors se réduire beaucoup.

§ VI. — CALCUL DES SUPPORTS VERTICAUX

DESTINÉS A PORTER LES FERMES

**581.** Les supports des charpentes en bois sont le plus souvent formés au moyen de poteaux en bois de forme carrée; mais on emploie aussi les colonnes en fonte et, plus rarement, les supports en fer.

Les charges de sécurité varient selon la nature et la qualité des corps employés dans les constructions; elles varient encore avec le degré de solidité exigé par ces dernières. Dans les cas ordinaires de la pratique et pour les supports très courts, voici les données qui sont presque généralement admises :

Pour le bois, l'écrasement a lieu vers des pressions variant de 400 à 450 kilogrammes par centimètre carré et il est prudent de ne charger les supports que du septième environ de cette charge d'écrasement. Certains constructeurs limitent la charge de sécurité au dixième seulement de la charge de rupture, pour les constructions qui doivent offrir une grande solidité, et la portent au cinquième pour les constructions provisoires.

On aurait donc, pour les bois de chêne de bonne qualité ainsi que pour les bois de sapin du nord, rouges et blancs, les charges de sécurité suivantes :

DÉSIGNATION	PAR CENTIMÈTRE CARRÉ
Constructions de grande solidité	40 à 50 kil.
— provisoires.....	80 à 100 —

**582.** M. Ardant, qui a fait de nombreuses expériences à ce sujet, admet :

CHÊNE	PAR CENTIMÈTRE CARRÉ
Pour les bois ordinaires grossièrement équarris.....	70 kil.
Pour les bois de choix bien équarris.....	80 —
Pour les bois sans défauts à vives arêtes.....	100 —

Pour les bois de chêne dont les pores sont très ouverts, les fibres très lâches, ainsi que pour les bois de sapin des Vosges et le peuplier, il faudrait limiter les charges à 40 ou 50 kilogrammes au plus par centimètre carré et, comme ces bois sont susceptibles de s'échauffer très promptement sous l'influence d'un air humide ou chargé de vapeurs acides, il faut éviter de les placer dans ces conditions.

Lorsque, dans un support, le rapport  $\frac{l}{d}$  de la longueur au diamètre atteint une certaine valeur, ce support plie avant de se rompre et sa résistance décroît à mesure que sa longueur augmente.

**583.** D'après Rondelet, un support en bois qui offre un rapport  $\frac{l}{d} = 7$  à 8 plie avant de rompre.

D'après d'autres auteurs, la résistance serait sensiblement la même depuis  $\frac{l}{d} = 1$  jusqu'à  $\frac{l}{d} = 10$ .

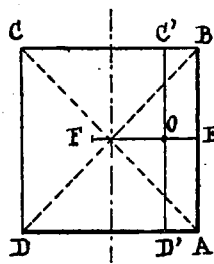


Fig. 913.

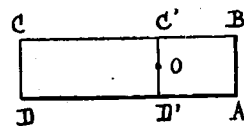


Fig. 914.

Quelques auteurs prétendent aussi que depuis  $\frac{l}{d} = 1$  jusqu'à  $\frac{l}{d} = 3$ , la résistance d'un support en fer est sensiblement la même.

Rondelet dit qu'un support en fer plie avant de rompre dès que le rapport  $\frac{l}{d} = 3$ .

Il peut arriver qu'un support ne soit pas chargé directement en son milieu et que les efforts exercés sur lui se résument en un effort total P (fig. 913), appliqué en un point O; situé entre le centre et le périmètre de sa section. On admet, d'après les connaissances acquises sur l'élasticité des corps, que la pression sur un plan ABCD décroît de E en F, et que l'élément ABC'D' supporte une pression égale aux  $\frac{2}{3}$  de la pression totale. Il faut donc que cet élément soit assez grand pour résister à cette pression  $\frac{2}{3}$  P.

Il est très important de diriger les efforts dans la direction de l'axe du support et de prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter le déversement de son assiette.

Les supports à section carrée et surtout ceux à section circulaire sont ceux où la matière est le mieux distribuée pour résister aux efforts de compression. Les supports à section rectangulaire, quand les côtés diffèrent sensiblement de grandeur, offrent moins de sécurité que les premiers relativement à la résistance de compression, parce que la résistance du

support ayant été calculée pour une section ABCD (fig. 914), si, accidentellement, l'effort venait à agir en O, l'élément ABC'D' se trouverait surchargé au point d'amener souvent la rupture du support.

Dans le calcul des charges, on fait abstraction du poids propre des supports, parce que, généralement, pour ceux qui sont en bois, ce poids est assez faible, relativement à leur résistance pour qu'il soit permis de le négliger.

L'équilibre d'un support entre les résistances moléculaires et les efforts extérieurs qui s'exercent dans le sens de sa longueur pour le comprimer, peut s'exprimer par la relation suivante :

$$RS = P$$

dans laquelle :

R est la résistance du support à l'unité de surface de sa section transversale ;

S, l'aire de cette section, égale à  $ab$  ou  $b^2$ , selon que cette section est rectangulaire ou carrée ;

P, l'effort de compression longitudinale, en kilogrammes, auquel le support doit résister sans altérer son élasticité naturelle.

**584.** Le tableau suivant donne, pour le chêne et le sapin, les poids que peuvent supporter, en kilogrammes, chaque centimètre carré de la section transversale du poteau.

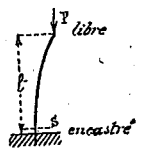
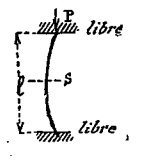
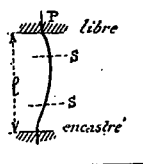
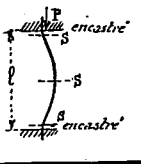
*Nombre de kilogrammes dont on peut charger avec sécurité chaque centimètre carré de la section transversale (moyenne) d'un poteau dans les conditions suivantes :*

NATURE DES BOIS	RAPPORT DE LA LONGUEUR A LA PLUS PETITE DIMENSION					
	AU DESSOUS de 12	AU DESSUS de 12	AU DESSUS de 24	AU DESSUS de 48	AU DESSUS de 60	
Chêne fort .....	kilog. 30.00	kilog. 25.00	kilog. 15.00	kilog. 5.00	kilog. 2.50	
Chêne faible .....	19.00	8.40	5.60	»	»	
Sapin jaune ou rouge .....	37.50	31.00	18.70	7.50	»	
Sapin blanc .....	9.70	8.20	4.90	»	»	
	LA LONGUEUR VALANT LA PLUS PETITE DIMENSION					
	1 fois	12 fois	24 fois	36 fois	48 fois	60 fois
Chêne fort .....	kilog. 45.00	kilog. 37.00	kilog. 22.00	kilog. 15.00	kilog. 7.50	kilog. 3.75
Chêne faible .....	30.00	25.00	15.00	10.00	5.00	2.50
Sapin blanc .....	48.00	40.00	24.00	16.00	8.00	4.00

**585.** Un solide prismatique de section  $\omega$ , dont la matière répond au coefficient pratique  $R$ , résistera à un effort de compression  $N = R\omega$ , à condition que le rapport de la longueur du solide à la plus petite des autres dimensions ne soit pas trop considérable. Lorsque ce

rapport dépasse les nombres du tableau ci-dessous, le solide tend à fléchir et à se rompre dans les sections marquées dans les figures par un trait pointillé. Ce tableau donne les formules par lesquelles on obtient la charge de rupture  $P$ .

**586.** Tableau de la résistance à la rupture des prismes chargés debout.

DISPOSITION des PRISMES (La lettre S indique les sections dangereuses)				
Charge de rupture.....	$P = \frac{\pi^2 EI}{4 l^2}$	$P = \pi^2 \frac{EI}{l^2}$	$P = 2\pi^2 \frac{EI}{l^2}$	$P = 4\pi^2 \frac{EI}{l^2}$
Valeurs de l pour le bois..	6d   7h	11,5d   13,5h	16d   19h	23d   27h

Dans ce tableau :

E désigne le coefficient d'élasticité ;

I, le moment d'inertie de la section transversale ;

d, le diamètre dans le cas d'une section circulaire ;

h, la plus petite dimension dans le cas d'une section rectangulaire.

Pour avoir la charge pratique, on remplace, dans les formules, E par  $\frac{E}{10}$  à  $\frac{E}{12}$  pour le bois.

**587.** M. -E. Hodgkinson a fait quelques expériences sur des poteaux en bois, dont la longueur a varié de trente à quarante cinq fois le côté ou le plus petit côté de la section transversale, et il a reconnu que ses résultats étaient assez bien représentés, selon que la section est carrée ou rectangulaire, par la formule :

$$P = K \frac{b^4}{l^2} \text{ ou } P = K \frac{ab^3}{l^2}$$

dans laquelle :

P est la résistance à la rupture du poteau en kilogrammes ;

K est un coefficient constant que M. Hodgkinson a trouvé égal à 2 565 pour le chêne de Dantzick.

b est le côté de la section carrée ou pe-

tit côté de la section rectangulaire du poteau, en centimètres ;

a est le grand côté de la section rectangulaire, en centimètres ;

l est la hauteur du poteau en décimètres.

Dans les formules précédentes, on admettra que :

K = 2 565 pour le chêne fort ;

K = 1 800 pour le chêne faible ;

K = 2 142 pour le sapin rouge, le sapin blanc fort et le pin résineux ;

K = 1 600 pour le sapin blanc faible et le pin jaune.

Pour ne faire travailler les pièces qu'au dixième de la charge de rupture, il suffit simplement de diviser par 10 les valeurs précédentes de K.

Le produit  $ab^3$  étant maximum, lorsque  $a = b$ , les formules précédentes montrent que, pour une même hauteur l et une même section ab, le poteau à section carrée est le plus résistant.

I. — Tableaux pour le calcul des poteaux à section carrée

**588.** Dans les tableaux qui suivent et qui donnent les charges pratiques qu'on

TABLEAU N° 1.

**589.** Charges pratiques des poteaux en bois à section carrée pour les hauteurs suivantes :

COTÉ du carré en centimètres	HAUTEUR DES POTEAUX (chêne et sapin faible) 40 KILOS PAR CENTIMÈTRE CARRÉ								
	2 mètres	3 mètres	4 mètres	5 mètres	6 mètres	7 mètres	8 mètres	9 mètres	10 mètres
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
10	2 300	1 650	1 000	»	»	»	»	»	»
11	3 000	2 200	1 450	»	»	»	»	»	»
12	3 900	2 800	1 950	1 250	»	»	»	»	»
13	4 900	3 500	2 600	1 300	»	»	»	»	»
14	5 000	4 400	3 300	2 400	»	»	»	»	»
15	7 100	5 400	4 000	3 100	2 300	»	»	»	»
16	8 300	6 500	5 000	3 800	2 900	»	»	»	»
17	9 700	7 700	5 950	4 600	3 600	»	»	»	»
18	11 000	8 900	7 000	5 500	4 300	3 500	»	»	»
19	12 700	10 300	8 200	6 400	5 100	4 200	»	»	»
20	14 300	11 800	9 500	7 600	6 200	5 000	»	»	»
21	15 850	13 400	11 000	9 000	7 200	6 000	5 000	»	»
22	17 9 0	15 100	12 500	10 300	8 400	6 900	5 700	»	»
23	»	16 800	14 100	11 600	10 900	8 000	6 700	»	»
24	»	18 500	15 800	13 100	12 400	9 100	7 700	6 000	»
25	»	»	17 800	14 900	14 000	10 400	8 800	7 500	»
26	»	»	»	16 800	16 000	11 800	10 000	8 400	»
27	»	»	»	19 000	17 700	13 300	11 300	9 600	8 500
28	»	»	»	»	»	15 000	12 800	10 800	9 400
29	»	»	»	»	»	16 700	14 500	12 200	10 700
30	»	»	»	»	»	18 700	16 000	14 000	12 000

TABLEAU N° 2.

**590.** Charges pratiques des poteaux en bois à section carrée pour les hauteurs suivantes :

COTÉ du carré en centimètres	HAUTEUR DES POTEAUX (chêne fort) 60 KILOS PAR CENTIMÈTRE CARRÉ								
	2 mètres	3 mètres	4 mètres	5 mètres	6 mètres	7 mètres	8 mètres	9 mètres	10 mètres
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
10	3 500	2 400	1 500	»	»	»	»	»	»
11	4 500	3 200	2 100	»	»	»	»	»	»
12	5 900	4 200	2 900	1 850	»	»	»	»	»
13	7 400	5 300	3 800	2 700	»	»	»	»	»
14	8 900	6 600	4 900	3 500	»	»	»	»	»
15	10 600	8 000	6 000	4 500	3 400	»	»	»	»
16	12 500	9 700	7 350	5 600	4 400	»	»	»	»
17	14 500	11 500	8 800	6 800	5 400	»	»	»	»
18	16 500	15 400	10 500	8 100	6 400	5 600	»	»	»
19	19 000	17 600	12 200	9 600	7 700	6 200	»	»	»
20	21 500	20 000	14 300	11 400	9 200	7 500	»	»	»
21	23 800	22 600	16 500	13 400	10 800	8 800	7 350	»	»
22	26 900	25 200	18 700	15 400	12 500	10 300	8 500	»	»
23	»	28 000	21 100	17 500	14 500	12 000	10 000	»	»
24	»	»	23 800	19 700	16 400	13 700	11 500	9 600	»
25	»	»	26 700	22 300	18 500	15 600	13 200	11 200	»
26	»	»	»	25 200	21 000	17 700	15 000	12 700	»
27	»	»	»	28 000	23 900	20 000	17 000	14 500	12 700
28	»	»	»	»	26 600	22 500	19 300	16 300	14 200
29	»	»	»	»	»	25 000	21 600	18 400	16 000
30	»	»	»	»	»	28 000	24 000	21 000	18 000

TABLEAU N° 3.

591. Charges pratiques des poteaux en bois à section carrée pour les hauteurs suivantes :

COTÉ du carré en centimètres	HAUTEUR DES POTEAUX (sapin fort) 50 KILOS PAR CENTIMÈTRE CARRÉ								
	2 mètres	3 mètres	4 mètres	5 mètres	6 mètres	7 mètres	8 mètres	9 mètres	10 mètres
10	2 900	2 100	1 300	»	»	»	»	»	»
11	3 700	2 700	1 800	»	»	»	»	»	»
12	4 900	3 500	2 500	»	»	»	»	»	»
13	6 200	4 400	3 200	2 300	»	»	»	»	»
14	7 400	5 550	4 100	3 000	»	»	»	»	»
15	8 800	6 700	5 000	3 750	2 900	»	»	»	»
16	10 400	8 200	6 200	4 700	3 700	»	»	»	»
17	12 100	9 600	7 400	5 700	4 500	»	»	»	»
18	13 750	11 150	8 800	6 800	5 400	4 200	»	»	»
19	15 850	12 900	10 200	8 000	6 400	5 200	»	»	»
20	17 900	14 700	11 900	9 500	7 700	6 300	»	»	»
21	19 800	16 200	13 800	11 200	9 050	7 400	6 200	»	»
22	22 400	18 900	15 600	12 800	10 500	8 600	7 100	»	»
23	»	21 000	17 500	14 600	12 000	10 000	8 300	»	»
24	»	24 000	19 800	16 400	13 700	11 400	9 500	8 000	»
25	»	»	22 200	18 600	15 500	13 000	11 000	9 300	»
26	»	»	»	21 000	17 500	14 800	12 500	10 600	»
27	»	»	»	»	19 900	16 700	14 200	12 100	10 600
28	»	»	»	»	22 200	18 800	16 100	13 600	11 700
29	»	»	»	»	»	20 850	18 000	15 400	13 300
30	»	»	»	»	»	23 300	20 000	17 500	15 000

TABLEAU N° 4.

592. Charges pratiques des poteaux en bois à section circulaire pour les hauteurs suivantes :

DIAMÈTRE en centimètres	SURFACE en centimètres carrés	CHARGES DE SÉCURITÉ DES POTEAUX POUR HAUTEURS EN MÈTRES DE								
		2=00	2=50	3=00	3=50	4=00	5=00	6=00	7=00	8=00
10	78.53	2 827	2 435	2 042	1 649	1 257	785	393	196	»
11	95.03	3 602	3 162	2 737	2 300	1 865	1 166	734	389	»
12	113.09	4 455	3 980	3 506	3 042	2 563	1 622	1 131	660	377
13	132.73	5 535	4 884	4 380	3 862	3 349	2 328	1 580	1 072	613
14	153.93	6 704	5 880	5 236	4 772	4 222	3 123	2 089	1 539	990
15	176.71	8 076	6 950	6 362	5 831	5 125	4 064	2 827	2 033	1 502
16	201.06	9 550	8 324	7 439	6 836	6 233	5 026	3 619	2 614	2 011
17	226.98	11 349	9 941	8 739	8 171	7 490	5 901	4 766	3 632	2 611
18	254.46	12 469	11 476	10 051	9 288	8 576	7 125	5 777	4 326	3 308
19	283.52	13 893	13 042	11 341	10 633	9 923	8 421	6 947	5 458	3 969
20	314.15	16 336	14 923	13 198	12 095	11 310	9 739	8 168	6 597	5 026
21	346.36	18 011	16 625	15 136	13 646	12 815	11 153	9 525	7 966	6 234
22	380.13	21 287	18 626	17 220	15 205	14 445	12 658	10 834	9 123	7 450
23	415.47	24 098	20 358	19 112	17 367	16 037	14 251	12 464	10 802	8 725
24	452.38	26 238	22 167	21 488	19 633	17 824	15 834	14 024	12 214	10 269
25	490.87	29 452	25 525	23 562	21 598	19 635	17 671	15 708	13 744	11 781
26	530.92	31 856	28 525	25 485	24 157	21 556	19 512	17 521	15 397	13 273
27	572.55	36 644	32 063	28 055	26 338	24 047	21 414	19 352	17 015	14 886
28	615.75	39 408	34 482	30 788	29 248	26 908	23 399	21 274	19 088	16 902
29	660.51	42 273	36 989	34 347	31 705	29 063	25 628	23 581	21 071	18 494
30	706.85	45 239	42 412	36 757	33 929	32 303	27 801	25 447	23 086	20 711

peut faire supporter avec sécurité à des poteaux en chêne ou en sapin à section carrée, nous adoptons, comme charge pratique et par centimètre carré, les nombres suivants :

Pour le tableau n° 1, chêne faible et sapin faible, 40 kilogrammes par centimètre carré;

Pour le tableau n° 2, 60 kilogrammes par centimètre carré (chêne fort);

Pour le tableau n° 3, 50 kilogrammes par centimètre carré (sapin fort).

**593.** Le tableau n° 1 donne les charges pratiques qu'on peut faire supporter, en toute sécurité, à des poteaux en chêne ou en sapin sur des portées variant de 2 à 10 mètres et des équarrissages de 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,30 carrés.

Les éléments de ce tableau devront être employés pour les charpentes et pour les constructions ne nécessitant pas des bois de premier choix et de très bonne qualité.

**594.** Le tableau n° 2, ainsi que le suivant, sont réservés pour les bois de très bonne qualité (chêne et sapin) pouvant résister :

Le chêne à 60 kilogrammes par centimètre carré;

Le sapin à 50 kilogrammes par centimètre carré.

Emploi des tableaux n°s 1, 2, 3, au calcul des poteaux.

### Problème n° 1.

**595.** *Quelle doit être la section d'un poteau en bois (chêne faible) pouvant porter 6000 kilogrammes et ayant 7 mètres de longueur ?*

En nous reportant au tableau n° 1 et à la colonne 7 mètres, nous trouvons que, au nombre 6000, correspond un équarrissage de  $\frac{21}{21}$ .

### Problème n° 2.

**596.** *Quel est le poids que peut supporter avec sécurité un poteau carré de  $\frac{30}{30}$  en chêne fort et ayant 9 mètres de longueur ?*

En nous reportant au tableau n° 2 et en cherchant dans la première colonne

le nombre 30, puis suivant horizontalement jusqu'à la colonne 9 mètres, nous trouvons que le chiffre qui répond à la question est 21 000 kilogrammes.

II. — Poteaux dont la section est rectangulaire.

**597.** Pour un poteau à section rectangulaire, on calcule d'abord la charge d'un poteau carré dont l'équarrissage serait le plus petit côté de sa section et ensuite on multiplie le résultat par le rapport des deux dimensions de la section transversale.

### Problème n° 3.

**598.** *Quelle charge peut supporter un poteau rectangulaire (sapin fort) de 5 mètres de hauteur dont l'équarrissage est  $\frac{18}{22}$  ?*

On cherche dans le tableau n° 3 la charge d'un poteau carré de  $\frac{18}{18}$  à 5 mètres et l'on trouve 6 800 kilogrammes. On multiplie ensuite 6 800 kilogrammes ; par le rapport  $\frac{22}{18} = 1,22$ .

$$6\ 800 \times 1,22 = 8\ 296 \text{ kilogrammes.}$$

Ce résultat donne la charge que peut supporter un poteau rectangulaire de  $\frac{18}{22}$  ayant 5 mètres de hauteur.

**599.** *Observation.* — Si l'on a, par exemple, un poteau dont l'équarrissage soit  $0,36 \times 0,36$  et dont la longueur soit de 8 mètres, cet équarrissage ne se trouvant pas dans les tableaux précédents, on opère alors ainsi :

*Si toutes les dimensions d'un poteau (hauteur et côté de sa section transversale) sont réduites à moitié, la charge totale est réduite au quart.*

On cherche donc la résistance d'un poteau carré de 0,18 de côté et de 4 mètres de hauteur, ce qui, d'après le tableau n° 1, donne 7 000 kilogrammes.

Par suite, d'après l'observation précédente, la charge correspondant au poteau de 8 mètres de hauteur et de  $0,36 \times 0,36$  est quadruple de la précédente.

Donc,  $7\ 000 \times 4 = 28\ 000$  kilogrammes sera la charge que peut supporter un poteau de  $\frac{36}{36}$  d'équarrissage et de 8 mètres de longueur.



## III. — Poteaux cylindriques

**600.** Jusqu'à ce que la résistance des poteaux à section circulaire ait été déterminée par expérience, on peut la supposer égale à celle des poteaux de même hauteur et de section carrée équivalente. L'erreur qui en résulte ne peut être que faible et négligeable dans la pratique. Du reste, on emploie rarement les poteaux à section circulaire, si ce n'est pour les travaux provisoires, dans les travaux de mines où l'on fait souvent usage d'arbres légèrement écorcés.

Les bois à section circulaire s'emploient

pour les pilots. Ces pilots, enfoncés complètement en terre, se chargent de 30 à 35 kilogrammes, et même quelquefois plus, par centimètre carré de section.

**601.** Pour compléter les tableaux établissant les charges à faire supporter aux poteaux, nous avons donné un quatrième tableau de la résistance des supports isolés à section circulaire (bois de chêne ou de sapin rouge et blanc de bonne qualité).

Dans ce tableau, la résistance est calculée au 1/7 environ de la charge d'écrasement de 420 kilogrammes environ.

## CHAPITRE VI BIS

### EXÉCUTION DES OUVRAGES EN CHARPENTE. — ÉPURES

#### § I. — DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES

**602.** Lorsqu'on fait le projet d'une construction en charpente, on commence par établir, dans des proportions réduites, un dessin servant d'avant-projet, sur lequel on représente, par de simples lignes, les diverses pièces de bois qui doivent entrer dans la composition du système.

Lorsque ce premier dessin, ainsi exécuté au simple trait, semble remplir les conditions voulues, on indique, sur ce même tracé, par d'autres lignes parallèles aux premières, les épaisseurs des pièces de bois. Ces épaisseurs doivent évidemment être déterminées d'après les fonctions que les pièces ont à remplir dans la construction.

Dans cette indication des épaisseurs, on fait correspondre les axes des pièces aux lignes déjà tracées; ce premier tracé se fait au bureau et par l'architecte lui-

même. Ce dernier passe ensuite son dessin au maître charpentier qui est alors chargé d'étudier le mode d'assemblage propre à chaque pièce en raison du rôle qu'elle devra remplir dans l'ensemble du système. Il fait, en grandeur d'exécution, l'épure du petit tracé qui lui a été remis.

Dans cette épure, il décrit les assemblages d'une manière complète en même temps qu'il s'assure que les principes de l'art sont observés et que le travail qu'on lui demande est d'une exécution possible.

Sur une première épure, le maître charpentier trace les projections nécessaires et l'ensemble des masses solides qui constituent la construction: c'est ce qu'on peut appeler l'épure d'ensemble. Cela fait, on décompose cet ensemble et on étudie chacune des pièces formant l'assemblage de la construction. On prend à part chaque

pièce de bois et, par des projections, par rabattements, par des coupes, par des développements, etc., c'est-à-dire par des opérations de géométrie descriptive proprement dite, on prépare chacune des pièces de la construction : c'est ce qu'on nomme la *préparation du trait*.

Enfin, il reste à faire l'application du trait sur le bois. C'est une opération délicate qui doit être exécutée par des ou-

vriers spéciaux ayant à leur disposition de bons instruments, car ce travail réclame une main-d'œuvre très soignée. Il s'agit, en effet, en se servant de l'épure, de faire apparaître sur la pièce de bois brute les surfaces planes ou courbes qui, par leur contact aussi parfait que possible, permettront de bien assembler tous les éléments de la construction.

## § II. — EXÉCUTION DES OUVRAGES EN CHARPENTE

**603.** L'exécution d'un ouvrage quelconque en charpente exige une série de travaux préliminaires de la plus haute importance et qu'il est utile de détailler.

### I. — Dessins.

**604.** Dans presque tous les cas de la pratique, le projet d'une charpente se fait sur des dessins exécutés à une échelle assez petite pour tenir sur une feuille de papier, mais assez grande cependant pour permettre au constructeur d'y prendre les dimensions d'ensemble avec assez de précision.

Dans un dessin de charpente, les lignes les plus importantes sont évidemment les lignes d'axe, qu'on nomme aussi *lignes de voie* des pièces, et il faut coter avec soin les distances qui séparent ces lignes afin que le tracé, ainsi fait sur le papier, puisse, plus tard, servir à construire ce qu'on nomme l'*Ételon*.

Ce premier tracé étant effectué, on substitue, comme nous le savons, les dimensions d'équarrissage des pièces aux lignes géométriques du projet linéaire. On fait correspondre les axes des pièces à ces lignes à moins que celles-ci ne marquent quelques faces extérieures de la charpente à exécuter ou qu'elles ne doivent, pour une raison quelconque, être écartées à une distance donnée. Dans certains cas, on est obligé de dévoyer (1)

(1) *Dévoier une pièce de bois*, c'est établir son axe hors de la voie ou position qu'il semblerait naturel de lui faire occuper.

les axes des pièces pour rendre leurs assemblages exécutables et leur donner toute la solidité réclamée, si l'on n'a pas prévu, en traçant les premières lignes, l'espace qu'ils exigeront. Le projet étant ainsi mis au trait, il faut avoir soin d'indiquer, dans chacun des plans, l'emplacement des ferrures nécessaires pour consolider les assemblages et former un tout indéformable. Les équarrissages de chacune des pièces de charpente doivent être indiqués dans ce projet linéaire, afin que l'ouvrier chargé de l'exécution n'ait aucun calcul à faire.

### II. — Procédés d'exécution, Piqué des bois.

**605.** Dans presque tous les cas, les pièces de bois qui doivent servir dans une charpente ne sont pas préparées ou équarrées avec une précision suffisante pour qu'on puisse rapporter sur leurs faces, avec la règle et le compas, les lignes qui doivent déterminer leurs dimensions en longueur et la position [des assemblages]. Ces pièces étant le plus souvent très longues et d'un grand poids ne peuvent se manier facilement. En raison de toutes ces difficultés, les charpentiers ont créé un procédé tout particulier et s'appliquant à toutes les pièces de charpente. Ce procédé est connu sous le nom de *piqué des bois*. Nous aurons occasion d'y revenir.

Les lignes suivant lesquelles les faces, nommées *faces normales*, se rencontrent dans l'assemblage de deux pièces de bois sont les plus importantes à établir sur

chacune, car c'est à ces *lignes de joint* que se rattachent les détails des assemblages. Sur l'une des pièces, elles limitent l'étendue de la portée ou occupation de l'autre pièce et, sur celle-ci, elles marquent ses propres abouts. Si les pièces de bois étaient bien équarries, les lignes de joint seraient droites et perpendiculaires au plan des axes des pièces et à chacun de ceux des parements qui leur sont parallèles.

Donc, si un pan de charpente est supposé couché horizontalement sur des chantiers, de façon que le plan des axes des pièces de bois qui le composent soit de niveau en tous sens, toutes les lignes de joint sont verticales et un fil à plomb, qui peut leur être appliqué et qui coïncide parfaitement avec elles, est tangent en même temps aux deux faces normales formant par leur rencontre ces lignes de joint. C'est sur cette observation qu'est fondé le principe du *piqué de bois*.

Pour procéder, comme nous le verrons plus loin, au piqué des pièces d'un pan de charpente, on établit toutes les pièces composant ce pan à plomb au-dessus des places qu'elles doivent occuper dans ce pan et qu'on a marquées d'avance sur le sol. On fait porter ces pièces les unes sur les autres en les croisant suivant le dessin et de la longueur nécessaire à la coupe d'assemblage; elles sont maintenues de niveau et de dévers par des chantiers et des cales.

Les faces normales de toutes ces pièces sont dans les mêmes plans verticaux qu'elles occuperont lorsqu'elles seront assemblées dans le plan couché horizontalement. Il sera facile de marquer les lignes de joint sur les faces normales, car ce sont les tracés des prolongements des plans dans lesquels se trouvent ces faces. Un fil à plomb, placé tangentiellement à deux faces qui doivent se joindre, donnera le prolongement de ces faces et coïncidera sur chacune avec la ligne de joint qui doit y être tracée. On marquera sa position par deux points piqués sur chaque face avec la pointe d'un traceret ou celle d'un compas.

### III. — Ételon.

**606.** Avant d'indiquer le tracé simple

du piquage des bois, il est utile de donner la définition de l'ételon.

Lorsqu'un charpentier reçoit une étude de charpente tracée sur le papier et dont il doit faire l'exécution, il commence par faire, sur le sol du chantier qui doit être uni et horizontal, un tracé grandeur naturelle qui ne contient que les projections des lignes d'axe dont les distances sont fournies par le projet linéaire primitif : c'est ce qui constitue l'ételon.

En un mot, l'ételon est, en grand et tracé sur le sol, la copie exacte du projet à exécuter.

Après ce travail, le charpentier choisit des bois de la longueur et de l'équarrissage voulus et il les place sur l'ételon de manière que les axes de la pièce de bois soient exactement à plomb des lignes correspondantes de l'ételon. C'est ce qu'on appelle *mettre les pièces sur lignes*.

Les lignes d'axes des pièces doivent être rendues apparentes sur leurs faces. Cette opération se fait au cordeau et se nomme *le lignage des pièces*.

*Ligner une pièce*, c'est faire paraître la projection de son axe sur chaque face.

Chaque pan de charpente exige souvent, pour son exécution, un ételon particulier; mais, comme le plus souvent on manque d'espace dans les chantiers, et que, d'ailleurs on ne peut pas établir sur lignes tous les pans en même temps, surtout lorsque des pièces communes doivent figurer successivement dans plusieurs d'entre eux, les charpentiers ont admis l'usage de réunir tous les ételons des différents pans d'une même charpente en un seul.

### IV. — Trait rameneret.

**607.** Lorsqu'une pièce de bois est commune à plusieurs pans, comme le poteau cormier d'un pan de bois par exemple, on a soin de marquer des repères sur l'ételon et sur cette pièce afin qu'en l'établissant sur ligne, pour un pan, sa position soit d'accord, par rapport aux autres pièces, avec celle qu'elle doit avoir dans son établissement sur ligne, pour un autre pan. Le signe de repère dont les charpentiers font usage est appelé *trait*

*rameneret*, parce que lorsqu'on établit sur ligne une pièce de bois portant ce repère, on le *ramène* sur celui de l'ételon. Ce trait *rameneret* s'indique sur les pièces de bois, comme le montre la figure 915, par une ligne terminée par une croix à chaque extrémité.

Les traits *ramenerets* sont, sur les faces d'une pièce de bois, les traces d'un plan perpendiculaire à son axe, passant par un point convenablement choisi et, sur



Fig. 915.

les ételons, ils sont les traces de ce même plan situé verticalement pour les positions que peut avoir la pièce dans son établissement sur les lignes des différents pans.

Autant que possible, on place les traits *ramenerets* de façon qu'ils ne soient jamais cachés par l'établissement sur ligne d'aucune pièce, afin qu'on puisse, à tout instant, vérifier, s'il est besoin, la coïncidence des traits *ramenerets* des pièces avec ceux de l'ételon.

La figure 919 montre, en perspective cavalière, deux pièces de bois A et B établies au-dessus de l'ételon. Sur l'une des pièces A, par exemple, le trait *rameneret*  $xy$  est tracé perpendiculairement à sa ligne milieu  $aa'$ . De même, sur l'ételon, le trait *rameneret*  $xy$  est perpendiculaire à la ligne d'axe  $aa'$ . Donc : 1° mettre la pièce A sur ligne, ce sera faire en sorte que le fil à plomb, placé en  $a''$  et  $a'''$  sur la pièce tombe bien sur la ligne  $aa'$  de l'ételon ; 2° la mettre en outre sur son trait *rameneret*, c'est faire en sorte que le fil à plomb placé au point  $y'$  de la pièce A tombe bien sur la ligne  $xy$  ou trait *rameneret* de l'ételon.

Afin de faire bien comprendre ce que c'est que l'ételon, le piqué des bois et l'emploi du trait *rameneret*, nous allons en faire l'application à une charpente très simple.

Soit une charpente représentée en plan, élévation et vue de côté (fig. 916).

Comme il est facile de le voir, cette charpente contient quatre pans.

Le premier comprend les pièces E, A, A', D, C, C'; le second, les pièces D, K, K'; le troisième et le quatrième, qui sont semblables, comprennent, l'une les pièces

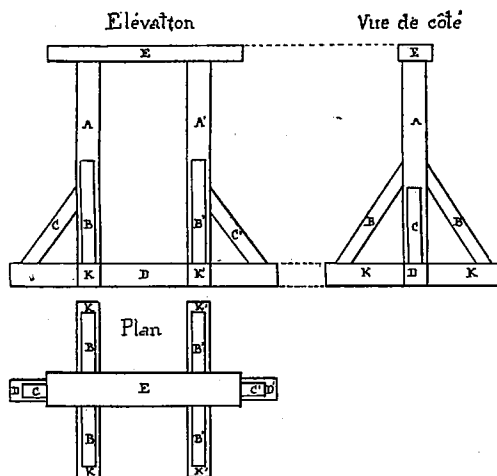


Fig. 916

A, K, B, B'; l'autre, les pièces A', K', B' B'. Il s'agit, avant tout, de tracer l'ételon relatif à chaque pan. Mais, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, comme il existe certaines pièces faisant partie de deux

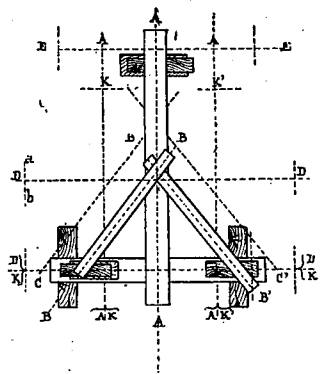


Fig. 917.

pan, comme aussi ces pièces pourraient être lourdes et difficiles à manier ; comme, enfin, l'espace est insuffisant le plus souvent, on a coutume de dresser les ételons

sur le même terrain préalablement bien uni et bien dressé. Dans la figure 917, les lignes ponctuées représentent les ételons de tous les pans de la charpente considérée.

Comme, dans cette figure, nous avons conservé aux repères les mêmes lettres que dans les figures précédentes, il sera facile au lecteur de se rendre un compte exact de la position de chacune des pièces. Les lignes, telles que  $ab$ , indiquent la longueur qu'on donne aux pièces. Les ételons tracés, on procède à l'établissement des bois.

Le niveau et le dévers se vérifient avec un niveau à bulle d'air et l'aplomb avec un fil à plomb ordinaire. Toutes les pièces d'un même pan sont mises sur ligne en les faisant reposer les unes sur les autres par leurs extrémités, de manière qu'elles se croisent ; elles sont maintenues de niveau au moyen de chantiers convenables, ainsi qu'on peut le voir dans la figure 917 qui représente la mise sur ligne de l'un des deux pans semblables. Cet ensemble forme ce que, en terme de métier, on appelle le *tas*. Le tas établi, on pique

les bois on trace et on coupe les assemblages.

**608.** Afin de bien faire comprendre en quoi consiste le piqué des bois, nous

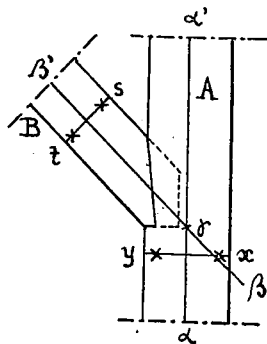


Fig. 918

allons en donner l'application pour le cas très simple d'un assemblage dont nous donnons le croquis (fig. 918). Le piqué des bois consiste à faire apparaître, sur

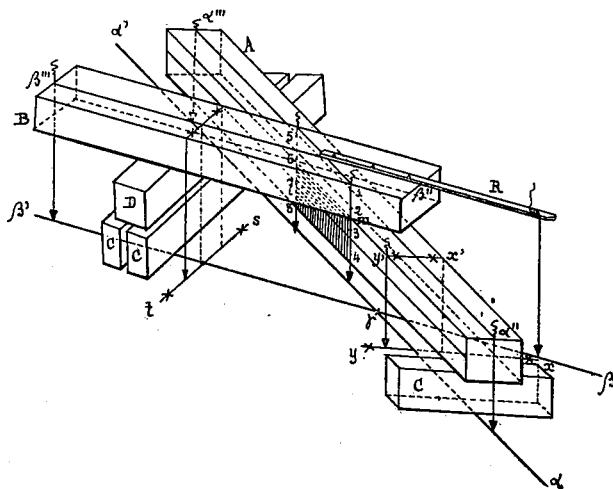


Fig. 919.

les faces des pièces, les occupations de celles qui doivent s'y assembler.

Soit donc (fig. 918) deux pièces de bois A et B qu'il s'agit de réunir par un assemblage oblique à tenon et mortaise avec embrèvement. Sur chacune des

pièces, traçons un trait rameneret  $x,y$  pour la pièce A et  $s,t$  pour la pièce B. Ces deux traits nous serviront pour le tracé de l'ételon. La première chose à faire, c'est de tracer l'ételon de ces deux pièces de bois sur un sol bien uni. Ce tracé se fait

ordinairement à la craie sur un sol bitumé. Nous reportons donc (fig. 919), sur le sol, les lignes principales qui sont ici les deux axes  $\alpha\alpha'$   $\beta\beta'$  et les deux traits ramenerets  $xy$  et  $st$ . Vient ensuite l'établissement des bois.

La pièce A, par exemple, commence par être établie sur la ligne  $\alpha\alpha'$  et sur son trait rameneret  $xy$ . Pour cela, on place cette pièce sur des chantiers C, C. Elle est mise de dévers et de niveau et déplacée par de petits mouvements jusqu'à ce que le fil à plomb, placé en  $\alpha''$  et  $\alpha'''$  aux extrémités de la ligne milieu de la pièce A, tombe bien exactement aux points  $\alpha$  et  $\alpha'$  de la ligne d'axe tracée sur le sol, ou *ligne de l'ételon*. Il faut aussi qu'un fil à plomb, placé en  $y$  à l'extrémité du trait rameneret de la pièce A, tombe en  $y$  sur le trait rameneret de l'ételon.

On opère de même pour la pièce B qui, soutenue par un chantier supplémentaire D, est à son tour mise sur ligne et sur trait rameneret. Pour la mise sur ligne de la pièce B, comme celle-ci est souvent trop courte d'un côté, on cloue ordinairement, dans le prolongement de la ligne d'axe, une règle en bois R qui sert à mettre plus facilement cette pièce en ligne.

Les pièces de bois A et B étant ainsi placées dans la position qu'elles occuperont lorsque l'assemblage sera terminé, on place un fil à plomb dans l'angle obtus dont le sommet est en  $m$ . On le fait battre jusqu'à ce que, tout en restant bien vertical, il touche à la fois les deux faces des pièces A et B. On maintient le fil bien en place et on pique, avec la pointe du compas sur chaque pièce et le long du fil, deux points 1, 2, pour l'une, et 3 et 4 pour l'autre. On place ensuite le fil à plomb dans l'angle aigu 5, 6, 7, 8 et on fait de même deux piqûres sur la face normale de chaque pièce. On obtiendra ainsi, très facilement, l'endroit où l'assemblage doit se faire. Le piqué des bois est alors achevé.

#### V. — Mise sur ligne de l'ételon.

**609.** D'après ce que nous venons de dire, *mettre une pièce de bois sur ligne,*

c'est faire correspondre son axe verticalement au-dessus de la ligne de l'ételon qui la représente, cette pièce étant d'ailleurs de niveau et de dévers.

Pour mettre une pièce de bois sur ligne, on la pose sur les chantiers et les cales qui doivent la soutenir de niveau à la hauteur que nécessite sa combinaison avec les autres pièces, pour l'établissement sur l'ételon. On la met à peu près sur l'emplacement qu'elle doit occuper, puis on la pose de dévers avec des coins. On applique ensuite, à chacun de ses bouts et en coïncidence avec la ligne de milieu de sa face supérieure, un fil à plomb, le plus long possible, sans cependant que le plomb touche à terre. On fait alors mouvoir la pièce jusqu'à ce que le fil à plomb et la ligne tracée sur l'ételon coïncident. On met sur trait rameneret de la même manière.

On applique le fil à plomb à l'un des bouts du trait rameneret tracé sur la face horizontale de la pièce ou sur celui tracé sur la face contiguë qui est verticale et on fait mouvoir la pièce dans le sens de sa longueur, pour faire coïncider le fil à plomb avec le trait rameneret de l'ételon dans un même plan vertical.

S'il s'agit de rapporter le trait rameneret de l'ételon sur la pièce mise une première fois sur ligne, après qu'elle est établie de niveau et de dévers et dans la position qu'elle doit avoir, on place le fil à plomb contre la pièce et on l'amène en coïncidence parfaite avec le trait rameneret. On pique alors sa position, soit sur la face horizontale, soit sur la face verticale de la pièce, dont la position se trouve repérée, pour lui être donnée lors de son établissement dans un autre pan.

On opérerait en sens inverse, s'il s'agissait de transporter, d'une pièce sur l'ételon, un trait rameneret qui aurait été oublié, car tous les traits ramenerets doivent être marqués d'avance sur l'ételon.

#### VI. — Lignage et contre-lignage des bois.

**610.** *Ligner une pièce,* nous savons que c'est faire apparaître la projection de

son axe sur ses faces. Soit (Fig. 920) une pièce de bois, vue en plan, élévation et vue de côté, équarrie à la forêt et qu'il s'agit de ligner. Ses extrémités sont coupées carrément, ce qui est plus commode pour la simplicité et la justesse des opérations.

Cette pièce de bois est posée sur des chantiers C. On choisit la face la mieux dressée, celle qui sera mise en parement, et on pose la pièce de façon que cette face soit placée au-dessus et à peu près horizontalement. On pratique alors, sur le milieu de la pièce, une *plumée* limitée en plan par les lignes  $xx'$ ,  $yy'$ .

Une plumée est l'aplanissement de l'une

des faces d'une pièce de bois dans toute sa largeur et seulement sur 4 ou 5 centimètres d'étendue dans le sens de sa longueur. On fait une plumée en enlevant de minces copeaux avec le ciseau de la bizaiguë, l'herminette ou le rabot, comme si l'on commençait à polir cette face pour perfectionner l'équarrissement.

On prend alors les milieux  $aa$  des extrémités de la pièce et on bat le cordeau entre ces deux points, ce qui donne, sur toute la longueur de la face supérieure, une ligne, droite sur sa plumée, mais sinueuse sur la partie rugueuse de la pièce.

Pour battre une ligne sur l'une des fa-

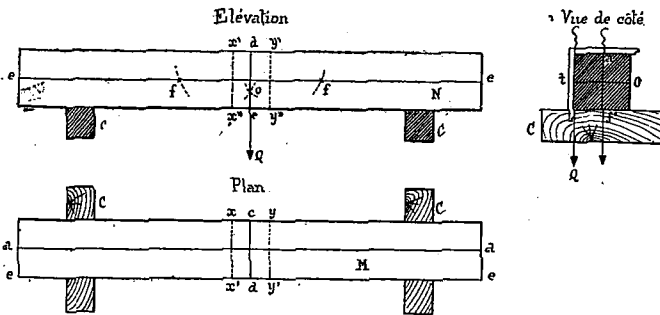


Fig. 920.

ces d'une pièce de bois, on établit la pièce de manière que la face sur laquelle la ligne doit être battue soit, à très peu près, de dévers, c'est-à-dire horizontale, afin que le plan dans lequel le cordeau doit cingler soit vertical et que la ligne battue soit dans le plan qui passe par l'axe de la pièce. Si la face était verticale et la ligne à battre un peu longue, la pesanteur donnerait au cordeau, même en cinglant, une courbure dont se sentirait la ligne battue, qui ne pourrait être regardée comme la trace d'un plan passant par l'axe de la pièce.

On considère cette ligne au cordeau comme la projection de l'axe de la pièce sur la face; elle se nomme *ligne milieu* de cette face. Sur la plumée, en son milieu, on trace une perpendiculaire  $cd$  à cette ligne milieu: c'est ce qu'on nomme le *trait carré* de la face M de la pièce.

On donne ensuite quartier, afin que l'une des faces contiguës N, par exemple, soit à son tour horizontale pour y faire paraître la ligne de milieu et tracer le trait carré sur la plumée qui a été préalablement faite. Cette opération étant exécutée, supposons la pièce ramenée à sa position primitive.

La face sur laquelle cette seconde opération a eu lieu est projetée en plan suivant la ligne  $e, e$  et vue en entier en élévation suivant la ligne  $ee$  battue dans le milieu de la face N de la pièce.

Les plumées des faces contiguës se correspondent et on a ordinairement le soin de faire correspondre aussi leurs traits carrés afin de déterminer exactement la position d'une équerre  $t$ , comme le montre la vue de côté de la figure 920, attendu qu'il est toujours utile que les plumées des faces contiguës soient perpendiculaires l'une à l'autre, comme le seraient

ces faces si l'on achevait de les dresser dans toute leur étendue.

Pour que le trait carré  $cd$  coïncide avec le trait carré  $de$ , il faut que le point  $d$  soit commun aux deux. Du point  $d$  (élévation de la figure 920), on trace un arc de cercle qui coupe la ligne  $ee$  en deux points  $f, f'$  et d'une seule ouverture de compas. De chacun de ces points, on trace l'intersection  $o$ , qui détermine avec le point  $d$ , la position du trait carré.

**611. Contre-lignage. Établissement de dévers.** — Les lignes précédentes, tracées sur deux faces contiguës, suffisent pour établir une pièce de dévers; position indispensable pour la contre-ligner.

Pour mettre la pièce M de dévers, on pose sur le trait carré  $cd$  (fig. 920) de la première plumée  $xx', yy'$ , un niveau ordinaire comme nous le représentons (fig. 921). Au moyen de coins de dévers C,

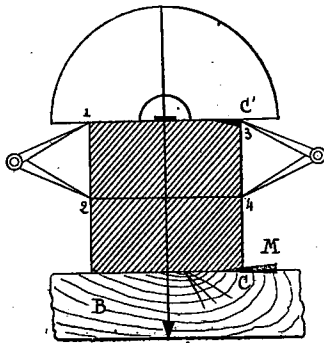


Fig. 921.

placés comme il convient entre la pièce M et le chantier B on parvient à faire coïncider le fil du niveau avec son trait à plomb.

La pièce est alors de dévers, et il faut la contre-ligner.

Pour cela, il faut faire paraître, sur ses deux faces, les lignes qui doivent être les projections de son axe. Les lignes battues sur des faces parallèles doivent être dans un même plan et les deux plans, passant chacun par les lignes du milieu de deux faces parallèles, doivent se couper à angle droit dans l'axe de la pièce.

Pour contre-ligner la face parallèle à celle vue en élévation (fig. 920), on pose le

niveau sur un bout de la pièce comme il est représenté (fig. 921). Comme il n'y a pas de plumée en cet endroit, il peut se faire que, par l'effet de quelque irrégularité du bois, le fil du niveau ne coïncide pas avec sa ligne à plomb.

On détermine cette coïncidence au moyen d'une petite cale C' placée entre le niveau et la pièce de bois du côté où il convient de soulever ce niveau. Le dessous du niveau, ainsi placé, est dans un plan de niveau parallèle à la plumée faite primitivement et sur laquelle on a tracé le trait carré  $de$  (fig. 920). Faisant alors tenir le niveau solidement pour qu'il ne se dérange pas, on prend avec le compas la distance verticale 1, 2 du dessous du niveau à la ligne  $ee$  (élévation fig. 920), et on porte cette distance verticalement sur la face opposée, en dessous du niveau de 3 en 4. On pique le point 4. En faisant la même opération à l'autre extrémité de la pièce, on pourra y tracer une ligne longitudinale qui sera nécessairement dans le même plan horizontal que la ligne  $ee$  de la figure 920.

Pour contre-ligner la face inférieure, on place le fil à plomb à l'extrémité de la pièce. On le fait correspondre au point  $a$  et on pique, en dessous, le point  $f'$  (fig. 920) correspondant au fil à plomb. En exécutant la même opération à l'autre extrémité de la pièce, on obtiendra un autre point symétrique du premier. On pourra alors faire passer une ligne par ces deux points.

Cette ligne sera dans le même plan vertical que la ligne  $aa$ . Pour battre les lignes dont on a déterminé plusieurs points, il est nécessaire de donner plusieurs fois quartier à la pièce de bois. Comme le lignage et le contre-lignage faits au cordeau pourraient s'effacer, on aura soin de piquer à la pointe, et d'une manière très apparente, deux points de chacune des lignes et contre-lignes, ce qui permettra après coup de battre de nouveau le cordeau entre les points quand on le voudra.

## VII. — Mise de niveau.

**612.** Pour qu'une pièce de bois soit



de niveau une fois qu'elle est établie de divers, il suffit évidemment de vérifier si le trait carré *de* de la plumée *xx'*, *yy'* est bien vertical, ce qui peut se faire avec un simple fil à plomb. On présente donc (fig. 920) un fil à plomb *Q* au trait carré *de* et, au moyen de cales placées au bout qu'il convient d'élever, on fait coïncider le trait carré avec ce fil à plomb et la pièce est alors de niveau. Comme la longueur du trait carré est souvent très petite, il est préférable d'appliquer (fig. 922) directement sur la pièce de bois, avec deux clous, une règle *R* sur la ligne milieu *ee*,

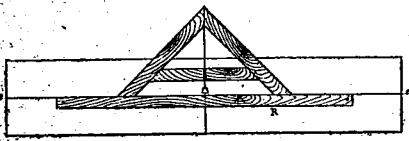


Fig. 922.

et de vérifier l'horizontalité de cette règle à l'aide d'un niveau aussi long que possible.

Cette méthode est préférable à la précédente, parce que la longueur de la ligne *ee* et la longueur du fil à plomb du niveau, qu'on prend le plus grand possible, donnent une plus grande exactitude que la coïncidence du trait carré comme nous l'avons indiqué précédemment. Cette exactitude est indispensable pour l'exécution de charpentes soignées, parce que c'est du niveau parfait des pièces que dépend la justesse du piqué des bois et, par suite, la bonne exécution des assemblages. La pièce mise de niveau, on procède au piqué des bois.

### VIII. — Reconnaissance des piqures.

**613.** La reconnaissance des piqures consiste à tracer, avec la pointe du tracéret ou celle du compas et une règle ou une jauge, les lignes de joint dont les piqures ont déterminé les positions et d'après lesquelles les assemblages doivent être tracés. C'est, en un mot, le tracé des contours des rectangles ou du parallélogramme d'occupation.

*Sciences générales.*

### IX. — Tracé des assemblages.

**614.** Lorsque la reconnaissance des piqures est faite, il faut tracer les assemblages. On indique alors sur chaque face des pièces, les projections des assemblages, en prenant toujours sa ligne ou sa contreligne milieu comme axe. Il est nécessaire que cette projection soit établie sur chaque face et même sur le bout des pièces, parce que ces lignes multiples servent à guider la scie ou la bizaiguë, instruments à l'aide desquels on coupe le bois.

Nous avons donné, au chapitre des assemblages, le tracé pour le tenon et la mortaise ; il est donc inutile d'y revenir.

Les tracés des assemblages exécutés avec soin et vérifiés, on livre alors les bois aux compagnons chargés de tailler les assemblages.

### X. — Coupe des assemblages.

**615.** Cette coupe a été indiquée pour le tenon et la mortaise au chapitre des assemblages et nous y renvoyons nos lecteurs. Nous avons pris l'exemple du tenon et de la mortaise, parce que cet assemblage présente toutes les difficultés et lorsqu'on saura l'exécuter, on saura exécuter tous les autres.

Lorsque la coupe de l'assemblage est terminée, on met en joint les deux pièces. Il ne faut percer les trous des chevilles que lorsque toutes les pièces du pan auquel elles appartiennent sont en joint et que tous les assemblages sont parfaits. On doit éviter de mettre en joint et de désassembler les pièces plusieurs fois, parce que cela a l'inconvénient d'alaiser les assemblages qui doivent, au contraire, être le plus serrés possible.

Pour couper l'assemblage de deux pièces qui doivent se joindre par entailles, comme celles de la croix de saint André, on fait deux traits de scie près des lignes qui marquent, sur les faces de parement, la largeur de chaque entaille, jusqu'aux lignes qui en limitent la profondeur sur les faces normales et on enlève, à la hache, le bois compris entre ces deux traits de scie. L'entaille est ensuite reca-

lée et mise à sa dimension précise avec la bizaiguë.

### XI. — Marques des bois.

**616.** La marque des bois consiste, comme nous le savons, en une série de figures faites avec le tranchant du ciseau sur les pièces de bois pour reconnaître les emplacements qu'elles doivent occuper au moment du levage et celles de leurs parties qui doivent être mises en joint pour former leurs assemblages. Les marques qui ont pour objet de servir de repères aux assemblages sont faites près de ces assemblages; elles sont les mêmes pour les deux parties qui doivent se joindre. Il faut les placer le plus près possible du joint et sur les parties qui ne doivent pas être enlevées lors du tracé de l'assemblage, ni recouvertes lors de la mise en joint. Certains charpentiers préfèrent mettre les marques des assemblages sur les faces de parement, près des joints, afin qu'elles soient plus faciles à voir pendant le travail et plus apparentes quand la charpente est assemblée.

Il ne faut démonter un pan de charpente assemblé sur le chantier qu'après qu'on a vérifié avec soin toutes les marques et contre-marques, afin qu'il n'y ait, au moment du levage, ni erreurs, ni incertitudes.

Les opérations décrites précédemment exigent des détails longs et minutieux. Nous donnerons le conseil au lecteur d'aller visiter un chantier de construction où, en très peu de temps, il pourra se rendre très facilement compte de ces diverses manipulations des bois et comprendre de suite, mieux qu'avec de longues descriptions, l'application de ces procédés.

**617. Observation.** — Pour tracer l'ételon qui doit servir à établir et couper les bois d'un comble, il faut connaître les dimensions des murs d'enceinte et les vides qui y ont été réservés, comme baies de croisées ou de portes et aussi, dans certains cas, les murs ou cloisons de refend. Ordinairement, les côtés des plans donnent toutes les dimensions nécessaires pour tailler la charpente; mais, si le

charpentier, pour sa sécurité personnelle, veut les vérifier, il n'est pas même nécessaire, pour cette opération, que les murs soient entièrement élevés.

Il est aussi des moyens fort simples de vérifier les angles linéaires que forment les murs. Si l'angle A (fig. 923) est droit, par exemple, on portera sur l'un des murs de A en B, 3 mètres dont le carré est 9; et sur l'autre mur, de A en C, 4 mètres

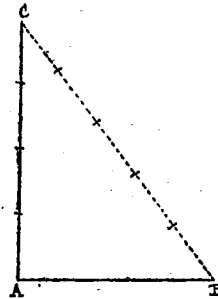


Fig. 923.

dont le carré sera 16. Réunissant ces deux carrés, on aura 25. Si l'hypoténuse BC se trouve être de 5 mètres, son carré sera aussi 25, ce qui prouvera que l'angle est droit, car il est démontré, en géométrie, que le carré de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des deux autres côtés du triangle rectangle.

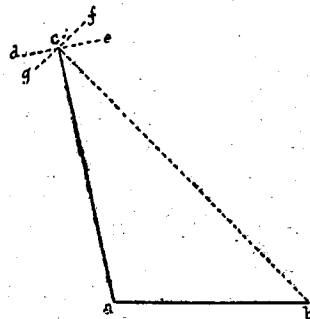


Fig. 924.

Lorsque les murs ne sont pas disposés à angle droit, le procédé pour les connaître et les transporter sur l'aire destinée à l'ételon différera peu; car si, comme

ci-dessus (fig. 924), on porte sur un des murs 3 mètres de  $a$  en  $b$ , 4 mètres sur l'autre de  $a$  en  $c$  et que le troisième côté du triangle  $abc$  se trouve être de 5 mètres plus une fraction de mètre, il est certain qu'après avoir tracé sur l'aire de l'ételon un des côtés de 4 mètres, si d'un point extrême  $a$  de cette ligne et avec un rayon égal à 3 mètres, on trace un petit arc  $de$

et que du point  $b$ , aussi comme centre et avec un rayon égal à 5 mètres plus la fraction, on trace un autre arc  $fg$ , on aura le point sécant  $e$  par lequel, menant les droites  $ca$  et  $cb$ , on a un triangle égal à l'original et, par conséquent, l'angle  $cab$  aussi égal à celui que forment les deux murs.

## ÉPURES

### § 1. — DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES

**618.** L'étude précise des assemblages nécessite des dessins très complets et à grande échelle, exécutés d'après les principes de la géométrie descriptive. Ces dessins se nomment *épures*, parce qu'ils sont faits très exactement et qu'ils portent, comme preuve des résultats, les traces de toutes les opérations qui ont servi à leur construction.

Les épures sont indispensables pour décrire complètement les assemblages compliqués ou contenant quelques dispositions particulières peu usitées, ainsi que pour s'assurer qu'ils sont appliqués suivant les vrais principes de l'art et vérifier la possibilité de leur exécution et de leur mise en joint dans le levage de la charpente.

Les épures ont donc pour objet de déterminer, par des opérations graphiques exactes, les projections d'un ouvrage en charpente, afin d'étudier les formes de ses assemblages et les combinaisons des différents pans qui concourent à sa composition.

On doit apporter le plus grand soin dans la préparation des épures pour obtenir des résultats exacts. Lorsqu'on a fait la projection d'un point, il faut, autant que possible, vérifier la précision de

sa position par une construction différente de celle dont on s'est servi pour l'obtenir dans la première opération. Sans cette précaution, on risque beaucoup de se tromper, de prendre une ligne pour une autre et d'être obligé de recommencer le travail.

Les épures de charpente nécessitent le tracé d'un grand nombre de lignes parallèles. Lorsque ces lignes ont peu de longueur, on les trace au moyen d'une équerre qu'on fait glisser le long d'une règle.

Lorsqu'elles sont longues, il est préférable de déterminer leurs positions par des distances égales marquées à leurs extrémités sur des perpendiculaires, moyen qu'il faut toujours employer pour les épures en grand ou *ételons*. On se sert aussi d'une équerre pour tracer des perpendiculaires qui ont une petite longueur, lorsqu'on est certain de la parfaite exactitude de l'équerre.

Pour les perpendiculaires qui ont une grande longueur, on doit construire les points qui déterminent leur position avec le compas, écarter ces points le plus possible et, par ce procédé, tracer les perpendiculaires sans le secours d'aucune équerre.

Dans les épures faites par les charpentiers, les lignes horizontales et les lignes verticales étant celles qui se reproduisent le plus souvent et en grand nombre, puisqu'elles servent à la disposition générale des projections, les charpentiers ont l'habitude d'établir, sur leurs épures et avant de les commencer, un *trait carré* composé de deux lignes droites qui se croisent à angle droit, au milieu du papier, lorsque l'épure se fait à l'agence. Ces lignes servent de repère, soit à l'équerre, soit aux distances égales pour tracer d'autres lignes qui doivent leur être parallèles. Le cadre tracé autour de l'épure doit avoir ses côtés également parallèles aux lignes du trait carré et doit être établi avec assez d'exactitude pour qu'il puisse servir de repère aux droites qui se trouvent sur les bords du papier et près de ce cadre.

### Echelles à adopter pour les épures.

**619.** Lorsque les épures se font en grand, soit sur un mur, soit sur une aire plane et bien dressée, on fait le tracé en grandeur d'exécution; mais, lorsque l'épure doit être dessinée sur une feuille de papier, il faut alors admettre des échelles permettant de donner à l'épure toute la clarté possible en réduisant au minimum la surface du papier à employer.

Dans l'étude d'un assemblage, certaines parties ont souvent moins d'un centimètre de largeur. Il faut alors, pour que ces parties soient sensibles dans une

épure et figurées avec précision, que la proportion de la réduction de leurs dimensions ne soit pas trop petite.

Afin de réduire l'étendue des épures, de n'y tracer que des lignes d'une petite longueur et de rapprocher les projections des assemblages qui sont liés par quelques rapports, les charpentiers se servent simultanément de deux échelles, savoir :

1° L'une, assez grande pour les dimensions en tout sens des assemblages et pour les deux dimensions d'équarrissage des bois, permet de rendre sensible et de figurer exactement les plus petits détails, même ceux qui se présentent obliquement aux projections;

2° L'autre, pour les dimensions dans œuvre des bâtiments et les longueurs des pièces de charpente, est dans une proportion assez petite pour qu'on puisse représenter, sur une feuille de papier de faible étendue, une charpente de grande dimension.

Les pièces de bois ayant, le plus souvent, une longueur assez grande comparée à leur largeur, on admet généralement, pour les longueurs, une échelle plus petite que pour les largeurs et les épaisseurs. On peut, par exemple, adopter l'échelle de 0<sup>m</sup>,02 par mètre ( $\frac{1}{50}$ ) pour les longueurs et une échelle dix fois plus grande, soit 0<sup>m</sup>,20 par mètre ( $\frac{1}{50}$ ) pour les largeurs et les épaisseurs. Ces données permettent d'étudier les assemblages à une échelle suffisamment grande sans apporter de déformations aux points où les pièces se croisent.

## § II. — APPLICATION DES ÉPURES DE CHARPENTE

### AUX DIFFÉRENTES PARTIES D'UN COMBLE

**620.** On fait ordinairement l'application des opérations que les épures comportent aux détails des combles :

1° Parce que ces parties des bâtiments offrent le plus grand nombre d'exemples des différentes situations dans lesquelles les pièces de bois se présentent les unes aux autres;

2° Parce que c'est le genre de construction compliqué que les charpentiers ont à exécuter le plus souvent.

L'étude des divers assemblages faite précédemment et l'étude des épures à laquelle nous allons procéder seraient sans utilité pour les charpentiers, s'ils n'y joignaient pas la connaissance du procédé

le plus simple, le plus commode et le plus sûr pour tracer et exécuter avec précision les assemblages.

Pour les fermes ordinaires, il n'y a aucune difficulté; les assemblages sont très simples et l'épure très facile à faire. Les croupes et les noues, droites ou biaises, présentent plus de difficultés et doivent être étudiées avec soin et avec beaucoup de détails:

Nous bornerons donc cette étude des épures de charpente au tracé d'une croupe droite et d'une croupe biaise, puis d'une noue droite et d'une noue biaise avec les détails relatifs à ces tracés.

### I. — Épure d'une croupe droite.

**621.** Nous avons donné (n<sup>os</sup> 498 et suivants) assez de détails sur les noms des différentes pièces d'une croupe droite pour qu'il soit inutile d'y revenir. Cependant, l'épure de la croupe droite (fig. 925) nous permet de compléter ces renseignements en disant:

1° Que la ligne AB se nomme *la ligne d'about de croupe*;

2° Que la ligne A'A'' ou face supérieure du chevron en élévation se nomme *plan du lattis supérieur*;

3° Enfin, que la ligne a'a'', ou dessous du chevron, se nomme *lattis inférieur*.

Pour ne pas trop compliquer l'épure de la croupe droite, nous supposons enlevés les pannes et les arbalétriers en remplaçant, pour l'épure seulement, ces derniers par des chevrons, les chevrons de ferme ayant des fonctions et des assemblages tout à fait analogues et ne pouvant différer que par des équarrissages plus ou moins forts.

Sur un plan vertical perpendiculaire aux murs de long pan, traçons, en élévation, les deux parements intérieurs de ces murs, en  $\Omega$  et  $\Omega'$ , en y réservant, de chaque côté, les entailles nécessaires pour placer le tirant ou entrain. On place ordinairement le niveau supérieur A'R'B' de cet entrain un peu plus haut que le dessus de la corniche afin qu'il soit possible de loger les sablières de long pan dans cet endroit.

Dans certains cas, cette sablière affleure

le tirant et présente la même saillie dans le sens horizontal sans dépasser ni atteindre le parement extérieur du mur. Quelquefois, la sablière est placée un peu plus bas que le niveau supérieur du tirant, surtout quand on désire assembler cette sablière à tenon et mortaise avec le tirant.

Dans l'exemple que nous donnons, il est facile de voir, en élévation, le tracé de l'occupation de la sablière et, par le petit rectangle en hachures pleines, la coupe de l'assemblage à mi-bois de cette sablière avec l'entrait. Les bouts des chevrons A' et B' se placent à 0<sup>m</sup>,05 environ du bord extérieur de la sablière.

Connaissant la pente à donner à la charpente, il sera facile de tracer le triangle isocèle A' $\theta$ B'; puis, à une distance normale donnée par l'équarrissage des chevrons, il sera facile de tracer le second triangle isocèle a' $\omega$ b'. Les côtés de ces triangles, A' $\theta$  et a' $\omega$ , seront les traces verticales des plans de lattis supérieur et inférieur entre lesquels tous les chevrons de long pan se trouveront compris. Ces plans de lattis coupent le plan horizontal des sablières, qui a pour ligne de terre A'B' suivant deux droites B'EB et w' $\beta$ w qu'on nomme *ligne d'about* et *ligne de gorge de long pan*.

Si le tirant dépasse la sablière, il y aura alors une ligne d'about et une ligne de gorge spéciales pour le tirant.

La ligne  $\theta$ R'R, qui est l'intersection des plans des lattis supérieurs, sera la ligne de couronnement. Dans l'épure de la figure 925, l'échelle des longueurs est moitié moindre que celle des épaisseurs des pièces. Ensuite, nous tracerons, en plan, le rectangle B'BAA' de manière que les côtés AB et BB' soient à la même distance du parement extérieur de chaque mur de croupe et de long pan. Ces murs ayant la même épaisseur, le point B sera placé sur la diagonale de l'angle formé par la rencontre des deux murs. Il faut ensuite déterminer la position du point R en observant que la croupe doit avoir une pente plus raide que celle des longs pans (1), ce qui indique immédiate-

(1) C'est un usage généralement adopté par les

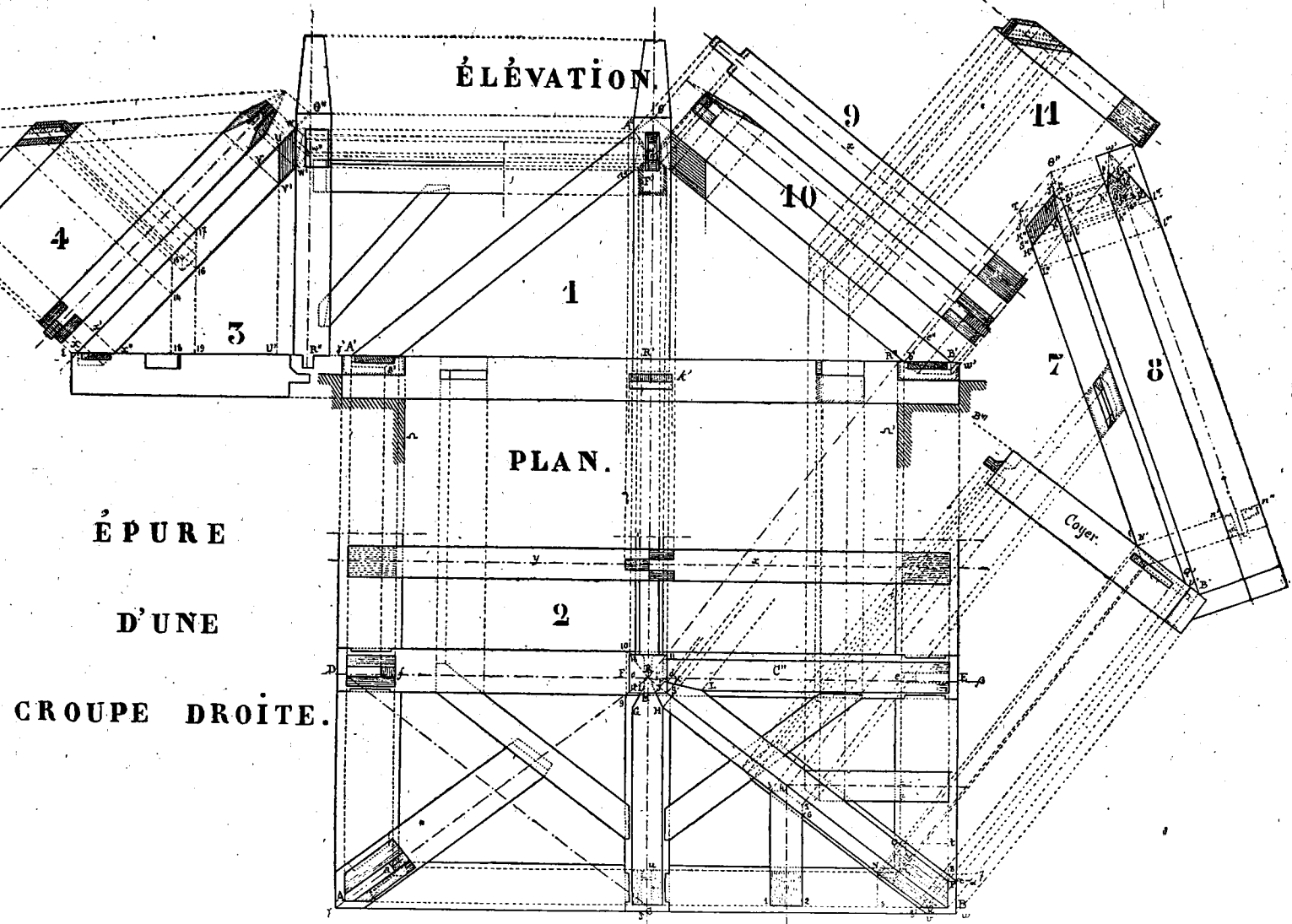


FIG. 928.

ment que la distance RC doit être plus petite que la longueur RE. En pratique, on admet assez généralement que la première de ces lignes est égale aux  $\frac{2}{3}$  ou aux  $\frac{3}{4}$  de la seconde. La position de cette ligne RC doit être telle que la ferme ERD ne rencontre pas de tuyaux de fumée placés dans le voisinage ou d'autres ouvertures nécessaires et pratiquées dans le comble.

La position du point R étant déterminée en plan, on mène les droites OA et OB qui représentent les projections des arêtes saillantes de la croupe. C'est à l'extrémité de cette droite OB, par exemple, qu'il faut terminer la ligne de gorge de long pan  $bb'$  pour la diriger en retour d'équerre sur la croupe suivant  $ba$  et  $aa'$ . On opère de même pour les bords intérieurs et extérieurs des sablières.

Il résulte de ce tracé que les chevrons de croupe auront moins d'épaisseur que les chevrons de long pan, ce qui s'accorde bien avec la pente plus raide donnée à la face de croupe. Ceci n'a aucun inconvénient, la charge normale sur les chevrons de croupe étant moindre que la charge sur les chevrons de long pan. Pour indiquer la position du poinçon en plan, il suffira de porter le demi-équarrissage de cette pièce sur la droite DRE, de R en  $c$  et de R en  $d$ ; puis, par ces points  $c$  et  $d$ , de mener des parallèles à RC, lesquelles viendront rencontrer les deux diagonales RA et RB en des points 12 et S qu'on réunira par une droite 12. S. Ensuite, on achèvera le carré 11.13.12. S qui donnera la base du poinçon.

D'après ce tracé, le centre de figure ne sera plus en R et le poinçon sera dit *dévoiyé*, c'est-à-dire écarté de sa voie ou position naturelle. Comme le tirant supporte le poinçon, il devra être également devoiyé. Sa largeur devra donc être divisée par la droite DRE dans le même rapport que la

face 12.13 du poinçon. On portera donc la demi-largeur du tirant de R en F puis, en menant par le point F une parallèle à RC, laquelle rencontre les deux diagonales R.12 et R.13 du poinçon aux points 9 et 10, il suffira de tracer, par ces points, des parallèles à DRE pour obtenir la position de l'entrait ou tirant en plan.

Le chevron de ferme C" devra être devoiyé par les mêmes opérations que le tirant. La droite DRE, quoiqu'elle ne partage pas le tirant et le chevron de ferme de long pan en deux parties égales, est cependant nommée *ligne milieu* du chevron ou du tirant. Le chevron de ferme s'assemble dans le poinçon par un embrèvement et un tenon dont les saillies, représentées en élévation, sont fixées par le constructeur et suivant les plus ou moins grandes dimensions du poinçon. Le pied de ce chevron s'assemble dans l'entrait par un assemblage identique, lequel occupe tout l'intervalle compris entre les lignes d'about et de gorge. Les chevrons n'appartenant pas à une ferme, leur pas sur la sablière présente simplement le vide nécessaire pour recevoir un simple embrèvement sans tenon.

La demi-ferme de croupe, dirigée suivant la ligne RC, se composera, comme nous le savons, d'un demi-entrait qui s'assemblera dans le tirant de long pan par un tenon avec renfort venant se placer dans la mortaise, ménagée en K' d'un chevron qui s'assemblera avec le poinçon et dans le demi-tirant par un embrèvement et tenon. Ces deux pièces ne seront pas devoiyées et la ligne RC les divise en deux parties égales.

Pour recevoir le pas du chevron d'arêtier, il est indispensable de placer, dans l'angle B, un *coyer* ou espèce de tirant qui sera dirigé suivant l'arête du comble projetée suivant RB et, comme cet arêtier sera devoiyé, il est indispensable de devoiyer aussi ce coyer.

Pour cela, on commence par élever sur RB, et au point B, une droite B.7 égale à l'équarrissage du coyer; puis, par le point 7, on mène la droite 7,8 parallèle à la croupe et terminée à sa rencontre avec la ligne d'about du long pan, puis on trace la ligne 8.8' parallèlement à B.7 et com-

charpentiers de donner à la coupe une pente plus raide qu'au long pan, parce que, sans cela, l'arêtier aurait une longueur très considérable, ce qui exigerait, pour lui, un fort équarrissage; de plus, cette raideur de la pente diminue la composante horizontale de la poussée exercée par les chevrons, empanons et arêtiers, sur les demi-tirants, sablières et coyers de croupe.

prise entre les deux lignes d'about. Ayant ainsi les points 8 et 8', il suffit, par ces points, de mener des parallèles à la ligne RB pour obtenir la projection en plan du coyer dévoyé. Du côté de l'angle B, cette pièce est limitée en  $wz$  et  $wv$ , points qui répondent aux sablières de long pan et de croupe. Les points  $v$  et  $z$  seront aussi placés aux extrémités d'une droite  $vz$  perpendiculaire sur RB. L'autre extrémité du coyer va s'assembler dans une autre pièce connue sous le nom de *gousset*; l'assemblage se fait par tenon avec renfort. Ce gousset se place, le plus souvent, à peu près parallèlement à la diagonale qui joindrait ces deux points CE et il s'appuie sur les tirants par une entaille à mi-bois qui facilite la mise en joint.

L'arétier ou chevron d'arête a la forme d'un parallépipède rectangle dont les arêtes latérales sont dirigées parallèlement à l'arête de croupe projetée sur RB et

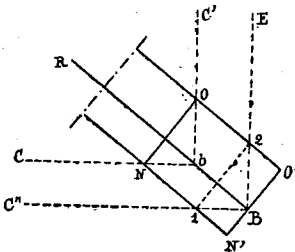


Fig. 926.

dont deux faces sont maintenues dans des plans verticaux. La section par le plan horizontal des tirants, ou pas de cette pièce, sera, comme le montre la figure 926, un rectangle tel que NON'O' dont les côtés seront perpendiculaires à RB.

On peut aussi s'imposer la condition que la gorge NO de l'arétier, c'est-à-dire la trace horizontale de sa face inférieure, soit comprise entre les lignes de gorge  $bc$  et  $b'c'$  du long pan et de la croupe. Pour cela, on élève sur RB, dans le plan de la figure 923, une perpendiculaire  $Bz$  égale à l'équarrissage de l'arétier; puis, en menant la droite  $\alpha P$ , parallèle à la croupe et la droite PQ parallèle à  $Bz$ , on obtiendra deux points, P et Q, par lesquels il suffira de mener les lignes PL et QH pa-

rallèles à RB. Ces droites coupent les lignes de gorge en des points tels que la ligne qui les joint sera parallèle à PQ. L'arétier se trouve ainsi dévoyé, car la ligne RB ne le divise plus, en plan, en deux parties égales.

Comme l'arétier définitif doit présenter deux faces extérieures qui coïncident avec les lattis supérieurs de long pan et de croupe, il sera utile de délarder la pièce rectangulaire, c'est-à-dire de la couper, dans toute sa longueur, par ces deux plans de lattis qui ont les lignes d'about EB et BC'' pour traces. Il faudra retrancher du pas rectangulaire N'NOO' les deux triangles 1N'B et 2O'B pour obtenir, suivant le pentagone B1NO2B, la forme d'un prisme oblique représentant la pièce délardée.

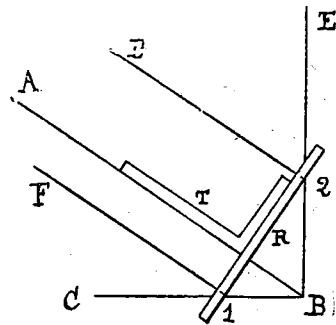


Fig. 927.

Afin de dévoyer plus rapidement l'arétier, et pour se dispenser d'élever une perpendiculaire et de tracer deux parallèles, les compagnons charpentiers se servent du procédé suivant:

Ils placent le long de l'arête AB (fig. 927) la plus longue des deux branches d'une équerre T et, contre l'autre branche, une jauge ou règle R sur laquelle ils ont marqué, à l'avance, deux points 1 et 2 dont l'écartement est égal à l'épaisseur de la pièce qu'il s'agit de dévoyer, puis ils font mouvoir ensemble l'équerre le long de la ligne AB et la jauge le long de l'équerre, jusqu'à ce que les points marqués 1.2 coïncident avec les lignes CB et BE. Quand il y a coïncidence exacte, ils marquent les points 1.2 sur les lignes CB



et BE, et, par ces points, ils tracent les lignes 1F et 2D qui donnent la position de la pièce dévoyée. Cette opération demande un peu d'adresse de la part de l'ouvrier et n'offre pas toujours un résultat bien satisfaisant.

Un autre procédé, proposé par M. le colonel Emy, est plus expéditif, plus exact que le précédent et très commode pour le tracé des épures sur l'éte lon, attendu qu'il n'exige que l'emploi du compas.

Soit, comme précédemment, l'angle droit CBE celui des deux murs et la ligne AB la projection horizontale de l'arête. Ayant pris, avec le compas, la moitié de l'épaisseur que doit avoir la pièce qu'il s'agit de dévoyer, on porte cette demi-épaisseur de B en O. Du point O, comme centre, et avec cette demi-épaisseur comme rayon, on décrit un

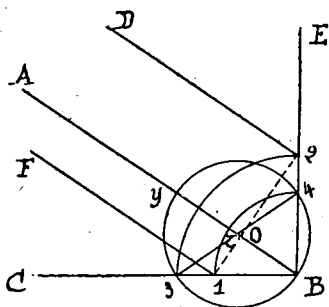


Fig. 928.

cercle B4/3 où l'on trace seulement les sections 3 et 4; puis, plaçant la pointe du compas en B, on porte B3 de B en 2 et B4 de B en 1. Par les points 1.2, on trace les lignes 1F et 2D qui marquent la position de l'arétier dévoyé. La droite 1.2 sera de même longueur que 3.4, à cause des deux triangles rectangles B12 et B34 qui sont évidemment égaux. Ensuite, dans le triangle B1z, l'angle en 1 est égal à l'angle en 4, et sera, comme ce dernier, égal à  $\angle B4O$ . Or, celui-ci est le complément de  $\angle Bz'$ . On a donc  $\angle B1z' + \angle Bz' = 90^\circ$ . Donc l'angle en z est droit, et la droite 1.2 se trouve bien être perpendiculaire sur la droite AB.

Le pied de l'arétier s'engage dans le

coyer par embrèvement et tenon; mais l'autre extrémité, avant d'atteindre le poinçon, rencontre les deux chevrons de ferme, ce qui exige qu'on déjoute ces trois pièces par les plans verticaux HJ, LK qui concourent vers l'axe du poinçon. L'arétier devra aussi être creusé suivant les faces verticales MS, SK, qu'on appelle *faces d'engueulement*, et par lesquelles'il embrassera le poinçon comme nous l'avons déjà vu précédemment en parlant des croupes.

Entre le chevron de ferme RC et l'arétier RB (fig. 925), on place un ou plusieurs chevrons plus courts, qu'on nomme *empanons*, et qui s'assemblent dans l'arétier par un simple tenon et sur la sablière par un embrèvement. La sablière s'engage par l'une de ses extrémités dans le coyer au moyen d'un tenon et, dans le tirant, par une simple entaille à mi-bois, ce qui facilite beaucoup le montage.

Les chevrons courants, tels que  $x$  et  $y$ , s'engagent dans les sablières par un seul embrèvement et, dans le haut, ils sont posés sur le faitage et se lient l'un à l'autre par un assemblage à enfourchement. Le faitage, représenté en F' dans l'élévation de la figure 925, est engagé dans le poinçon par un tenon avec renfort de chaque côté.

Nous avons vu comment sont disposés le plan et l'élévation de la croupe. Examinons maintenant comment se représente le profil de croupe (fig. 925-3). Ce profil est une section faite dans la croupe par le plan vertical RC (fig. 925-plan) mené perpendiculairement à la ligne d'about AB. Dans ce profil de croupe, les triangles rectangles  $XR''0''$  et  $x''R''z''$  se construisent en prenant leurs bases égales aux lignes RC et Ru de la figure 925 et leurs hauteurs sur le profil de long pan (même figure) en élévation. On opérera de même pour le profil du demi-entrait de croupe et du poinçon. Les charpentiers tracent, sur ces diverses pièces, les embrèvements et les tenons des pièces qui viennent s'y loger. Le tenon du demi-tirant est consolidé par un renfort placé au-dessus. Sur ce tirant sont représentées les entailles à mi-bois devant recevoir la sablière et le gousset. Les lignes

$X\theta''$  et  $\alpha''\omega''$  comprenant, entre elles, la projection latérale des chevrons et empanon de la croupe, si l'on prend  $XU'$  égale à la distance qui sépare le point S (fig. 925-2) de la ligne d'about BC et qu'on élève la verticale  $U'V'U$ , on obtiendra la face de déjoutement du chevron en  $V'U'WW'$ .

Afin de bien déterminer une pièce de charpente, il faut au moins connaître deux projections de cette pièce sur des plans parallèles à ses faces longitudinales. L'élévation (fig. 925) et le profil de croupe de la même figure donnent déjà une de ces projections. Pour obtenir l'autre, on projette tous les chevrons et empanons, tant de la croupe que des deux longs pans, sur les plans de lattis supérieurs; puis, en développant l'angle trièdre formé par ces trois plans autour du point R, on obtiendra, comme le montre la figure 929, un ensemble connu sous le nom de *herse*. Dans cette figure, on construit le triangle  $\theta C^2B$  avec une base égale à la distance CB, prise dans le plan de la croupe et avec une hauteur égale à  $X\theta''$ , prise dans le profil de la croupe; on aura ainsi la moitié de la face de croupe. On opère de même pour la face de long pan: le triangle rectangle  $\theta BE$  avec une base égale à BE du plan de la croupe et avec une hauteur égale à  $\theta B'$  prise dans l'élévation de la figure 925.

La ligne  $\theta G''$ , parallèle à BE, représentera la ligne de couronnement ou de faitage entraînée avec le lattis de long pan situé à droite.

Il nous reste à projeter, sur le lattis supérieur, les points ou lignes qui sont dans le lattis inférieur. Pour la ligne de gorge ou de croupe, on devra projeter le point  $\alpha''$  en  $\alpha'$  dans le profil de croupe, puis rapporter la distance  $X\alpha'$  en  $C^2c^2$  (fig. 929-5) et mener la droite  $c^2N$  qui sera la projection à la herse de la ligne de gorge de croupe. Ensuite, dans le plan de la croupe, menons la ligne  $Ns$  perpendiculairement à la ligne d'about, puis rapportons les distances BQ et  $Bs$  sur la herse. Nous obtiendrons, sur cette herse, les lignes  $Ns$ , QH et  $Nh$  qui seront les projections à la herse de l'arête moyenne et de l'arête inférieure de l'arétier. Il sera facile, en opérant de même pour la partie (fig. 929-6) de la herse, d'obtenir la ligne Ee en prenant, dans l'é-

lévation de la figure 925, la distance  $B'e''$  et, par suite, la ligne de gorge  $Oe$  projetée à la herse.

Sur la droite  $\theta C^2$  (fig. 929) on porte, à droite et à gauche, le demi-équarrissage du chevron, ce qui permet de mener les deux parallèles limitant la largeur de ce chevron. On mène ensuite les lignes IJ, GH et  $gh$  à des distances du point  $\theta$  égales aux intervalles  $\theta''W$ ,  $\theta''U$ ,  $\theta''V$  prises dans le profil de croupe. On joint ensuite le point  $\theta$  aux

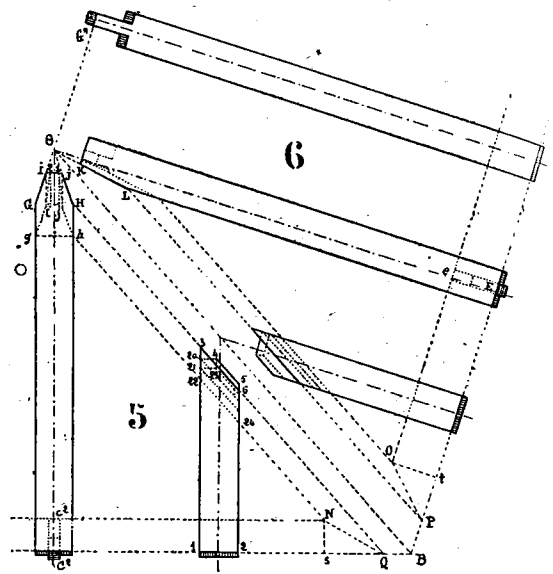


Fig. 929.

points G et H. Les faces IG et JH sont les faces de déjoutement. Par le point h, on mène une droite  $hj$  égale et parallèle à HJ et on formera ainsi un parallélogramme JHhj auquel il faudra ajouter le petit triangle Jj1 pour obtenir la face de déjoutement située à droite. Pour obtenir ce petit triangle, on projette, dans le plan de la figure 925, l'extrémité de l'embranchement sur la droite MJ et la distance de cette projection au point M sera portée (fig. 929) de 2 en 1 pour tracer la droite 1j qui terminera le déjoutement projeté à la herse.

Pour l'empanon de croupe, après avoir pris la distance de sa ligne milieu au point C dans le plan de la figure 925, on le reporte sur la figure 929, ainsi que le demi-

équarrissage qu'on portera à droite et à gauche; puis, traçant les deux parallèles à  $\theta C^2$ , ces deux lignes iront rencontrer les arêtes  $Nh$  et  $QH$  de l'arétier en des points qui donneront le contour 22. 3. 6. 24 de la tête de l'empanon projeté à la herse. Le tenon, qui est terminé dans le plan de la figure 925 par un plan vertical 3. 4 perpendiculaire à la face latérale de l'empanon, se transporte sur la herse de la manière suivante :

On partage (fig. 929) l'intervalle 3. 22 en trois parties égales, puis on mène les lignes 20. 4 et 21. 23 parallèles à la ligne d'about et égales à la longueur 3. 4 prise dans le plan de la figure 925. On pourra ensuite achever très facilement le tenon en traçant la droite 4. 5 comme nous l'indiquons sur l'épure.

#### PROJECTIONS DE L'ARÉTIER

**622.** Cette projection se trouve indiquée (fig. 925-7). Choisissons un plan vertical qui soit parallèle à  $RB$  et dont la ligne de terre  $B''B'''$  peut être tracée à une distance quelconque.

Après avoir mené la verticale  $R\theta''$  sur laquelle on porte  $R''\theta''$  égal à  $R'\theta'$  de l'élévation de la figure 925, on trace la droite  $B''\theta''$  qui représentera l'arête supérieure de l'arétier. Les deux arêtes moyennes sont projetées sur  $Q'H'$  et les deux arêtes inférieures suivant  $N'T$ . Ensuite, par la rencontre de ces droites avec les verticales élevées par les points  $HJSKL$ , on déterminera facilement les deux faces de déjoutement  $H'H''J''J'$ ,  $L'L''K''K'$  et les deux faces d'engueulement  $J'S'S'J''$ ,  $K'S'S'K'$ . Ces dernières doivent se terminer à la même horizontale  $S'J'$ , parce que cette droite reçoit la projection des deux côtés  $JS$  et  $SK$  qui sont eux-mêmes horizontaux.

La mortaise devant recevoir l'empanon se tracera facilement en menant des parallèles à la droite  $Q'H'$ , ces parallèles divisant en trois parties égales la distance des deux arêtes  $Q'H'$  et  $N'T$ . L'occupation de l'empanon sur l'arétier est indiqué par des hachures. C'est ordinairement sur cette figure (7) que le charpentier marque la saillie à donner à l'embrèvement et au tenon de l'arétier qui

s'engage dans le coyer. La projection du coyer dans cette même figure permet de voir les deux faces de déjoutement  $v w$  et  $wz$ , la mortaise servant à l'assemblage de la sablière dans le coyer; enfin, le tenon avec renfort oblique qui réunit le coyer au gousset.

Il nous reste, pour terminer la projection de l'arétier sur un plan parallèle à sa face supérieure, à chercher les intersections des quatre faces verticales  $HJ$ ,  $JS$ ,  $SK$ ,  $KL$  avec la face supérieure du parallépipède rectangle que présente l'arétier avant le délardement. Cette face supérieure est projetée sur la figure 925-7 suivant la ligne  $B''\theta''$ . On la rabat sur (8) en portant, à droite et à gauche de la ligne milieu  $\omega''\omega'$ , des distances égales aux deux parties dans lesquelles l'équarrissage  $NO$  du plan (fig. 925) est divisé par  $BR$ . On prolonge les faces verticales  $H''H'$ ,  $J''J'$ ,  $K''K'$ ,  $L''L'$ , jusqu'aux points  $l', h, r, p$  où elles rencontrent la face projetée sur  $B''\theta''$ ; ensuite on ramène ces points, ainsi que le point  $S'$ , sur la projection (8) au moyen de lignes menées perpendiculairement à la droite  $B''\theta''$ . Il sera alors facile de tracer le contour  $h'p'h'r'l''$  suivant lequel la face supérieure du parallépipède est coupée par les quatre faces de déjoutement et d'engueulement. On pourra, de la même manière, tracer le contour qui représente la projection sur la face supérieure qui est projetée en  $h''j''s''k''l''$ , des sections faites dans la face inférieure du parallépipède par les mêmes plans verticaux de déjoutement et d'engueulement. Les deux côtés partant des points  $h''$  et  $l''$  vont concourir en un point  $t'$  qui est la projection du point  $T$  où la face inférieure va rencontrer l'axe du poinçon. Les deux autres côtés, partant des points  $h'$  et  $l'$ , vont aussi aboutir en un point  $\omega'$  qui est la projection du point  $\theta$ .

Sur cette projection, on ramène aussi les limites du tenon et de l'embrèvement du pied de l'arétier.

## II. — Détails et épure d'une croupe biaise.

**623.** Nous avons donné précédemment, n° 502, quelques détails sur les diffé-

rentes formes que prennent ordinairement les croupes biaises. Dans une croupe biaise, on prend généralement la ligne de plus grande pente de croupe EF (fig. 930) égale aux  $\frac{2}{3}$  des lignes de longs pans EB et EA. On opère ainsi, comme nous l'avons déjà vu pour la croupe droite, pour deux raisons :

1° Pour que la demi-ferme de croupe

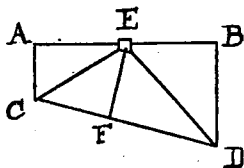


Fig. 930.

produise une poussée moins considérable que les demi-fermes de longs pans qui ont une pente plus douce. La poussée de la demi-ferme de croupe n'est, le plus souvent, pas équilibrée, tandis que les poussées sur les demi-fermes de longs pans sont presque toujours équilibrées par un tirant. On réduit donc la poussée en augmentant la pente de la croupe ;

2° Afin d'éviter, pour l'arbalétrier ED, une trop grande longueur.

#### SCHÉMA D'UNE CROUPE BIAISE EN PLAN ET MISE EN PLACE DES PIÈCES PRINCIPALES

**624.** Nous prendrons, comme exemple de croupe biaise, celui qui est représenté (fig. 749) et dans lequel le biais du bâtiment à couvrir n'étant pas très prononcé, la dernière ferme transversale reste perpendiculaire à la direction du long pan. Dans ce cas, le chevron de croupe est dans le prolongement du faitage et les empanons lui sont parallèles.

Étant données (fig. 931), comme pour l'épure de la croupe droite, les lignes de gorge FGHI et les lignes d'about JBAK. En prenant le point O comme sommet du trièdre dont nous avons déjà parlé dans la croupe droite, il nous sera facile de tracer les lignes OC, OD, OA, OE et OB qui sont les lignes de voie des tirants des chevrons et des arbalétriers qui rayonnent autour du point O. La ligne de

voie n'est pas toujours, comme nous le savons, tracée à égale distance des deux faces de la pièce considérée. Si la voie ne correspond pas avec l'axe de la pièce, on dit que cette pièce est dévoyée. Dans la croupe biaise, toutes les pièces sont dévoyées, sauf la pièce placée suivant OE, qui représente l'arbalétrier de croupe.

Les arbalétriers de long pan sont dévoyés de manière que la ligne de voie CD partage la largeur de leur équarrissage dans le même rapport que celui dans lequel le point O partage la ligne LM. Pour cela, les charpentiers opèrent ainsi : Ils prolongent la ligne *ba* (fig. 931) jusqu'au point *e*, rencontre avec la ligne de voie CD, puis ils joignent *eL*. Ensuite, ils élèvent une ligne *ef* perpendiculairement à la ligne de voie et ils portent, sur cette ligne, de *e* en *f*, une longueur égale à la largeur d'équarrissage des arbalétriers ; puis, par le point *f*,

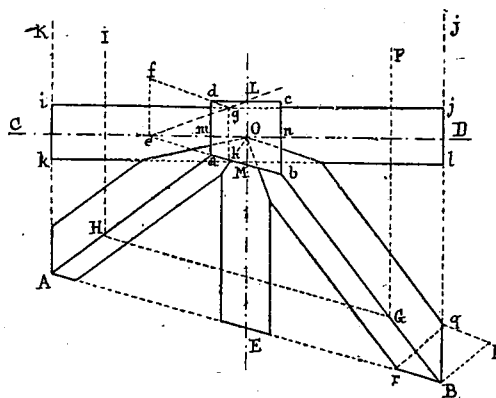


Fig. 931.

ils mènent une droite parallèle à *eb*. Cette droite rencontre la ligne *eL* en un point *g*. Par ce point *g*, on mène *gh* égale à *ef*. Il ne reste plus qu'à faire passer, par les deux points *g* et *h*, deux droites parallèles à la ligne de voie CD pour obtenir les deux faces de l'arbalétrier en place en *ij*, *kl*.

Pour l'arbalétrier délardé dont l'axe est projeté en OE, il suffit, pour le mettre en place, de porter de chaque côté de la ligne OE la moitié de la largeur de cette pièce et de mener, par les points obtenus,

des parallèles à la ligne de voie OE. Pour mettre le poinçon en place, on porte de O en *m* et de O en *n* la demi-largeur de l'équarrissage du poinçon.

On porte également la moitié de cette largeur de O en L. La face arrière de ce poinçon, projetée en *cd*, se trace perpendiculairement aux murs de long pan. La

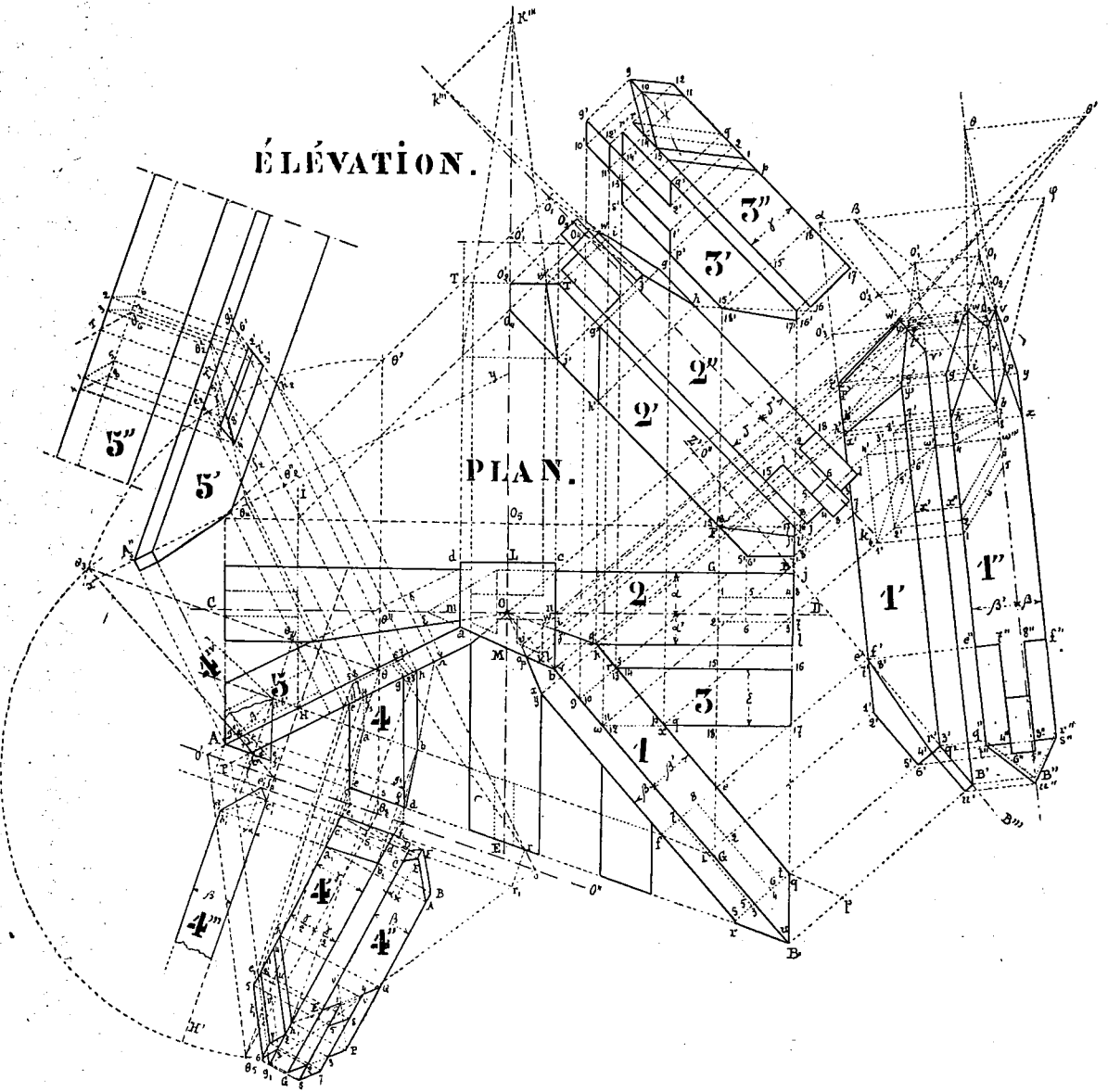


Fig. 932.

face *ab* s'obtient en joignant les points *a* et *b*, rencontre des lignes de voie OA et OB avec les lignes *ad* et *bc*. Cette ligne *ab* est parallèle à la direction AB de la

ligne d'about qui, elle-même, est parallèle au mur de croûpe.

Pour la mise en plan des arêtiers OA et OB, nous en avons déjà donné un exemple

pour la croupe droite. Nous savons qu'il suffit au point B, par exemple, d'élever une droite  $Bp$  perpendiculaire à la ligne de voie OB et de porter, de B en  $p$ , une longueur égale à la largeur de la pièce considérée. Par le point  $p$ , on mène une droite  $pq$  parallèle à la ligne d'about de croupe AB, jusqu'à sa rencontre avec la ligne d'about JB. En menant ensuite, par le point  $q$ , une droite  $qr$  parallèle à  $Bp$ , cette ligne  $qr$  donnant la largeur demandée, il suffira, par les points  $q$  et  $r$ , de mener des parallèles à la ligne de voie pour obtenir exactement la position de l'arétier de droite. On opère de même pour l'arétier de gauche. On a ainsi dévoyé les arétiers en s'imposant la condition que la largeur  $qr$  de la pièce s'inscrive entre les deux lignes d'about JB, BA et, de plus, qu'elle soit perpendiculaire à la ligne de voie OB.

#### ÉPURE DE LA CROUPE BIAISE

**625.** La figure 932 donne, en croquis, l'épure d'une croupe biaise. Il sera facile, d'après ce qui a été dit précédemment, de mettre en place les différentes pièces représentées dans le plan de la croupe biaise (fig. 932). Les principales pièces du plan étant placées, occupons-nous de l'arbalétrier ou chevron d'arétier marqué dans la figure 932 par les chiffres 1. 1'. 1".

En 1, cet arbalétrier a, pour face de déjoutement, les lignes  $vx$  et  $wg$  qui viennent concourir au point O sur l'axe de la croupe. L'about de son embrèvement est limité par les lignes brisées  $wkv$  et  $ibo$  situées dans le plan horizontal TT'.

Cette pièce s'assemble dans le poinçon par engueulement sans tenon. La face d'engueulement de long pan est représentée en plan (fig. 932) par les points  $wkbi$  et la face d'engueulement de croupe par les points  $vlVo$ .

Ceci posé, prenons une ligne de terre Z'B''' parallèle à la ligne de voie de cet arbalétrier. Si nous projetons, dans ce nouveau plan, les différents points de l'arbalétrier, nous obtiendrons les arêtes en vraie grandeur. Reportons en premier lieu le point O en O'. Pour cela, après avoir élevé la perpendiculaire OO', sur

Z'B''', on porte du point Z' au point O', une distance égale à  $O_3O'_1$ , prise sur l'élévation. En joignant ensuite le point B', projection du point B, au point O', nous aurons, par cette ligne, la direction de toutes les arêtes du prisme qui forme l'arbalétrier. On pourra facilement déduire le pentagone de déjoutement de long pan  $i'h'g'i'w'$  et le pentagone de déjoutement de croupe  $p'x'y'v'v'$ . La ligne  $y'i'$  passe par le point O', tandis que les lignes  $iv'$  et  $p'v'$  se rencontrent en un point  $\theta'$ . Afin de mettre en place tous les points importants, on donne quartier à la pièce 1'; elle occupe alors (fig. 932) la position 1". On prend comme repère la ligne de voie  $\theta B'$ . La seule inspection de la figure montre comment, par les lignes de rappel, il sera facile d'obtenir cette projection de l'arbalétrier en prenant les côtes dont on a besoin sur la projection 1 dans le plan de la figure 932.

Dans les détails 1' et 1" de la figure 932, on trace également l'entrée 1'.2'.3'.4' de l'empanon de long pan dans l'arétier. Cette mortaise se trace, a priori, au tiers de la hauteur de la pièce. Afin d'obtenir la direction des arêtes intérieures, 2'.6'.4'.5' des jouées, il est bon de remarquer qu'elles sont parallèles à la fois au lattis de long pan et à la face verticale  $wp$  de l'empanon. On peut donc tracer cette direction en  $w\omega$   $x'\omega'$ , et déduire ensuite le reste de la mortaise sur les deux figures 1' et 1".

#### ARBALÉTRIER OU CHEVRON DE LONG PAN

**626.** Cet arbalétrier est représenté dans la figure 932 par les chiffres 2. 2'. 2". L'élévation de cette figure fait parfaitement connaître la hauteur du point O du plan sommet du trièdre et, de plus, la position du plan TT' qu'on peut nommer *plan d'about des embrèvements*. Le plan incliné suivant le rampant  $j'w'$  de l'épaule ment va couper l'axe de la croupe au point  $k''$  par lequel passeront les rampants des autres embrèvements au sommet. Le plan de déjoutement  $Owg$  (plan de la figure 932) détermine un pentagone  $hgivj$ , nommé *pentagone de déjoutement*. En donnant quartier à la pièce en 2', la ligne de voie se place en  $k'' k_4$ . On reporte sur cette

ligne, à droite et à gauche, les largeurs  $\delta' = \alpha'$  et  $\delta = \alpha$  provenant de l'équarrissage de la pièce vue en plan. Il sera facile, comme le montre l'épure, de projeter chacun des points dont la mise en place est d'une grande simplicité. En prenant en  $O'_1$ ,  $O'_2$ ,  $O'_4$ , et  $K''$  les points où les différents plans, soit du lattis supérieur  $O'_1$ , soit du lattis inférieur  $O'_4$ , soit des abouts des embrèvements  $O'_2$ , soit du rampant des embrèvements  $K''$  percent l'axe de la croupe, ces points sont ramenés en  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_4$ ,  $k''$  sur la ligne de voie  $k''k_4$ . Ce sont des points très importants à déterminer d'avance pour le tracé de l'épure et pour la vérification.

La base de l'arbalétrier, ou chevron de long pan, ne présente rien de particulier et se projettera très facilement, comme il est facile de le voir sur l'épure.

## EMPANON DE LONG PAN

**627.** L'empanon de long pan est représenté, dans l'épure de la figure 932, par les numéros 3, 3', 3''. L'extrémité du tenon est représentée, en plan, par les chiffres 11.12.9.10. Il est, en général, déterminé par le plan vertical OB qui projette horizontalement la ligne de voie de l'arétier. L'about du tenon 13.14.9.10 est formé par un plan vertical perpendiculaire à la face  $gg$  de l'arétier. Les joues du tenon projetées ( $fg$ . 932-3') en 2'. 14' et 1'. 13' sont parallèles au lattis de long pan et tracées, comme on le fait toujours, au tiers de l'épaisseur de la pièce. Nous voyons ici qu'il sera facile, par de simples projections, de tracer les deux figures 3' et 3''.

## EMPANON DÉVERSÉ

**628.** Après avoir indiqué l'empanon de long pan, étudions l'empanon déversé représenté en 4.4'. 4''. 4''' dans l'épure de la croupe biaise ( $fg$ . 932). Cet empanon s'assemble dans l'arétier projeté en 5. 5'. 5'' de cette figure. Donnons-nous, en plan, la ligne de voie  $\theta_s$  de l'empanon,  $\theta$  étant à l'extrémité du tenon qui, dans la figure, est séparé de l'arête de croupe pour plus de clarté; mais nous pouvons considérer le point  $\theta$  comme étant sur l'arête de la croupe et  $s$  sur la ligne

d'about de croupe. Le point  $\theta$  se projette en  $\theta'$ , et  $\theta''$  donnant la hauteur du point  $\theta$ , ces points vont nous servir par la suite. Soit  $\gamma$  la largeur ou équarrissage de cette pièce.

## MISE EN HERSE DE LA LIGNE DE VOIE

**629.** La mise en herse est, comme nous le savons, l'opération qui consiste ici à rabattre horizontalement le plan du lattis supérieur avec empanons et chevrons. Les différentes pièces ainsi rabattues forment la *herse*. Pour faire ce rabattement, prenons un plan vertical  $c'\theta_7$ , perpendiculaire au plan de croupe et reportons  $\theta'$  en  $\theta_3$ . En joignant  $\theta_3c'$ , on obtient, en  $\theta_3c'$ , la ligne de plus grande pente qui est aussi la trace verticale du lattis supérieur, lequel se projette sur  $c'\theta_7$  suivant sa trace verticale  $c'\theta_3$ . Pour le lattis inférieur, il se projetterait suivant une ligne parallèle partant du point  $a'$  situé sur la ligne de gorge. Il sera facile de tracer, dans la face (4''), l'embrèvement  $c'e'a'$ . Rabattons ensuite sur un plan horizontal HH' et prenons, comme charnière, la ligne  $O'O''$  placée un peu au-dessous de la ligne AB.

Le point  $\theta$  se rabat sur une perpendiculaire  $\theta\theta_3$  à la charnière et nous avons, en  $f'\theta_3$ , et en vraie grandeur, son rayon de rotation dont le centre est en  $f'_1$  sur la ligne HH'. Par suite, la ligne de voie se trouve rabattue suivant la ligne  $\theta_3\theta_3$ .

Nous pouvons maintenant, sur la herse (4'), prendre, de chaque côté de la ligne de voie, ainsi tracée, deux largeurs  $\frac{\gamma}{2}$  repré-

sentant chacune la moitié de la largeur de l'empanon. Nous obtenons, par suite, en  $e_1c_1$  et  $g_1d_1$  la herse des arêtes supérieures. Par un relèvement, nous trouvons les projections  $ce$  et  $fg$  de ces arêtes et, par suite, les deux points  $e, g$  qui sont les sommets supérieurs de l'occupation de l'empanon sur l'arétier. Ces points se rabattent sur la herse en  $e_1g_1$ .

Comme vérification, les points  $e_1g_1$  doivent se trouver sur l'arête  $Pg_1$  qui est le rabattement de l'arête PO, ou plan de la croupe biaise.

Occupons-nous maintenant des arêtes inférieures. L'empanon étant équarri, sa

section droite est un rectangle et le plan de la face  $fgbh$  (4) est perpendiculaire au lattis. Nous avons, dans la figure 932-4'' en  $\beta$ , l'une des dimensions de l'équarrissage et dans la même figure (4') en  $\gamma$ , l'autre dimension. Il faut ensuite, par une droite  $fg$  du plan du lattis supérieur, mener un autre plan qui lui soit perpendiculaire. Prenons, pour cela, un point quelconque  $g''g'$  sur la droite  $fg$ . Par ce point, menons une normale  $g''b$ ,  $g'b'$  au plan lattis supérieur. Cherchons ensuite la trace horizontale  $b'b$  de cette normale et en joignant ce point à la trace horizontale  $f$  de la droite donnée, on obtient, en  $f'b$ , la trace horizontale du plan demandé. Le plus souvent, les charpentiers se donnent, en  $b'$ , le point d'arrivée de la normale sur la ligne de gorge, ce qui offre de suite, en plan, le point  $b$  pied de l'arête inférieure de droite sur la ligne de gorge. L'arête de gauche  $af_1$  sera parallèle à  $b'h$  et à une distance qui sera de  $fg$  pour la ligne  $bh$ . La figure  $cfba$  sera donc le parallélogramme d'occupation de l'empanon sur la sablière.

La mise en herse de l'embrèvement est facile à obtenir. On reproduit, en (4''') rabattue, la projection verticale auxiliaire (4'') et on déduit de suite sur la herse (4'), en  $a_1$ ,  $b_1$  et  $c_1$ ,  $d_1$ , les arêtes du parallélogramme d'occupation et en  $e_1$ ,  $f_1$  l'arête d'about de l'embrèvement.

Pour la projection horizontale de l'embrèvement, il suffit, des points  $e_1$ ,  $f_1$  de la herse, de remonter aux projections  $ef$  de l'arête d'embrèvement, laquelle se confond en plan avec la ligne d'about.

#### PROJECTION DE L'EMPANON SUR SES FACES LATÉRALES

**630.** Pour obtenir cette projection, on donne quartier à (4'), de manière à obtenir (4''). La largeur  $\beta$  étant connue, il sera facile de tracer les deux lignes DG et BP. En EGPQ on a le parallélogramme supérieur d'occupation obtenu par des lignes de rappel. L'arête d'embrèvement EF est donnée par sa distance  $\alpha$  au lattis supérieur, distance fournie en  $\alpha$  dans (4'').

#### PROJECTION DU TENON EN PLAN (4)

**631.** Ce tenon est représenté en plan

dans la figure 932 par les chiffres 1.2.3.4 et 5.6.7.8. La racine de ce tenon 1.2.3.4 se trace en prenant le tiers des côtés  $ef_1$  et  $gh$  de l'occupation. Les arêtes 1.5 et 4.8 des joues sont parallèles à celles de l'empanon. Le bout du tenon 5.8.6.7 est formé par un plan vertical qui est presque toujours le plan projetant horizontalement l'arête OA du trièdre. L'about 2.6 et 3.7 se détermine par la considération que son plan passe par la droite  $ch$  et soit, de plus, perpendiculaire à la face rencontrée, c'est-à-dire à la face Ph de l'arétier.

Cherchons maintenant la direction des arêtes 2.6 et 3.7 de l'about. Menons le plan d'about dont nous venons de parler. Prolongeons  $gh$  jusqu'en  $\omega$  qui est sa trace horizontale. Ce point  $\omega$  est, d'une part, sur la ligne  $gh$  prolongée et, d'autre part, sur la droite  $f'b$  qui est la trace horizontale de la face latérale  $gf'h$ .

Le plan mené par  $\omega$ , perpendiculaire à la face P $\omega$  de l'arétier, aura donc sa trace  $\omega r$  qui passera par  $\omega$  et qui sera perpendiculaire à P $\omega$ . Cette dernière recoupe en  $r$  la ligne d'about qui est la trace horizontale du lattis supérieur. Donc,  $rg$  est l'intersection du plan d'about avec le lattis supérieur. Comme les joues du tenon sont parallèles au lattis, les arêtes 2.6 et 3.7 de l'about seront parallèles à la direction trouvée  $rg$ , ce qui permettra de le tracer très facilement.

On peut mettre en herse le tenon de la manière suivante :

La racine 1.3.2.4 (4') s'obtient, comme nous le savons, en prenant le tiers des côtés de l'occupation. Les points 5.8 se trouvent, d'une part, sur la ligne  $e_1f_1$  et, d'autre part, sur les lignes de rappel menées des points 5.8 de (4). Sur le chantier, on opère autrement. On prend, à partir de la racine du tenon, une longueur  $wv = t_1\theta_3$ . Le point  $v$  est alors un point de l'arête du bout. Comme nous connaissons sa direction, il sera facile de la tracer. La direction des arêtes d'about 6.7 et 2.3 s'obtient facilement en rabattant en  $or_1g_1$  la droite  $rg$  trouvée précédemment, ayant la direction et la projection des points 6.7.2.3, pris dans (4), on tracera la face 2.3.6.7 du tenon.

En donnant quartier à la pièce (4') et en



opérant par projections, comme l'indique l'épure, on obtiendra la face (4'') de la pièce considérée.

Pour terminer l'explication de l'épure dont la figure 932 montre le croquis, il nous reste à dire quelques mots de la mortaise de l'empanon (4) dans l'arétier (5). Prenons, comme ligne de terre, la droite  $xy$  parallèle aux faces de l'arétier et projetons cet arétier dans ce nouveau plan; nous obtiendrons alors (5'). La hauteur  $\theta_2'$  et  $\theta_2''$  du point  $\theta$  de l'arête du trièdre est connue par la distance  $\theta''\theta'$  prise sur l'élévation de la figure 932. La ligne  $A''_2\theta_2'$  nous donnera la direction de toutes les arêtes de l'arétier. En menant, par les points  $e'f_1gh$ , des lignes de rappel perpendiculairement à  $xy$ , nous obtenons, en  $e'_2f'_2h'_2g'_2$  le parallélogramme d'occupation en vraie grandeur. L'entrée de la mortaise 1', 2', 3', 4', s'obtient, comme nous le savons, en prenant le tiers des côtés de l'occupation. Pour les jouées de la mortaise, remarquons que la ligne de voie  $\theta_3\theta$ , projetée (5'') en  $\theta_4\theta'_2$ , donne la direction des arêtes 1'5' et 4'8'.

Afin de les limiter au fond de la mortaise, on donne quartier à la pièce (5''), de manière à l'amener en (5'''); l'épaisseur à donner à cette pièce est prise égale à  $\epsilon$  de (5). La ligne de voie  $T'\theta'_2$  est projetée en  $T\theta_6$ .

Cette ligne donne la direction des arêtes 1.5 et 4.8 lesquelles sont limitées en projection à la ligne de voie, ce qui détermine les points 8 et 5 desquels on déduit, dans les figures 932-5', les points 5' et 8' et, par suite, les arêtes 5'.6' et 8'.7' donnant le fond de la mortaise.

Quant à l'about 6'.7'.2'.3', il se projette tout entier en (5'') sur une ligne droite, parce que le plan de cet about est perpendiculaire à la face verticale de l'arétier.

## OBSERVATIONS RELATIVES AUX DIFFÉRENTS

## TRACÉS D'UN ARÉTIER DÉVOYÉ

**632.** Dans la croupe biaise que nous prenons comme exemple, il est bon de rappeler que les arétiers étant de longueur et de formes différentes sont désignés par des noms particuliers. On appelle *petit arétier*, celui qui coupe l'angle

obtus et *grand arétier*, celui qui est placé à l'angle aigu du bâtiment.

Le problème qu'on a le plus souvent à résoudre est le suivant :

*Tracer les coupes d'un arétier dévoyé, quelles que soient ses dimensions, sa pente, celles des deux versants, l'angle linéaire de la base et la déviation arbitraire qu'on veut lui donner.*

Les quatre données arbitraires de la pente de long pan, de celle de la croupe, de la déviation de l'arétier et de sa pente sont tellement liées que trois de ces conditions entraînent la quatrième. Deux suffiraient même pour les quatre, si la pente de l'arétier n'était pas une des deux.

Parmi toutes les coupes qu'on pourrait supposer faites à la pièce de bois destinée à former un arétier et dont chacune aurait nécessairement une figure déterminée et différente, on s'arrête aux trois principales qui sont : l'*horizontale*, la *verticale* et celle qui est *perpendiculaire* à la dimension longitudinale de la pièce.

## I. — Coupe horizontale

**633.** Soit ABC (fig. 933) l'angle linéaire de la base du comble, donné par les lignes d'about, tant horizontale que verticale; BE, la projection horizontale de l'arête, d'après le degré de déviation de l'arétier; EBK, la pente qui résulte, pour l'arétier, tant de sa déviation que des pentes respectives des deux versants. A la ligne d'arête BE, on élève la perpendiculaire BG, égale à l'épaisseur de l'arétier. On mène ensuite, au côté BA de la base, la droite GH parallèle à l'autre côté BC. Par l'intersection H, on mène HJ perpendiculaire à la ligne d'arête BE. Comme nous l'avons déjà vu, les deux points HJ seront les origines des arêtes de délardement et, par suite, les lignes HB et JF, parallèles à BE, sont les projections horizontales des faces verticales de l'arétier et le triangle BHJ constitue essentiellement la coupe horizontale de cette pièce de bois, coupe qui se prolonge plus ou moins vers E, suivant la largeur de la pièce. Le point I de la projection horizontale, appartenant aussi à la projection verticale de l'arétier, est, dans

celle-ci, l'origine de la projection des arêtes de délardement qu'on mènera par ce point parallèlement à la ligne d'arête BK. Cette seconde projection n'est pas même nécessaire pour faire l'application de ce tracé au volume.

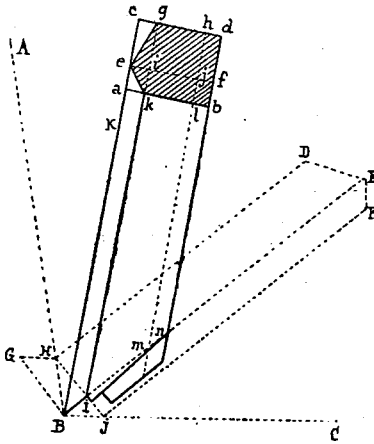


Fig. 933.

Sur la face du lattis de la pièce de bois, traçons une perpendiculaire à la dimension longitudinale (*un trait carré*) et por-

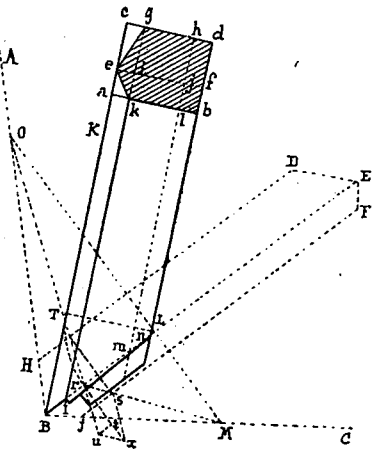


Fig. 934.

tons-y, à partir de l'une des arêtes, l'une des distances HI ou JI. Nous aurons ainsi un point de passage de la ligne d'arête qui doit être réservée sur cette face et qu'il

sera facile de tracer parallèlement aux arêtes. Sur les faces verticales d'un point quelconque d'une arête du lattis, traçons une ligne qui fasse avec cette arête, vers le bout supérieur de la pièce, un angle égal à la pente de l'arétier et qui soit ainsi parallèle à la coupe horizontale, telle qu'est BE de la figure 933, et portons-y, à partir du sommet, la distance BI, qui donnera un des points de passage de chacune des lignes de délardement, qu'il sera ensuite facile de mener par ces points parallèlement aux arêtes. De ce tracé, il sera très simple de déduire la section droite de la pièce de bois, puisqu'il suffit, pour cela, de supposer la coupe horizontale relevée jusqu'à ce qu'elle se trouve perpendiculaire à la longueur de l'arétier.

Or, dans ce cas, HJ ou toute autre perpendiculaire à la ligne d'arête, telle que OM (*fig. 934*), resterait base du triangle et en traçant, de l'intersection L, la droite LT perpendiculaire à la pente BK, on aurait la hauteur réelle de la nouvelle coupe ; de telle sorte que, portant LT de T en r et joignant rO et rM, le triangle MrO serait celui de la coupe perpendiculaire dont on réduirait la surface à sa véritable grandeur en prolongeant indéfiniment Or, menant rx perpendiculaire à BE et égale à l'épaisseur de l'arétier et menant ensuite ux parallèle à rM. On peut de même en tirer la forme de la coupe verticale ; car si, sur la projection horizontale d'arête BE, on élève une perpendiculaire ou verticale jusqu'à la pente BK, par l'intersection I, ou par celle de toute autre perpendiculaire, telle que le point L de OM (*fig. 935*), elle sera la hauteur réelle du triangle qui formerait la coupe verticale du comble ; de telle sorte que, en portant Lw en Ls et en joignant Os et Ms, le triangle MsO sera celui de la coupe verticale dont on réduirait aussi la surface à la grandeur qui appartient proprement à l'arétier en prolongeant indéfiniment Os, faisant sx perpendiculaire à BE et égale à l'épaisseur de l'arétier et menant ux parallèle à Ms.

## II. — Coupe perpendiculaire

**634.** Pour tracer l'arétier sur sa coupe perpendiculaire, qui est celle qui se trouve

faite le plus ordinairement dans l'angle de la base ABE (fig. 934), sur la projection horizontale BE de l'arête, menons une perpendiculaire quelconque OM et, de l'intersection L, une perpendiculaire LT à la ligne de pente BK. Elle pourra se représenter sur la pièce de bois, mais pour la direction seulement, par un trait carré retourné sur toutes les faces. Elle exprime par elle-même la hauteur réelle du triangle qui forme la coupe perpendiculaire du comble, faite sur MO qui est la sous-tendante de l'angle plan formé par les deux versants à l'arête de l'arétier. On porte cette hauteur LT de L en r et on joint Or, Mr. Si, après avoir prolongé Or, on mène rx perpendiculaire à BE et égale à

arêtes sur la face du lattis, ts ou tx, pour avoir un point de passage de la ligne d'arête à réserver sur cette face.

Il est évident que les deux mêmes longueurs ts et tx, portées de part et d'autre de l'intersection L en r et n, donneront de suite les points de passage des lignes de délardement qui formeront la coupe horizontale et qu'on en déduirait de même la coupe verticale comme nous l'avons vu précédemment.

III. — Coupe verticale

635. Si la pièce dont on veut former l'arétier avait déjà une section verticale provenant d'un emploi antérieur, on pourrait trouver intéressant d'y faire le tracé

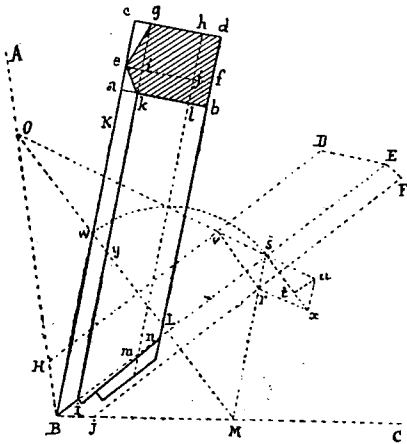


Fig. 935.

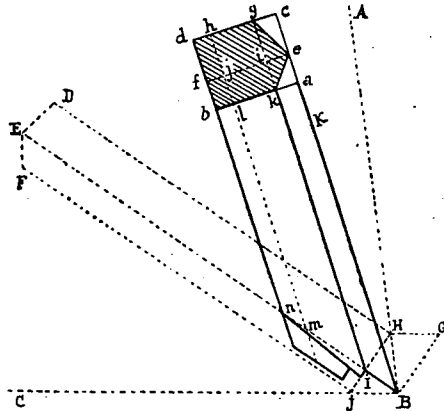


Fig. 936.

l'épaisseur de l'arétier, puis  $ux$  parallèle à  $rm$ , on aura, dans le triangle  $rxu$ , la coupe réelle et propre de l'arétier, indépendante de la largeur de la pièce, qui peut y ajouter un parallélogramme plus ou moins étendu.

Pour appliquer à la pièce de bois ce tracé supposé fait ailleurs, il suffit de transporter, sur chacune des faces verticales, la perpendiculaire  $ut$  sur le trait carré, à partir de chaque arête de la face du lattis, comme la figure 935 le montre de  $w$  en  $y$ ; de mener longitudinalement, par ces deux points, les lignes de délardement et de porter aussi de l'une de ces

primitif. Pour cela, par un point quelconque  $w$  de la ligne de pente BK (fig. 935) on mène à la projection horizontale de la ligne d'arête BE, dans l'angle de la base ABC, une perpendiculaire  $owLM$ .

La droite OM serait la trace horizontale et la sous tendante d'une section verticale du comble perpendiculaire au plan vertical qui passerait par l'arête. La portion  $wL$  serait la hauteur du triangle qui formerait cette section.

Donc, en portant  $Lw$  de L en  $s$  et joignant  $Os$  et  $Ms$ , on aurait cette coupe du comble dans le triangle  $MsO$  et on déterminerait la portion du sommet de

ce triangle qui appartient proprement à l'arétier en prolongeant *Os*, menant *sz* perpendiculaire à *BE* et égale à l'épaisseur de la pièce, puis *ux* parallèle à *Ms*.

Ce tracé conduit aussi aux deux autres. En effet, il suffit de porter *ts* et *tw* de part et d'autre de la ligne d'arête *BE* et de mener, à ces deux distances, les pa-

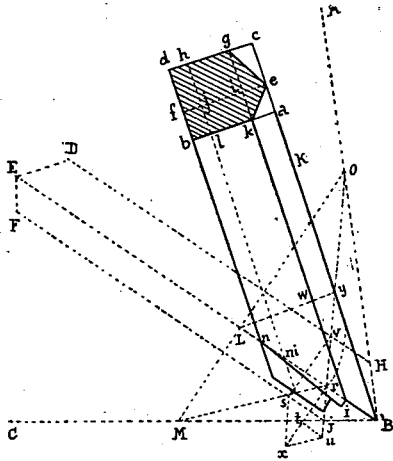


Fig. 937.

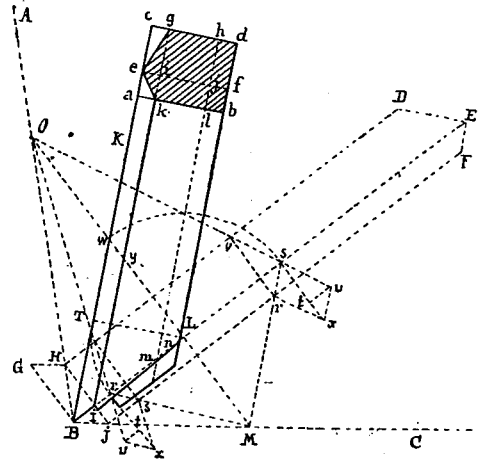


Fig. 939

Pour appliquer ce tracé au volume, il suffit de porter *ts* ou *tw* de l'un des bords sur l'épaisseur de la pièce. On aura un

point de passage d'une ligne qui, menée parallèlement aux faces verticales, déterminera la ligne d'arête sur la face du lattis et la hauteur *tu* du triangle donnera les lignes de délardement en la portant sur les faces verticales, à partir de l'arête du lattis, sur une verticale quelconque.

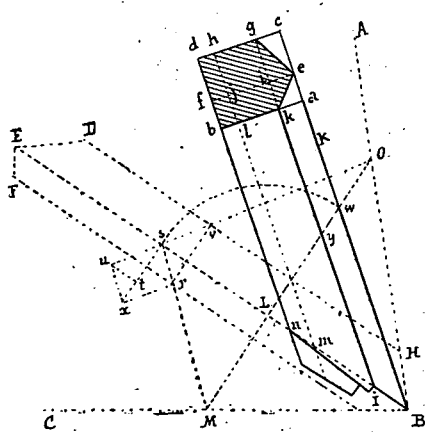


Fig. 938.

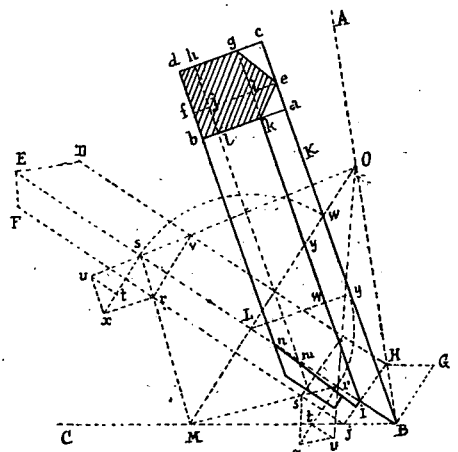


Fig. 940.

point de passage d'une ligne qui, menée parallèlement aux faces verticales, déterminera la ligne d'arête sur la face du lattis et la hauteur *tu* du triangle donnera les lignes de délardement en la portant sur les faces verticales, à partir de l'arête du lattis, sur une verticale quelconque.

Sur *ekg*, il suffit de mener deux perpendiculaires à l'arétier *ab*, *cd*, espacées entre elles suivant l'épaisseur de la pièce et de porter sur *hg*, en *i*, l'une des distances *ts*, *tw*, et de joindre *ek* et *eg*.

Les figures 936, 937 et 938 présentent l'application des mêmes méthodes sur un arêtier destiné à occuper un angle aigu.

Les figures 939 et 940 montrent les trois procédés précédents réunis sur la même figure, soit pour l'angle aigu, soit pour l'angle obtus. On peut ainsi se convaincre, comme le dit Krafft, auquel nous empruntons ces divers tracés, que le dessin d'un arêtier biais ne diffère en rien de celui d'un arêtier droit et que les prétendues difficultés, que chaque praticien semble attacher à la méthode qu'il préconise, n'existent pas.

#### EMPANONS D'UNE CROUPE BIAISE

**636.** Dans la croupe biaise, dont nous rappelons le croquis (fig. 941), les empanons peuvent recevoir deux formes différentes, c'est-à-dire qu'ils peuvent être *délarvés* ou *déversés*.

L'empanon délarvé, représenté en A (fig. 941) pour l'empanon de croupe et en A' pour l'empanon de long pan, est celui

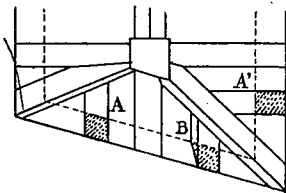


Fig. 941.

dont deux des faces sont verticales et les autres parallèles au plan du lattis de long pan ou de croupe suivant que l'on considère l'un ou l'autre des deux empanons ; ces faces ne sont pas à angle droit, quoique parallèles deux à deux.

L'empanon déversé, représenté en B (fig. 941) a ses angles droits, c'est-à-dire que ses faces sont perpendiculaires au lattis.

De là, on peut conclure que, à équarrissage égal, l'empanon déversé, conservant plus de bois que l'empanon délarvé, sera plus fort et qu'il doit être préféré à ce dernier.

Nous avons étudié l'empanon déversé et l'empanon de long pan dans l'épure de

la croupe biaise ; il nous reste à dire quelques mots de l'empanon délarvé de croupe.

Comme nous l'avons déjà indiqué pour d'autres pièces de la croupe biaise, voyons quelles sont les questions à résoudre pour déterminer, par un tracé, la forme de cet empanon.

Il faut chercher :

1° La quantité dont on doit délarver la pièce de bois de chaque côté pour que les deux faces latérales de cette pièce soient verticales ;

2° La forme et la position de sa face de contact avec le plan vertical de l'arêtier avec lequel elle s'assemble ;

3° La forme de son tenon ;

4° La coupe du pied de cet empanon à l'endroit où il s'assemble avec la sablière.

La figure 942 donne le croquis d'un empanon de croupe délarvé. Le contour extérieur des murs est représenté par la ligne brisée ABC. En (1) et en (1') nous avons indiqué les projections horizontales et verticales de l'arêtier, données l'une et l'autre par les lignes ZT, JU et leurs parallèles. En (1''), nous indiquons le profil de croupe obtenu en faisant, dans le plan, une coupe parallèle à la ligne GH.

L'empanon, dont la largeur en plan est donnée par la ligne *ab*, est représenté dans l'épure par les projections (2) (2'). Cette largeur *ab* de l'empanon est prise sur une droite perpendiculaire à son axe *xx'*. Cet axe *xx'* est lui-même pris parallèlement à la direction AB du bâtiment, disposition toujours adoptée dans les croupes biaises. En *efde*, se trouvent les projections horizontales des arêtes par lesquelles doivent passer les faces verticales.

La droite *fe* est la projection de la face de contact de l'empanon avec l'arêtier.

Le tenon de l'empanon est indiqué en *efgh*. Ses dimensions doivent être, comme nous le savons, proportionnées aux dimensions des deux pièces assemblées avec la condition que le petit côté projeté en *eh* soit dirigé perpendiculairement à la face de l'arêtier.

Ce moyen de terminer le tenon a pour but de lui donner plus de force.

Les différentes parties du problème

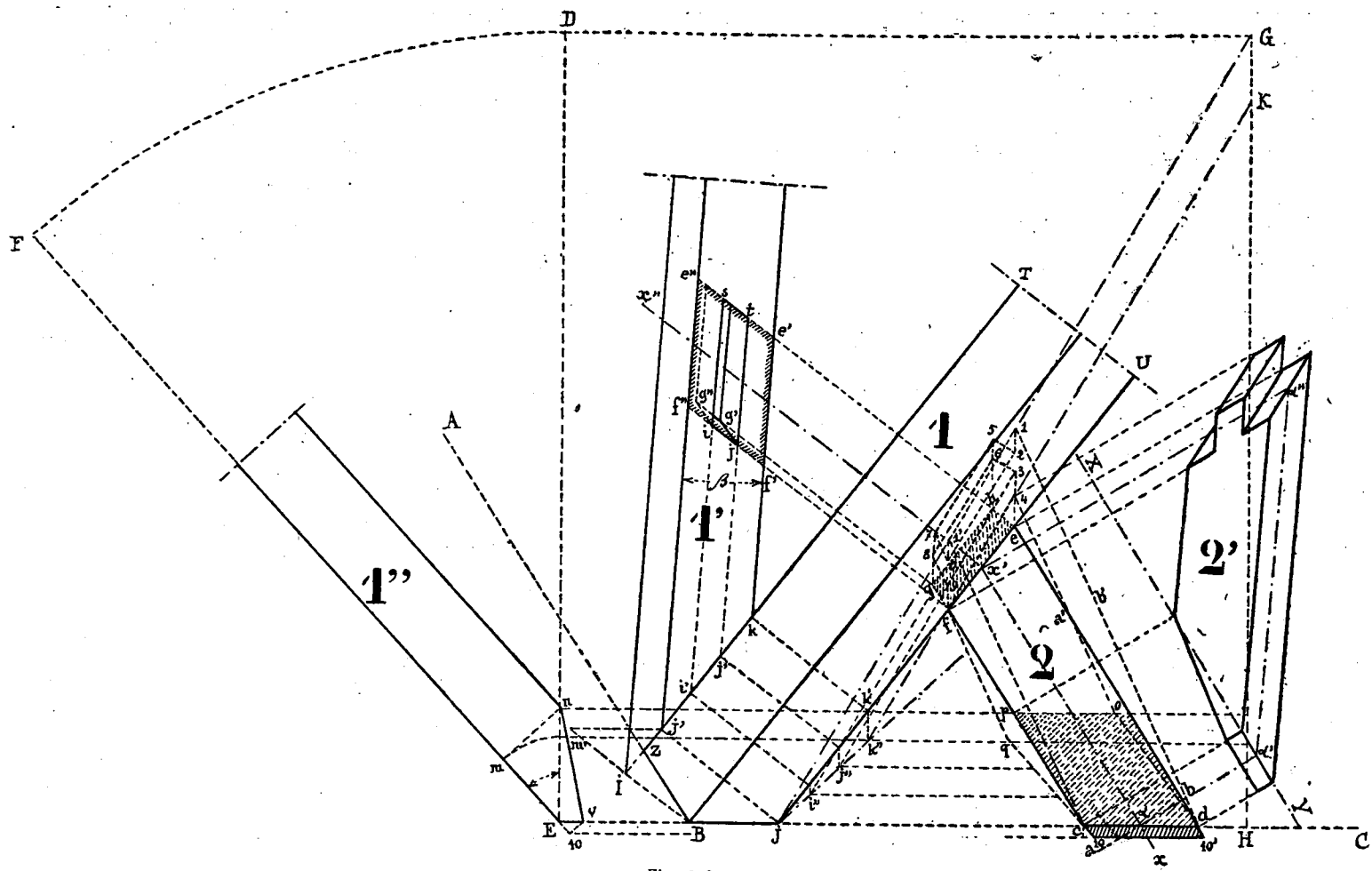


Fig. 942.

étant ainsi posées, voyons comment se fait le tracé des faces verticales.

Ces faces étant verticales, sont projetées horizontalement suivant les lignes *cf*, *de* parallèles à l'axe *ax'*. Ces droites représentent les arêtes supérieures. Les arêtes inférieures sont données par les lignes *pf*, *oe*. Cherchons les véritables longueurs de ces faces. Pour cela, mettons l'empanon et l'arétier en herse, c'est-à-dire effectuons un rabattement sur le plan horizontal autour de la ligne d'about GH. Pour l'arétier, comme on n'a opéré que sur la face verticale projetée suivant JU, il suffira de rabattre seulement celle-ci sans avoir égard aux autres, ce qui revient à trouver les arêtes supérieures et inférieures.

Pour la première, prenons sur le profil de croupe représenté en (1''), une distance quelconque EF que nous rabattons en GH. Si nous joignons alors JG nous aurons la ligne cherchée.

Pour la seconde, projetée dans le plan horizontal suivant *h'U* et en projection verticale suivant *ke'*, on élève la perpendiculaire *mn*.

On rabat le point *m* en *k''*; puis, par ce point *k''*, on mène la droite *k''K* parallèlement à l'arête supérieure projetée en JG. Les deux droites JG et *k''K* représentent donc l'arête supérieure et l'arête inférieure. Par les points de rencontre des lignes *cf* et *de* avec l'arétier, c'est-à-dire par les points *ef*, on mène les lignes *e1* et *f1'* parallèlement à GH. Ces lignes rencontrent la droite JG en deux points 1 et 1' qui représentent le rabattement des deux points *ef*. Joignons le point 1' au point *c* et le point 1 au point *d*. Les deux points *c* et *d* ayant une position invariable, comme étant situés dans le plan de la sablière, les lignes 1'*c* et 1*d*, ainsi menées, seront les véritables longueurs des arêtes supérieures de l'empanon.

En faisant une construction analogue, il sera facile de trouver la vraie grandeur des arêtes inférieures. La distance *a'b'* représentera la plus grande épaisseur de la partie du bois à enlever à l'empanon, suivant la face *doe1*, d'une part, et suivant la face *cpf1'*, de l'autre. La partie à enlever a la forme d'un prisme triangulaire.

En (1' — *fig.* 942), nous voyons, entourée de petites hachures, la face d'occupation de l'empanon sur l'arétier représenté en projection verticale. Pour l'obtenir, menons par les points *e* et *f* deux droites *ff''* et *ee''* perpendiculaires à la droite JU. Ces deux lignes déterminent le losange *ff''e''e* qui sera la face de contact de l'empanon sur l'arétier. Connaissant cette face, elle peut donner directement, par rabattement, les points 1 et 1' et, par suite, le rabattement des arêtes de l'empanon. Il suffit, pour cela, de prendre la distance *J'e''*, de la porter de J en 1 sur la droite JG, puis *J'f''* et de la porter de J en 1', également sur la droite JG.

Voyons maintenant comment on peut déterminer la véritable longueur des arêtes du tenon ainsi que leur inclinaison qui doit résulter du parallélisme qu'il faut conserver entre ces arêtes et celle de l'arétier. Pour cela, commençons par porter son épaisseur sur la face de contact projetée en (1' — *fig.* 942). Cette épaisseur étant le plus souvent le tiers de la largeur de la pièce, il nous suffit de prendre le tiers de la largeur  $\beta$  pour obtenir les deux lignes *is* et *jt* représentant la largeur de la mortaise et, par suite, celle du tenon de l'empanon. Pour faire le rabattement sur le plan horizontal, il nous suffit, comme le montre la figure, de mener les lignes *ii''* et *jj''*; puis, par les points *i''* et *j''* ainsi obtenus, de mener deux droites parallèles à JG pour avoir de suite les points 2 et 3 sur la ligne *e1*. Ensuite, par ces points 2,3, on élève les deux droites 2,5 et 3,6 perpendiculairement à JG jusqu'à leur rencontre avec la verticale *h5*. Les points 5,6, donnent ainsi la position des deux sommets du tenon projetés tous les deux au point *h*. Par les points 5,6, on mène alors les parallèles 5,7 et 6,8; puis, par les points 7 et 8, on mène encore deux parallèles, 8,9, et 7,0. L'ensemble ainsi formé, et représenté en lignes pointillées dans la figure 942, montre bien la projection cherchée du tenon.

Nous donnons en (2' — *fig.* 942), la projection de l'empanon sur un plan parallèle aux faces verticales. Cette projection étant facile à trouver et servant à montrer

la forme exacte de l'empanon, nous n'entrerons dans aucun détail sur la manière de l'obtenir, l'épure faisant très facilement comprendre le tracé à exécuter.

Il nous reste donc, pour terminer l'étude de l'empanon délardé, à dire quelques mots du tracé de la coupe du pied de cet empanon, c'est-à-dire à déterminer la rencontre du pied de l'empanon avec la sablière.

En supposant que le plan supérieur de cette sablière coupe l'empanon par le bas, il en résultera une section qui sera représentée en projection horizontale par  $cqod$  en (2 — *fig.* 942) et par  $nE$  sur (1<sup>re</sup>) en projection verticale. L'angle d'inclinaison de cette section par rapport aux faces supérieure et inférieure de l'empanon, sera le même que celui du lattis avec la sablière. Il en résulte que, connaissant cet angle qui est toujours donné, il sera facile de le rapporter sur l'une des faces verticales, tel qu'on le voit en  $nEm$ , afin d'obtenir la rencontre cherchée. Le pied de l'empanon s'assemblant par embrèvement dans la sablière, c'est suivant  $nv$  et  $vE$  qu'il faut le couper et non suivant la ligne  $nE$ . Les deux lignes  $nv$  et  $vE$  représentant les lignes de l'embrèvement qu'il faut laisser en supplément.

Dans le rabattement de l'empanon, le petit côté  $Ev$ , qui est la projection verticale de la face d'aplomb de l'embrèvement, laquelle se trouve projetée horizontalement suivant  $cd$  et devient  $c.d. 10. 10'$ , s'obtient en élevant la droite  $v.10$  perpendiculairement à  $mE$  et en reportant la distance ainsi trouvée sur la projection (2) de la figure 942.

#### ARBALÉTRIER DE CROUPE BIAISE DÉVERSÉ ET ARBALÉTRIER DÉLARDÉ

**637.** Pour terminer ce qui est relatif à la croupe biaise, il nous reste à donner deux épures montrant, pour cette croupe, un arbalétrier déversé et un arbalétrier délardé.

##### I. — Arbalétrier déversé

**638.** L'épure de cet arbalétrier est indiquée en croquis (*fig.* 943). La droite  $OO'$  étant la ligne de voie, on prend un plan

auxiliaire  $CD$ , perpendiculaire au lattis de croupe.

Dans ce nouveau plan, la ligne de voie s'y projette en  $x', \theta$  qui est la ligne de plus grande pente du lattis supérieur de croupe. Comme nous l'avons déjà vu pour d'autres pièces de la croupe biaise, il faut mettre en herse sur le plan horizontal. Pour cela, nous savons qu'il faut prendre une charnière qui, dans le cas actuel, sera, par exemple, la ligne  $EF$  placée un peu au-dessous du plan de dessus des sablières.

La ligne de voie étant rabattue en  $O'x''$ , la largeur  $\alpha$  qu'on désire donner à l'arbalétrier permet d'établir les herse des faces latérales. Les deux éléments I et II de la figure 943 sont identiques et servent à faciliter la mise en herse.

Pour le tenon et l'embrèvement du pied, on relève les arêtes du dessus  $mn$  et on en déduit la position des arêtes du dessous  $ij$ , en se servant de la normale  $p'q'$  menée au lattis, rabattue en  $p''q''$  et ramenée en  $pq$ . L'about  $mnr$ s de l'embrèvement se détermine comme pour un empanon ordinaire déversé.

On trace la racine du tenon et son bout dans l'élément II (*fig.* 943), et on le reproduit dans l'élément I. Ses joues sont formées par des plans perpendiculaires aux lattis. Sur la herse, en III, on reporte ces joues qu'on limite aux points voulus par des lignes de rappel menées de l'élément I. La herse établie, on en déduit le plan V et la mise en quartier IV.

Il y aurait à répéter les mêmes opérations nécessitées pour un empanon. Le déjoutement se trace, à priori, en plan (III). A droite, il se compose d'un plan vertical  $abc$ , formé par la face de l'arétier, qui occupe tout l'espace compris entre les arêtes  $na$  et  $se$  (V), espace dû au déversement.

Le plan  $ea$  détermine, dans l'arbalétrier de croupe, une entaille triangulaire  $abe$ ,  $a'b'e'$ ,  $a''b''e''$  marquée dans l'épure par des hachures. Une autre entaille est faite du côté gauche et indiquée également par des hachures.

A partir des verticales  $eb$ ,  $e'b'$  et  $cf$ ,  $c'f'$ , le déjoutement se fait en tour ronde par des plans verticaux  $ewO$  à droite, et



$p'f''O$  à gauche qui convergent au point  $O$ . | mer le pentagone  $b, e, g, 7, 4$ , tandis que  
 Le déjoutement de droite permet de for- | celui de gauche ne donne naissance, dans

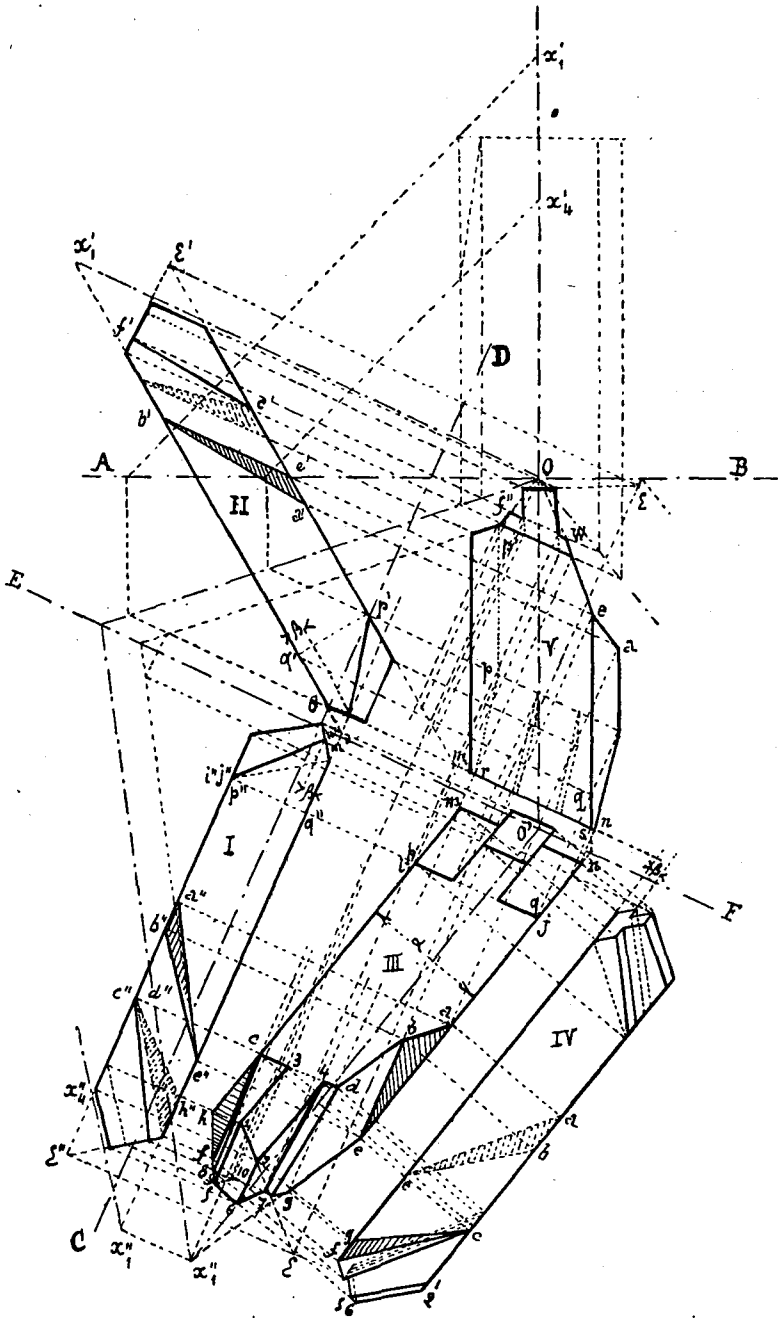


Fig. 943.

ce cas particulier, qu'à un triangle  $c, 8, 9$ . | La pièce ayant été plus dévoyée vers la

gauche, on aurait pu avoir un pentagone de | plan parallèle aux arêtes de la pièce. Dé-  
ce côté. Le côté  $eg$  prolongé du pentagone | terminons la droite  $e\beta'$  en premier lieu

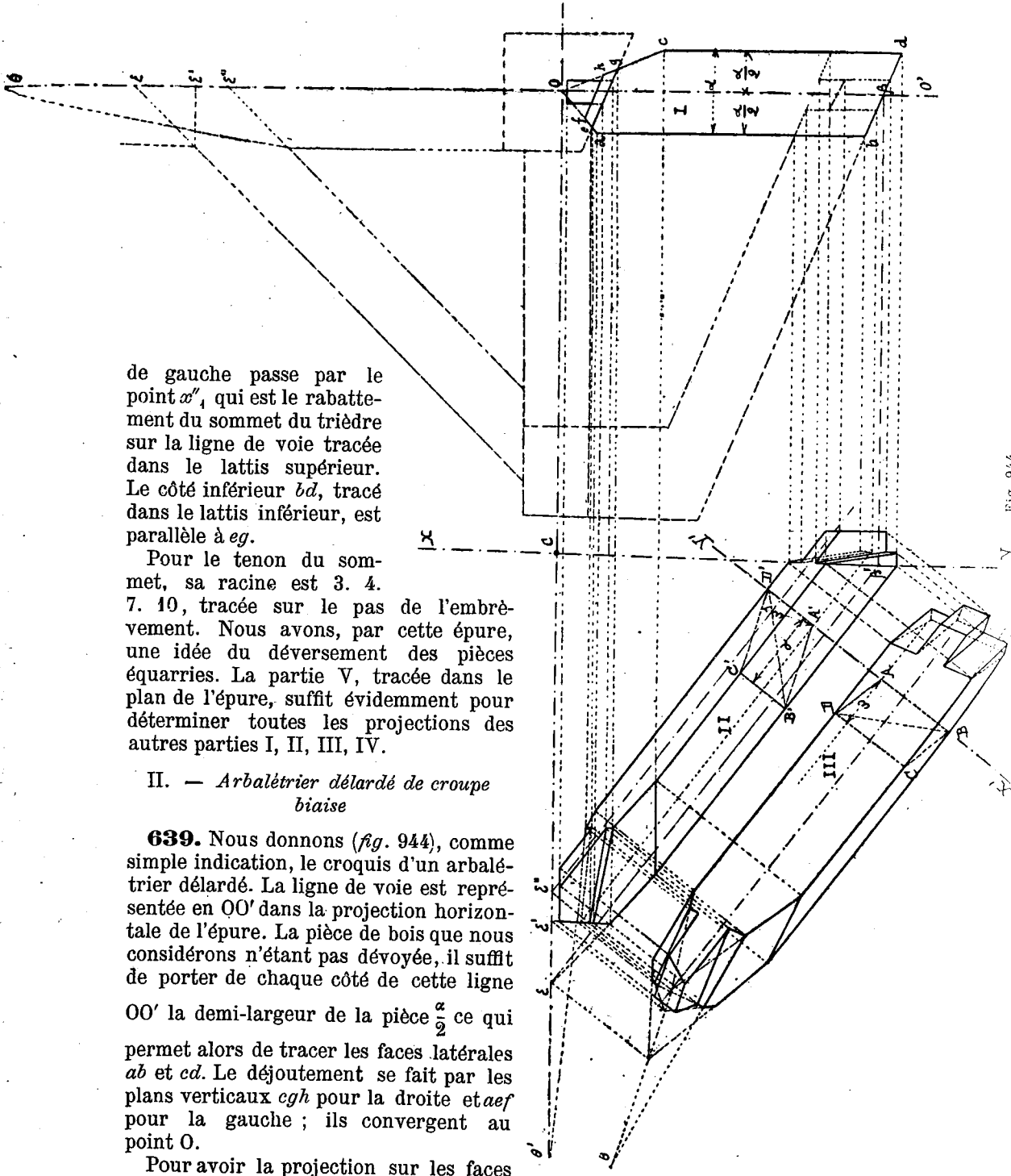


FIG. 944.

de gauche passe par le point  $\alpha''$ , qui est le rabattement du sommet du trièdre sur la ligne de voie tracée dans le lattis supérieur. Le côté inférieur  $bd$ , tracé dans le lattis inférieur, est parallèle à  $eg$ .

Pour le tenon du sommet, sa racine est 3. 4. 7. 10, tracée sur le pas de l'embranchement. Nous avons, par cette épure, une idée du déversement des pièces équarries. La partie V, tracée dans le plan de l'épure, suffit évidemment pour déterminer toutes les projections des autres parties I, II, III, IV.

## II. — Arbalétrier délardé de croupe biaise

**639.** Nous donnons (fig. 944), comme simple indication, le croquis d'un arbalétrier délardé. La ligne de voie est représentée en  $OO'$  dans la projection horizontale de l'épure. La pièce de bois que nous considérons n'étant pas dévoyée, il suffit de porter de chaque côté de cette ligne

$OO'$  la demi-largeur de la pièce  $\frac{a}{2}$  ce qui permet alors de tracer les faces latérales  $ab$  et  $cd$ . Le déjoutement se fait par les plans verticaux  $cgh$  pour la droite et  $aef$  pour la gauche ; ils convergent au point  $O$ .

Pour avoir la projection sur les faces

d'épaisseur, prenons en XY un nouveau en reportant la hauteur du sommet  $\epsilon$  prise dans l'élévation de O en  $\epsilon$ . En joignant  $\epsilon\beta$ , nous aurons la projection de la ligne de voie et il sera facile d'en déduire les arêtes. En projetant avec soin tous les points de (I), on obtiendra très facilement (II). En donnant quartier à la pièce, on pourra obtenir (III) projection de la pièce sur le lattis. Pour cela, on cherche, en A'B'C'D', sur un nouveau plan X'Y', la section droite de l'arbalétrier. On reproduit en ABCD, en se servant de la hauteur  $\omega$  marquée sur la section, le parallélogramme de la section droite, en plaçant horizontalement le côté AB. Il est alors facile de déduire les arêtes de l'élément III (fig. 944), et, par des lignes de projection menées de II, on achève très simplement l'élément III de la même figure.

### III. — Détails et épures d'une noue droite et d'une noue biaise.

**640.** Nous avons vu que les combles composés de surfaces planes présentent, par leur intersection, deux cas distincts :

Dans le premier cas, les faitages sont à la même hauteur.

Dans le second cas, les faitages sont à des hauteurs différentes.

*Premier cas.* — Lorsque deux combles se rencontrent ou se réunissent en formant un angle, soit aigu, soit obtus, ou même droit, comme le montre la figure 759, leurs diverses faces se construisent comme à l'ordinaire et on donne le nom de *noue* à la pièce de bois qui répond au rentrant intérieur BC de la couverture et qui doit recevoir l'extrémité de chacune des surfaces qui se rencontrent. Dans cette noue, les empanons s'y assemblent de la même manière que dans les arêtiers; elle doit donc avoir, à sa face extérieure, un angle égal à celui que forment les deux plans des lattis.

La construction d'une noue ne présente pas plus de difficultés que celle d'un arêtier dont elle ne diffère que par sa position et par son angle rentrant qui, dans l'arêtier, se trouve être saillant. Lorsque deux

combles, au lieu de se couper en formant un angle, se rencontrent en plein, soit perpendiculairement comme le montre la figure 763, soit obliquement comme nous l'indiquons figure 764, il en résulte, ainsi que nous le savons, une double intersection à chacune desquelles on place une noue. Les arêtes de ces intersections peuvent être égales ou inégales entre elles, selon la position respective de chacun des combles par rapport à l'autre.

Lorsque les combles sont égaux en largeur et perpendiculaires entre eux, la noue partage l'angle d'intersection en deux parties égales. Si leur largeur est inégale et leur rencontre oblique, il faut alors dévoyer la noue, opération qui peut se faire comme pour l'arêtier d'une croupe droite. Les noues et les empanons qui s'y assemblent peuvent être délardés, ou déversés. On nomme *noue délardée*, celle dont les faces latérales sont verticales, mais dont le côté supérieur est taillé en creux suivant l'angle formé par les plans des lattis qui y aboutissent.

La *noue déversée* est celle dont les faces latérales sont respectivement perpendiculaires au plan du lattis auquel elles correspondent et, par conséquent, non parallèles entre elles; elles ont aussi un angle de recreusement.

La noue déversée est moins avantageuse que la noue délardée; car, à équarrissage égal, la noue délardée présentera toujours plus de force, puisqu'il lui restera, de même qu'aux empanons, plus de bois qu'à la noue déversée.

*Second cas.* — Les faitages n'ont pas la même hauteur.

Dans ce cas, le comble qui sera le moins élevé rencontrera, soit perpendiculairement, soit obliquement, une des faces de l'autre comble (fig. 768 et 769). On place à la rencontre des plans des lattis, sur le plan du plus grand comble, une espèce de ferme couchée nommée *noulet*. Ce noulet peut, comme nous l'avons vu, être droit ou biais.

#### I. — NOUE DROITE

**641.** Nous allons nous occuper, en premier lieu, de la noue droite avec empanons droits qui est l'épure la plus simple

relative à l'étude des noues. Cette épure, | donnée précédemment en croquis (fig. 766).  
 dont nous donnons le croquis (fig. 945), est | Dans le croquis (fig. 945), les lignes AB,  
 le détail des pièces de la noue droite | BC sont les traces horizontales des parois

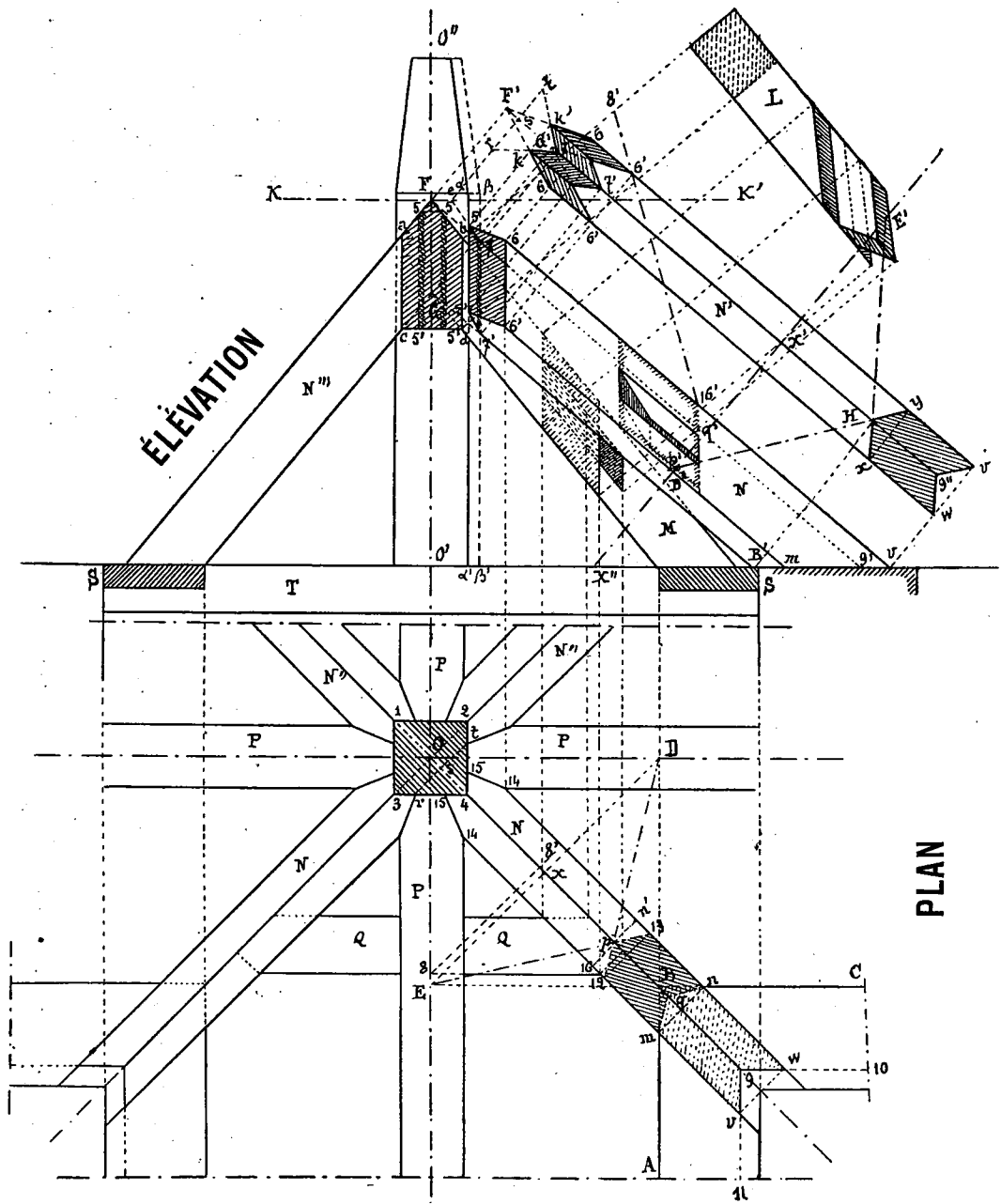


Fig. 945.

intérieures des murs qui forment l'angle | Ce sont également les lignes de gorge des  
 rentrant de la jonction des bâtiments. | assemblages des chevrons sur les sablières.

L'élévation de la figure 945 donne le profil commun aux deux bâtiments pris perpendiculairement à leur longueur et projeté sur un plan vertical passant par l'axe du poinçon, suivant la ligne OD du plan.

Les hauteurs O'F, O'G du comble sont déterminées suivant la pente du toit. Les lignes d'about 9. 10 et 9. 11, sur la projection horizontale, sont déduites du profil du comble. Le tirant est désigné par la lettre T.

Le poinçon est représenté en O'O". Les chevrons qui y correspondent sont indiqués par les lettres N" et M. Le faitage venant s'assembler dans le poinçon est représenté, dans l'élévation, par les lettres F, a, c, d, b. Le poinçon est indiqué, en plan, par le carré 1.2.3.4. Sa tête est prolongée par une partie rétrécie permettant de fixer une girouette à sa partie supérieure.

Dans le plan de la figure 945, nous avons indiqué, par les lettres P, les quatre faitages qui s'assemblent, à tenons et mortaises, sur les quatre faces du poinçon en le traversant de part en part.

Les quatre tenons des faitages s'y joignent à onglets, comme le montre la projection en plan. Les noues, au nombre de quatre, sont représentées par la lettre N. Elles reçoivent chacune une arête verticale du poinçon à engueulement, comme ceux des arêtières.

Le pas de la noue sur le tirant inférieur placé au niveau du dessus des sablières S est indiqué, en projection horizontale, par les lettres *mBnwgv*. L'élévation de la figure 945 comprend une projection verticale de la noue en supposant qu'on a fait tourner toute la ferme de noue autour de l'axe vertical O'O" du poinçon, jusqu'à ce que le plan vertical, passant par l'arête de noue OB, se confonde avec le plan de projection verticale. En élévation, la distance O'B' est égale à la ligne OB du plan et la ligne O'g' est égale à la ligne Og. Les lignes GB' et Fg' sont parallèles. La ligne Fg' est la projection verticale, en vraie grandeur, de l'arête creuse de noue. L'autre est la projection de l'arête saillante, si le chevron a été délardé en dessous en même temps que l'arête du dessus a été fouillée. Les

autres arêtes du chevron de noue sont mises en projection verticale en mettant à leur place les points *m* et *v* du plan sur la ligne O'B' de la projection verticale.

Dans le mouvement qu'on a fait effectuer à la ferme de noue, l'arête  $\alpha\alpha'$  du poinçon, projetée en 4 dans le plan de la noue, est venue prendre la direction  $\beta\beta'$ . La projection verticale des déjoutements est faite par la rencontre des projections des arêtes par les verticales 55'.66' passant par les joints 14 et 15 de la projection horizontale. Ces points sont tracés à la même distance de l'axe du poinçon en projection verticale qu'ils sont éloignés en plan de la diagonale 2.3.

Les lignes 5.6 et 5'.6', données en projection verticale et qui terminent les déjoutements en haut et en bas, sont tracées par la considération qu'étant l'une dans un des plans intérieurs du toit, l'autre dans le plan extérieur parallèle et qu'elles passent par le point O de la projection horizontale, leurs prolongements, sur la projection verticale, doivent passer par les points F et G dans lesquels l'axe du poinçon est coupé par les mêmes plans des toits.

Pour le tracé des enguelements en élévation, il est bon de savoir que leurs bords supérieurs et leurs bords inférieurs passent par les points 7 et 7', points où l'arête saillante et l'arête creuse rencontrent l'arête du poinçon. Si l'on a bien opéré, la ligne 5. 7 doit passer par le point *e*, projection verticale des points *r, t* des faitages en plan suivant lesquelles les lignes de faitage rencontrent le poinçon.

Dans l'élévation, l'élément N' (fig. 945), montre la position de l'élément N de la même figure auquel on aurait donné quartier; le chevron de noue est ainsi vu par-dessous. La largeur de ce chevron ainsi projeté est prise dans le plan de la figure suivante *mn*, par exemple. Le tracé de ce chevron, vu en dessous, est très simple et s'obtient par la projection de tous les points du chevron N de l'élévation. Les déjoutements sont donnés par la projection des points 6 et 6' sur des lignes qui concourent aux points F' et G', projections des points F et G. Par le point *e* de la ligne horizontale KK', qui est la projection ver-

ticale des arêtes de faitage, si l'on élève une perpendiculaire *es* sur la ligne *F'G'* et qu'on prolonge jusqu'à cette ligne, celles d'engueulement  $7k$  et  $7k'$ , les lignes *sr* et *st* doivent être égales aux lignes *sr* et *st* de la projection horizontale.

Par les points *D* et *E*, pris en plan dans le prolongement des lignes de gorge *AB*, *CB*, traçons la ligne *ED* qui sera perpendiculaire à la ligne de noue *OD*. Prenons, dans la projection verticale de la noue, la distance *O'X''* égale à *OX* et, du point *X''*, élevons une perpendiculaire *X''X'* sur la ligne de noue *F'g''*. Cette ligne est la trace verticale d'un plan perpendiculaire au chevron de noue et la ligne *ED* est sa trace horizontale.

En faisant tourner ce plan pour le placer sur le plan horizontal, qu'on fasse *Xp*, *Xq* égales à *X'p'*, *X'q'* de la projection verticale et qu'on trace, par le point *p*, les deux lignes *pE* et *pD* et, par le point *q*, deux parallèles *qm* et *qn* à ces deux lignes; elles seront les intersections du plan perpendiculaire au chevron de noue avec les plans du dessus et du dessous des deux toits. Alors, la coupe du chevron sera l'hexagone *m. 12. p. 13. n. q.* limité en plan par des hachures. L'équarrissage de la pièce de bois qui devra fournir le chevron de noue est donné, en plan, par la surface *16. n'. m. n.* Par une opération analogue, on trace, en élévation, la base du chevron de noue *N'*. Le point *B'* se projette en *H* et le point *q'* en *q''*; enfin, le point *v* donne les points *v* et *w*.

En prenant, sur la ligne *X''X'* et à partir du point *X'*, des longueurs *X'E'* et *X'B'* respectivement égales aux longueurs *XD* et *XE* du plan; puis, en joignant les points *E'* et *D'* au point *H*, on aura les directions *Hx* et *Hy* cherchées.

Dans le plan de la croupe, nous avons indiqué, par la lettre *Q*, un empanon qui s'appuie par le haut contre la face verticale du faitage et qui s'assemble à tenon et mortaise dans le chevron de noue. Son tenon est projeté en pointillé dans les noues *N* en plan. Cet empanon est projeté verticalement sur le chevron *M* de l'élévation. Son tenon est mis en projection verticale par une méthode simple et facile à voir sur l'épure. La mortaise qui doit

recevoir ce tenon est également très simple à représenter. Comme nous en avons déjà donné plusieurs exemples, il est inutile d'y revenir.

En *L*, nous voyons, dans l'épure, la projection verticale de l'empanon placée comme si nous avions donné quartier à la pièce. Nous croyons inutile de revenir sur le tracé de cette projection qui n'offre pas de difficultés et qui se comprend à la seule inspection de la figure.

## II. — NOUE BIAISE — EMPANON DÉLARDÉ ET EMPANON DÉVERSÉ

**642.** La noue biaise, représentée en croquis (*fig. 946*), présente en détail les différentes parties du croquis schématique donné précédemment (*fig. 767*). La noue biaise, comme il est facile de s'en rendre compte par l'épure (*fig. 946*), ressemble beaucoup, non seulement comme épure, mais encore, comme description, à ce qui a été dit de la croupe droite. Il nous suffira donc de citer les points principaux.

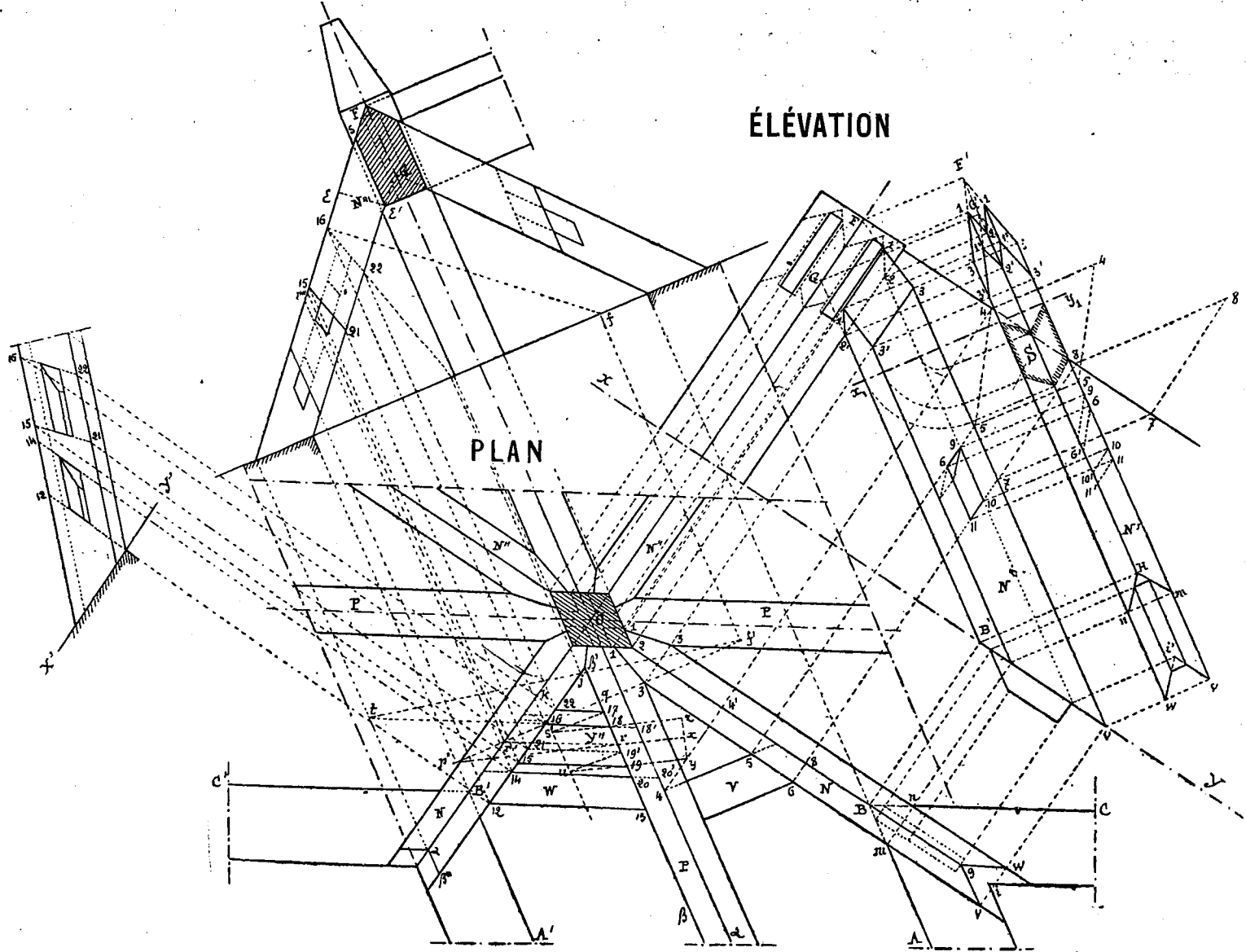
Il est bon de rappeler, avant de commencer cette description, que les noues entre toits égaux en largeur et en hauteur, quel que soit l'angle des bâtiments, ne sont jamais dévoyés.

Dans le plan de la figure *946*, les lignes *CB*, *C'B'* sont les lignes intérieures de l'un des murs d'un bâtiment. Les droites *AB*, *A'B'* sont les traces des deux murs parallèles de l'autre bâtiment. Le poinçon *O* est délardé suivant le biais ou l'angle sous lequel les deux bâtiments se rencontrent. Ces bâtiments étant égaux en largeur, la projection du poinçon est un losange et les chevrons qui se correspondent sont égaux deux à deux. Les quatre faitages s'assemblent dans le poinçon qui les soutient. Leurs tenons se joignent à onglets au centre *O*. Les chevrons de noues et les faitages sont déjoutés. Les arêtes verticales du poinçon sont reçues dans les enguelements des abouts des noues qui ne font que s'y appuyer.

Dans l'élévation de la figure *946*, nous avons représenté une coupe faite dans l'un des bâtiments par un plan vertical perpendiculaire à la direction *AB* ou *A'B'* des murs de l'un des bâtiments. La ferme transversale de ce bâtiment ainsi proje-

ÉLEVATION

PLAN



ÉPURES.

Fig. 946.

tée, servira pour tous les détails des fermes des noues.

L'autre partie de la figure ayant pour base la ligne XY est une projection de la ferme de noue de droite sur le plan vertical passant par l'arête creuse de la noue qui a, pour trace, la projection horizontale de l'arête de noue et qu'on a fait tourner autour de cette trace pour le coucher sur le plan de l'épure.

La partie de gauche de l'épure reposant sur la ligne X'Y' est une partie de la projection de l'autre ferme de noue d'arétier de gauche sur un plan vertical ayant la ligne OB' pour trace horizontale. Dans cette épure, les déjoutements et engueulements sont déterminés comme nous l'avons indiqué dans l'épure précédente.

Dans l'épure de croupe braise (*fig. 946*), nous avons indiqué trois espèces d'empanons :

1° L'empanon V est droit et perpendiculaire à l'arête du faîtage  $O\alpha$  contre lequel il s'appuie ; il s'assemble dans le chevron de noue. Cet empanon est projeté sur l'élévation avec son tenon. La mortaise qui doit recevoir ce tenon est projetée sur l'élément N (*fig. 946*) par les points 6. 11. 9. 10. Cette mortaise est reportée par des lignes pointillées sur la projection N'. Les points 6. 9. 10. 11 se projettent sur l'arête 3. m. v. ; puis, par les deux points 6 et 9, on mène des parallèles à la ligne 4. 5 tracée sur l'épure et que le dessin indique clairement. De même, par les points 10. 11, on mène des parallèles à la ligne 7. 8 qu'il est également facile de tracer en construisant le losange 7.8, 7.8.

2° En W, l'empanon est délardé. Deux de ses faces sont verticales et il s'assemble par le bas dans la noue. Cet empanon se trouve projeté dans l'élévation avec son tenon, le tout compris entre les lignes qui représentent l'épaisseur du toit. La mortaise qui reçoit le tenon de cet empanon est projetée dans la partie gauche de l'épure sur la face verticale de la noue.

3° Le troisième empanon est projeté horizontalement en Y'' et il est déversé. Pour construire l'épaisseur de cet empanon en projection horizontale, on le fait tourner autour de l'arête  $\beta\beta'$  du faîtage

contre laquelle s'appuie l'empanon et qui lui sert de ligne d'about pour le rendre horizontal. La ligne de milieu  $rr'$  de la face supérieure de l'empanon est projetée horizontalement et tracée parallèlement au faite du bâtiment dont la ligne C'B' représente un des murs.

Du point  $r'$ , on abaisse une perpendiculaire  $r'q$  sur la ligne  $\beta\beta'$  du faîtage. Cette droite est la projection horizontale et la trace du plan vertical dans lequel se meut le point  $r'$  pendant qu'on fait tourner le plan du toit autour de l'horizontale  $\beta\beta'$ . Ces points  $r'$ ,  $q$  sont projetés verticalement en  $r''$  et  $s$  et la ligne  $r''s$  est la véritable grandeur de la ligne projetée horizontalement en  $r'q$ . Donc, en portant cette longueur  $r''s$  de  $q$  en  $p'$  sur le plan horizontal,  $rp'$  est la ligne du milieu de l'empanon dont la face supérieure est dans le plan du toit et quand il a la position horizontale où il a été amené. Par le point  $x$ , pris sur la ligne  $p'r$  prolongée, on élève une perpendiculaire  $xy$  sur laquelle on porte deux longueurs  $ax$  et  $xy$  égales chacune à la demi-épaisseur de l'empanon ; puis, par ces points, on mène deux parallèles  $xs'$  et  $yu$ . Ces droites seront les projections des faces de l'empanon, perpendiculaires au toit. Les points 18 et 19, où elles coupent la ligne  $\beta\beta'$ , sont ceux autour desquels les deux arêtes de la face supérieure de l'empanon ont tourné pour suivre le mouvement du toit. Donc si, par les points 18 et 19, nous traçons deux parallèles 18. 16 et 19. 13 à la ligne  $rr'$ , elles seront les projections horizontales de ces arêtes dans le plan du toit occupant sa position primitive.

Le plan du toit étant encore supposé placé dans la situation horizontale, traçons la ligne  $s'u$  parallèle à  $\beta\beta'$  et à une distance égale à  $sa$ , prise dans l'élévation. Cette ligne  $s'u$  est, sur le plan du toit et dans la position horizontale, la projection de l'arête inférieure de la face verticale du faîtage.

Les éléments 19.u, 18.s' (*fig. 946*) représentent la surface d'application de l'empanon contre cette face verticale du faîtage, projetée sur le plan du toit supposé horizontal. Les perpendiculaires



$s'17$  et  $u19'$  abaissées des points  $s'$  et  $u$  sur la ligne  $\beta\beta'$  représentent les plans dans lesquels les points  $s'$  et  $u$  se meuvent, lorsque le plan du toit est ramené dans sa position naturelle.

Ces lignes déterminent, sur la face verticale du faitage projetée et sur la ligne  $\beta\beta'$ , les points 17.19' par lesquels passent les projections horizontales 17.22, 19'.21 des arêtes parallèles à la ligne  $rr'$ .

Les points 15.16.21.22 projetés sur la droite  $\beta\beta''$ , donnent sur la partie gauche, en 15.16.21.22, la surface d'occupation de l'empanon déversé sur le chevron de noue.

Comme le montre cette figure, la mortaise est tracée au milieu de l'occupation. Cet empanon déversé est mis en projection verticale en 15.16.21.22 dans l'élévation N''.

En S, nous avons indiqué la section droite de la pièce dans la position N'. Cette section droite est facile à trouver par un simple rabattement, comme le montre la figure.

#### IV. — Noulets.

##### I. — ÉPURE D'UN NOULET DROIT.

**643.** Lorsqu'un comble à deux égouts, au lieu d'aboutir à un pignon ou à une ferme verticale ou de se terminer en croupe, se prolonge, au contraire, jusqu'à la rencontre d'un pan de couverture d'un bâtiment plus grand, comme l'indique le croquis (fig. 947), au chevronnage duquel il se termine par une sorte de ferme oblique, la portion du petit comble ainsi projetée sur le grand se nomme *noulet*, comme nous le savons. Dans ce cas, l'assemblage oblique, qui termine le petit comble et qu'on compose souvent comme des fermes ordinaires, est simplement l'intersection d'un prisme triangulaire sur une des faces d'un autre prisme triangulaire plus grand, en supposant que ces deux prismes aient une de leurs faces sur le même plan ou, au moins, sur des plans parallèles. Il est facile de voir que cette intersection donne un triangle isocèle, si les lignes de faitage des deux combles sont

dans des directions perpendiculaires et un triangle scalène, si elles sont obliques l'une par rapport à l'autre ou si l'une des deux bases est en biais. La ferme oblique d'un noulet formerait évidemment deux noues complètes, si les lignes de faitage étaient à la même hauteur.

Les deux pièces juxtaposées au chevronnage du grand comble prennent le nom de *branches de noulet*. Si, pour plus de solidité, on y assemble d'autres pièces, on forme ainsi ce qu'on appelle une *ferme oblique de noulet (ferme couchée)* et ces autres pièces prennent le nom qu'elles auraient dans une ferme de comble ordinaire. La ferme verticale du petit comble, à laquelle commence le noulet, se nomme *fermette*. Les pièces situées entre celle-ci et la ferme oblique sont appelées *empanons de noulet, pannes de noulet*, etc.

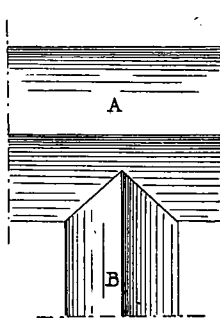


Fig. 947.

Comme application, nous allons nous occuper du tracé de l'épure d'un noulet droit, ce noulet étant donné par la rencontre d'un bâtiment neuf B venant en pénétration dans un vieux bâtiment A (fig. 947). Le plan horizontal indiqué en (1) (fig. 948) montre : en AB, l'épaisseur des murs du bâtiment ; en CD, la corniche avec sa saillie ; en CE, celle du vieux bâtiment. L'intersection C de ces deux retombees est le point inférieur de la ligne de noue CX. La ligne GI montre l'épaisseur du vieux mur du bâtiment ; F, N, les plates-formes du vieux comble de ces bâtiments ; L, M, sont celles du comble neuf qui aboutissent contre l'extérieur du vieux ; N est la projection horizontale d'un des

arbalétriers de la fermette ; K, celle de son blochet ; O, celle du poinçon. On voit que l'épaisseur de cette fermette est placée en dehors de la ligne d'égout du vieux comble afin de ne pas causer des difformités à la ligne de noue CX.

Q est un chevron du petit comble et R est un bout de la panne faitière. On voit en P la panne du noulet ; en J, le blochet de la branche de noulet, qui est en partie sur les plates-formes neuves et en partie sur une vieille ; V est la projection horizontale de l'une des branches du noulet ; UT, celle d'une croix de Saint-André ; S, les empanons ; XY est la projection horizontale de la ligne de couronnement du noulet prise dans le mesurage fait sur le vieux comble.

La partie (2) de la même figure montre la projection verticale de la fermette. On voit qu'elle est composée de pièces combinées comme aux fermes déjà étudiées. Dans cette élévation, AB indique l'épaisseur du mur neuf ; D est la saillie de la corniche ; CZ est la pente du petit comble. On indique souvent, sur cette élévation, une ligne oblique appelée, dans la pratique, *pente du vieux comble*. Pour tracer cette ligne, les éléments sont : 1° sa projection verticale ZY, axe de la fermette ; 2° sa projection horizontale XY en (1) (*fig. 948*), ligne de couronnement du noulet. Par le point Z de l'élévation, menons, parallèlement à la ligne du faux entrain, la ligne ZX qu'on fait égale à la longueur XY prise dans le plan. On voit donc que cette ligne de couronnement ZX a fait un quart de révolution sur l'axe de la fermette. Alors, l'hypoténuse XY' est bien réellement la pente du vieux comble ; elle est aussi l'axe de la ferme oblique dont la projection verticale se confondait avec celle de l'axe de la fermette avant son mouvement de rotation.

La ligne XY' exprime encore la trace de la surface de la ferme oblique qui est contiguë au vieux comble. La droite ap qui lui est parallèle a été tracée d'après l'une des dimensions d'équarrissage des bois qui doivent entrer dans sa composition. Cette dernière est la trace de la ferme oblique qui reçoit les assemblages des pannes, empanons, etc., du noulet.

Les praticiens appellent *aiguille couchée* le parallélogramme XY'ap. On pourrait, tout au plus, le considérer comme une coupe à l'axe de la ferme oblique. On a supposé que la ligne de couronnement avait fait un quart de révolution sur l'axe de la fermette, qui a transporté l'extrémité de XY dans la partie (1) de la figure et en X de l'élévation. On peut supposer le même mouvement à la fermette entière. Alors, le parallélogramme XY'ap devient une vraie projection de la ferme oblique laquelle, ayant encore subi un mouvement de quart de cercle sur la ligne XY', présentera un triangle Z'Z''d en (3) (*fig. 948*). Si l'on renvoie, par des transversales, les points principaux de la fermette sur cette projection de la ferme oblique, on aura les points nécessaires pour tracer son extension en opérant comme il suit.

Pour tracer les détails des pièces qui composent la ferme oblique représentée en (3) (*fig. 948*), menons la ligne Z''d égale à Y'C et perpendiculaire à XY', ainsi que celle de couronnement ZX'. Traçons également Z'Z'' parallèle à XY' pour isoler cette partie de l'élévation de la figure (2), car la ferme oblique ne diffère de la verticale que par la longueur de son axe ; les dimensions de largeur restent les mêmes. Traçons donc dz' qui sera l'arête de la branche du noulet contiguë au vieux comble. En menant des parallèles à Z'X, par 1 a b, on aura, sur Z'Z'', les points a 1 b par lesquels on tracera des droites parallèles à dz' qui marqueront les trois autres arêtes de la branche de noulet, toutes sur une même surface, le plan du chevronnage du grand comble, mais dont il faut supposer que les deux, provenant de a et de b, sont élevées au-dessus de ce plan de la quantité existant entre XY' et ap. En effet, par le mouvement de rotation que nous avons supposé, la ligne ap s'est placée directement sur XY' et chacun de ses points a décrit un quart de cercle perpendiculaire à cette dernière, en sorte que leurs projections sur XY' sont les mêmes qu'ils donneraient dans leur nouvelle position sur une ligne élevée au-dessus de Z'Z''. Il résulte de ce qui précède que les points g, h de la ligne ap ont donné les arêtes de la face de l'entrait G ; que 4 et

5 ont donné les arêtes de la contre-face ; et  $j''$  sur l'arête supérieure de la branche que les points  $i, j''$  sur  $ap$ , renvoyés en  $i$  de nolet, avec les distances  $tu, tv$  de (2)

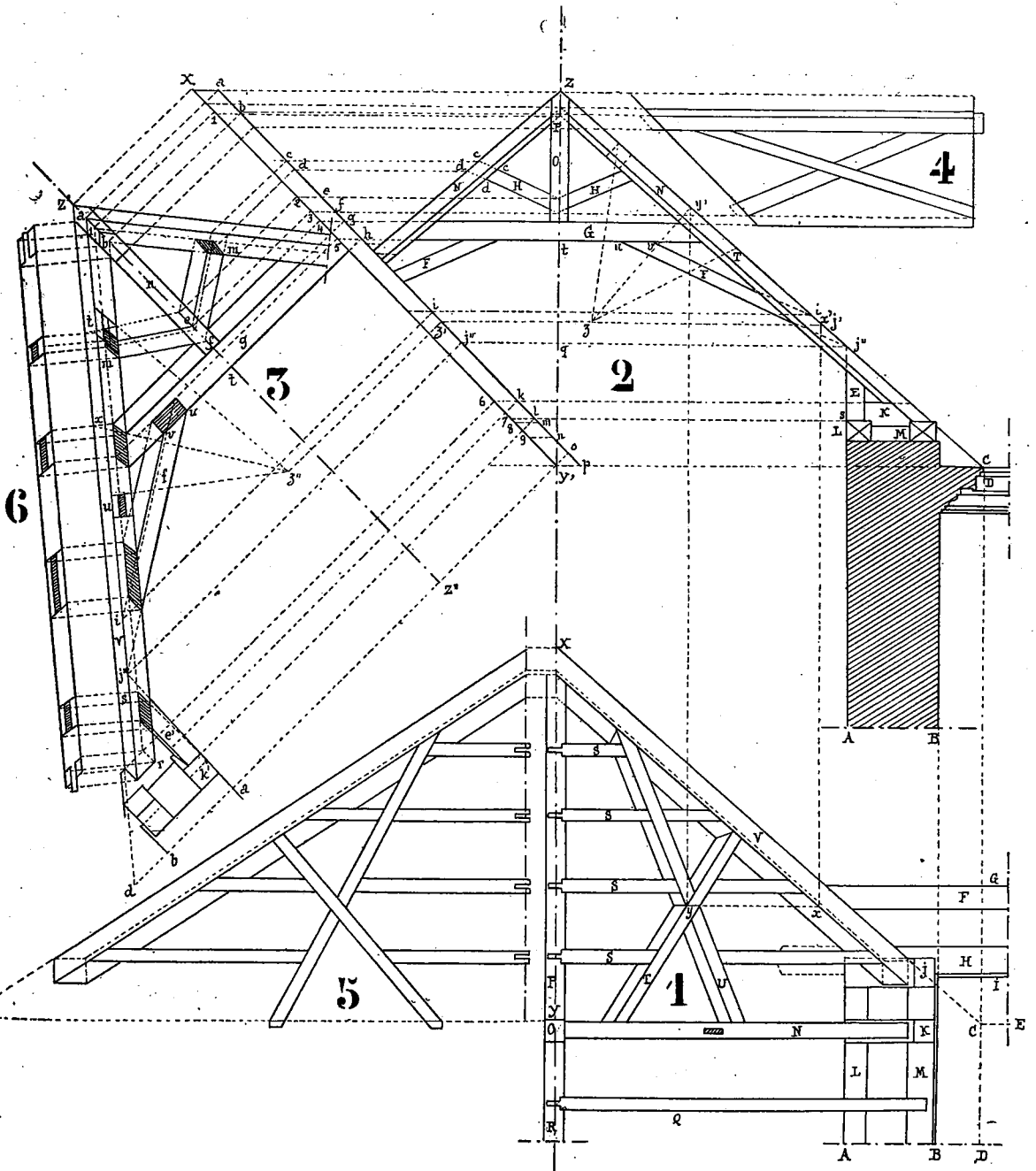


Fig. 948.

(fig. 948) reportés en  $tu, tv$  (3) (fig. 948), y | l'aisselier. Mais les arêtes de la contre-ont donné les arêtes  $j''u, iv$  de la face de | face sont tracées parallèlement aux pre-

mières par les extrémités des perpendiculaires menées des points  $u$  et  $v$  à la face intérieure de l'entrait pour y tracer l'occupation de l'aisselier. Le même procédé donnera le tracé de la jambette des contrefiches et des mortaises des empanons. La partie (6) de la figure 948 montre, dans sa largeur naturelle, la face de la branche

de noulet qui contient les mortaises de la jambette, de l'aisselier, etc. La partie (4) de la même figure montre les détails d'une croix de Saint-André placée entre le faite et le sous-faite du noulet.

Pour tracer les arêtes de l'autre croix de Saint-André indiquée dans le plan horizontal de la figure 948, on prend à la

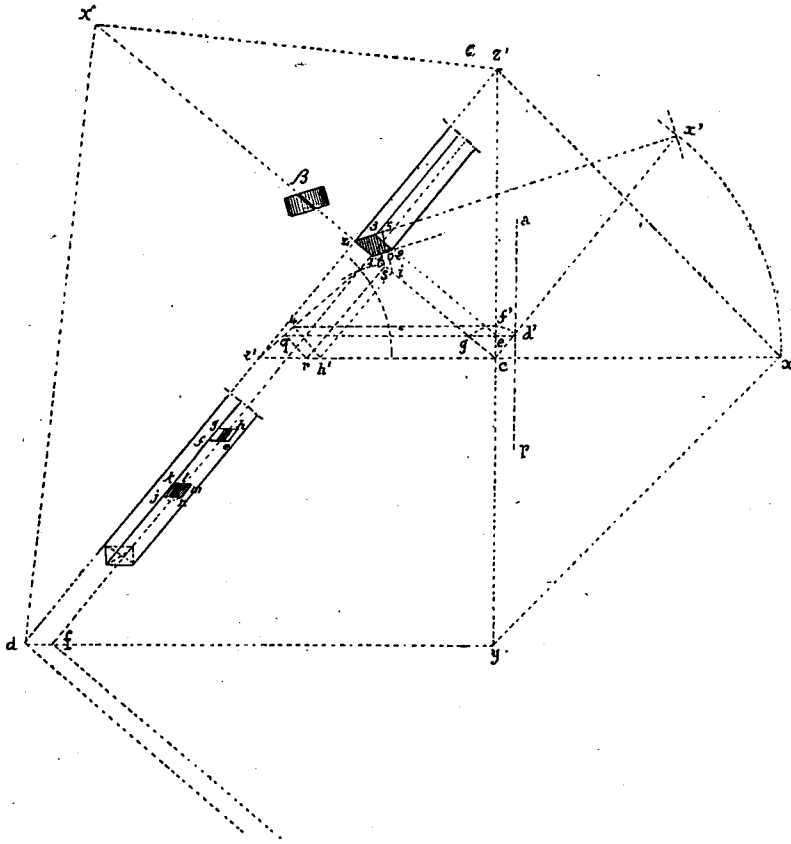


Fig. 949.

surface du lattis un point angulaire comme  $y$ . On trace  $yx$  parallèle à la fermette  $N$ . Par ces points  $x, y$ , on mène, parallèlement à  $XY$ , deux droites qui donneront, sur la surface du lattis (2) (fig. 948), les points  $x'y'$ . Par le point  $x'$ , on mène la transversale  $x'z$ , par le point  $y'$ , la droite  $y'z$  perpendiculaire à la trace du lattis  $CZ$ . Ce point  $z$ , transporté à la partie (3) de la figure 948 par le moyen de

$x'z$ , servira à tracer les occupations et mortaises  $u, t$ , des branches de la croix de Saint-André sur la branche de noulet.

La partie (5) de la figure 948 montre la mise en herse de l'un des versants du noulet. Dans cet exemple, on voit que les faces des branches de noulet, opposées à celles qui sont contiguës au grand comble, lui sont parallèles; qu'on peut, par conséquent, considérer ces branches comme des plates-formes inclinées à l'ho-

rizon et qui reçoivent le pied des empanons au moyen d'entailles ou de pas, comme les plates-formes des combles reçoivent le pied des chevrons, mais avec cette différence que, ici, les coupes des empanons sont obliques aux quatre surfaces et le tracé doit s'en faire, conformément à la pente du petit comble : sur les faces verticales et sur les faces inclinées, conformément à la pente du grand comble modifiée par celle du petit.

La figure 949 représente le tétraèdre de la moitié du noulet développé sur le plan de la moitié de sa ferme oblique  $Z'dZ'$  contiguë au grand comble.

La surface  $dXZ'$  est l'un des versants du noulet qui a tourné sur la ligne de noue  $dz'$ .

Le triangle rectangle  $Z'yx$  est la section verticale faite par la ligne de couronnement ayant tourné sur  $Z'y$ . Il en résulte que  $Z'X$  est égale à  $Z'x$ , puisque toutes les deux sont la ligne de couronnement. D'un point quelconque  $X$  pris sur  $Z'X$ , menons une perpendiculaire à  $dZ'$  jusqu'à ce qu'elle rencontre  $yZ'$  en  $c$ . Portons  $Z'X$  de  $Z'$  en  $x$  et joignons  $c, x$ . De  $c$  et de  $Z$ , comme centres et avec des rayons  $cx$  et  $zX$ , décrivons deux arcs de cercle qui se coupent en  $x'$  et joignons  $c, x'$  et  $x, x'$ . L'angle  $x'zc'$  sera la mesure de l'angle plan que forment entre eux les deux versants, de sorte qu'il ne reste plus qu'à déterminer ses côtés relativement aux dimensions des pièces qui doivent s'assembler à la branche de noulet.

Menons la droite 2.3 parallèle à  $zc$  et à une distance telle qu'elle donne l'épaisseur des pièces de la ferme oblique, partie (3) de la figure 948.

D'un autre côté, la ligne  $z1$ , déterminée par le point  $f$ , exprime la largeur de la face de la branche de noulet qui est contiguë au lattis du grand comble, telle qu'elle a été donnée dans la partie (3) de la figure 948. Alors, le parallélogramme 3.1.2.3. est la section perpendiculaire de la branche de noulet, d'où l'on déduira facilement son équarrissage.

Ordinairement, les échantillons de bois qu'on emploie au chevonnage étant d'un équarrissage moindre que les bois des fermes, les pieds des empanons ne peuvent

occuper la largeur totale de la surface de la branche de noulet qui reçoit leur assemblage. Ils pourront être fixés, dans l'occupation  $efgh$ , au moyen d'un pas dont le vide aura la forme d'un prisme triangulaire oblique, puisque celle de ses faces, qui se confond avec celle de la

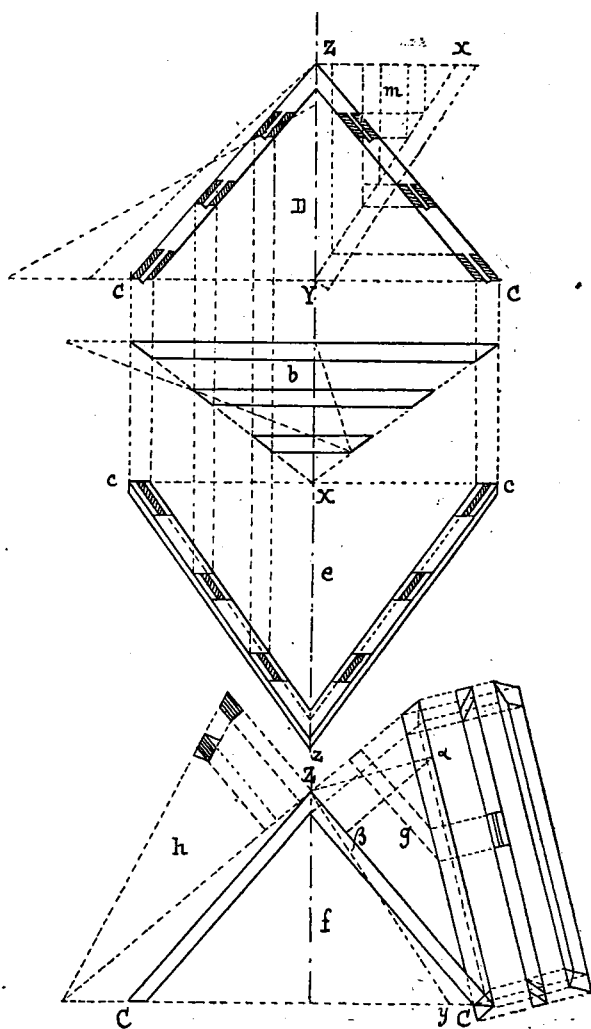


Fig. 950.

branche de noulet, est un parallélogramme  $JKLM$  dont l'enfoncement aura la forme d'un triangle  $klm$ .

Lorsque le noulet est très petit, comme celui d'une lucarne, par exemple, on préfère donner à ses branches une forme dif-

férente qui demande un autre équarrissage. On mène  $cz'$  parallèle à la ligne  $dy$ . On exprime l'épaisseur de la ferme oblique par la droite  $ap$ , parallèle à  $Z'y$ . On fait l'angle  $cz'4$  égal à celui de la pente du petit comble. Du centre  $c$ , avec le rayon  $cd'$ , on décrit l'arc  $d'f'$  et on mène  $f'4$  parallèle à  $cz'$ . Alors, le trapèze  $cf'4z'$  est une section verticale de la ferme oblique, remise dans sa situation réelle d'obliquité, puisque :

1° L'angle  $zcZ'$  est la pente du grand comble;

2° L'arc  $gf'$  exprime la quantité dont la ferme oblique a tourné pour se remettre à sa place;

3° Son épaisseur perpendiculaire tient alors la position  $d'e$  et que  $cd'$  est la longueur d'une ligne verticale menée à travers cette épaisseur.

Le point  $z'$  appartient à la ligne de noue qu'on peut supposer représenter  $z$ . Alors, le point 4 de la coupe verticale appartient à l'arête supérieure de la branche de noulet, face du lattis, et peut être aussi supposé représenter le point 3 de la coupe droite.

On mène à  $z'4$  la perpendiculaire  $4h'$  représentant la largeur d'un empanon qui irait jusqu'au grand comble, si on le coupait d'about à l'équerre. On renvoie  $h'$  en  $i$  sur la section perpendiculaire, où l'on mène, enfin, la droite  $is$ , perpendiculaire à  $za'$ . Le trapèze  $z10s$  est la section perpendiculaire de la branche de noulet propre à recevoir l'assemblage d'empanons coupés perpendiculairement sur les faces verticales à leur about inférieur. Les lignes  $eg$ ,  $qr$ ,  $rs$  auraient donné le trapèze  $z1t3$  plus petit que  $z10s$ . Le détail B montre comment on doit diriger le trait de scie dans une pièce de bois pour en obtenir les deux branches de noulet quand on a des bois méplats.

La figure 950 donne l'indication très simple d'un petit noulet de lucarne sur lequel nous croyons inutile d'insister, le tracé étant facile à faire.

## II. — ÉPURE D'UN NOULET BIAIS

**644.** Dans un noulet biais représenté en projection horizontale ou en plan, les différentes pièces de bois sont évidem-

ment vues en raccourci à cause de leur inclinaison. Il y a donc lieu :

1° De déterminer leurs véritables dimensions : longueur et équarrissage;

2° Leur coupe du bas, celle du haut et leurs assemblages.

La figure 951 montre le croquis d'un noulet biais. On voit en (1), le plan du noulet; en (2), le profil de sa pente projetée sur un plan passant par le faitage BE du petit comble. Afin d'obtenir les vraies dimensions de chacun des côtés du noulet, on mettra les différentes parties qui le composent en herse sur un plan parallèle au lattis après avoir eu soin de rabattre la partie triangulaire ABC de la pente du grand comble sur laquelle doivent être posées les deux branches inégales du noulet.

Dans ce triangle ABC, nous connaissons la ligne AB qui est égale à sa projection faite sur un plan qui lui est parallèle. Il nous suffira donc de trouver les vraies longueurs des lignes AB et BC.

Les vraies grandeurs de ces lignes sont représentées, dans la partie (1) de la figure 951, par les droites AD, A'D'. Ces lignes sont les hypoténuses de triangles rectangles qui ont un des côtés de leur angle droit égal à leur projection AC ou BC, et l'autre égal à la hauteur du petit comble, hauteur qui est donnée par la longueur JK dans la partie (2) de la figure 951. Donc si, par le point B, nous menons deux droites BD et BD' respectivement perpendiculaires sur les côtés AB et BC et si, sur les deux lignes ainsi obtenues, nous portons de B en D et de B en D' deux longueurs égales à JK, nous obtiendrons deux points D et D' qui, joints aux points A et C, nous donneront deux lignes AD et CD' qui représenteront les véritables longueurs des deux branches du noulet.

Prenons ensuite en (3) (fig. 951) une droite A'C' égale et parallèle à la droite AC et, des points A' et C' comme centre, avec les rayons AD et CD', nous obtiendrons facilement le point B'. En joignant B'A' et B'C', nous construirons le triangle A'B'C' qui sera le rabattement de celui qui est projeté suivant ABC en (1) (fig. 951). La position de l'arête supérieure de faitage dont la direction est BE, restera la même

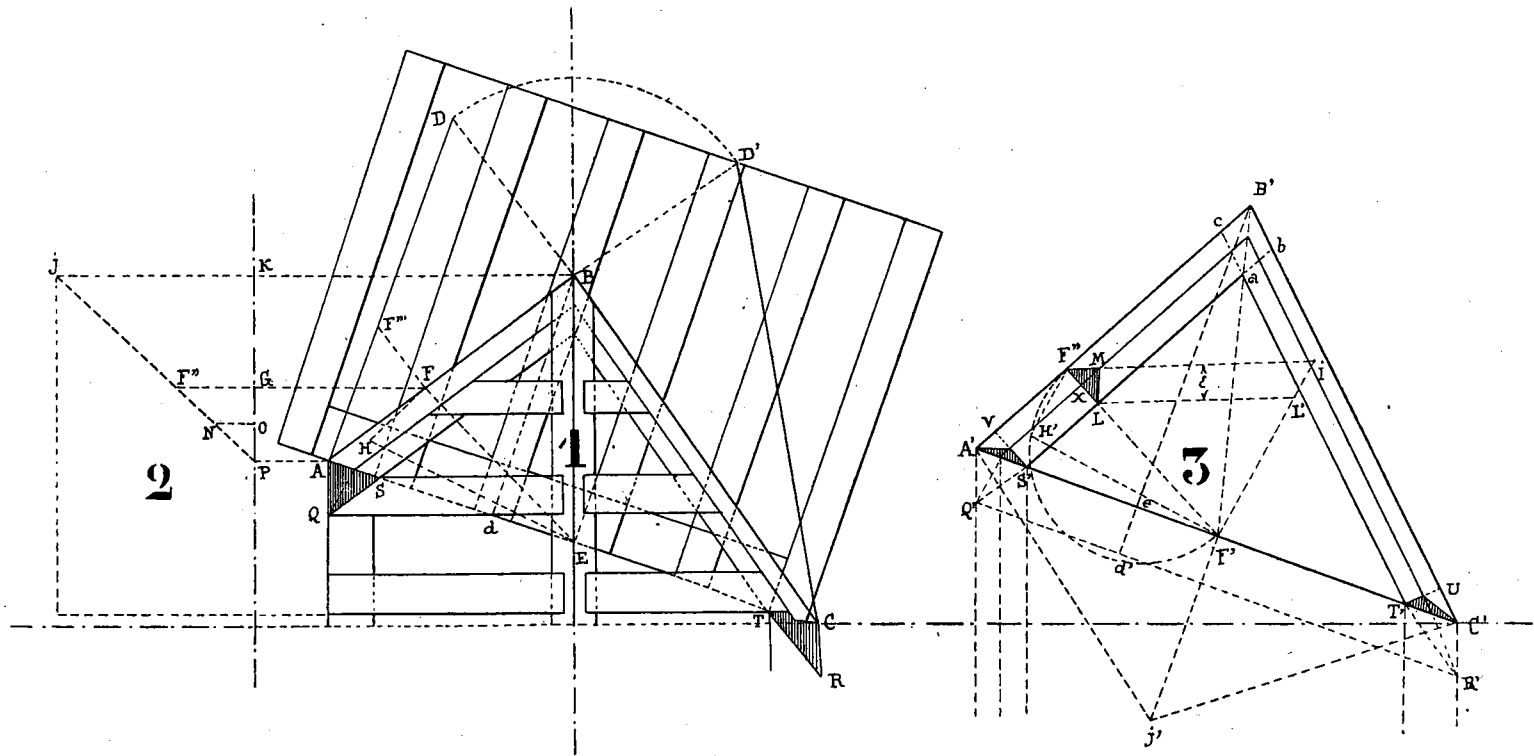


Fig. 981.

dans le rabatement par rapport aux points,  $A', C'$ , parce que cette arête est horizontale et qu'elle n'a pas changé en projection.

Afin d'obtenir la coupe des branches du noulet, leurs dimensions et les faces du raccordement des plans des deux combles avec le noulet, menons pour l'un d'eux, par un point quelconque  $F'$  (3) (fig. 951) pris sur la projection de l'arête du faitage, un plan perpendiculaire à la direction  $A'B'$ .

Ce plan, dont la trace horizontale est  $F'F''$ , coupera le plan du lattis suivant une ligne qui aura la même inclinaison que la face du raccordement du noulet et dont la projection se confondra avec  $F'F''$ , puisqu'elle est située dans le plan passant par cette trace. Pour obtenir la ligne d'inclinaison rabattue dans le plan de la herse, considérons le point  $F''$  qui, étant plus élevé que le point  $F'$ , doit se trouver de même que la ligne qui le joint à ce dernier ailleurs qu'en  $F''$  pour le point et ailleurs qu'en  $F'F''$  pour la ligne lorsqu'ils sont l'un et l'autre en projection horizontale. Lorsqu'ils sont dans cette dernière position, ils deviennent  $F$  pour le point et  $FE$  pour la droite en (1) (fig. 951) et ils s'obtiennent en portant la distance  $A'F''$  de  $A$  en  $F$ , et en joignant  $FE$ .

Le point  $F''$  se trouve, d'une autre part, projeté verticalement en  $F''$ , au profil (2) (fig. 951), mais la projection de la ligne qui joint  $F, E$  en (1), ainsi que sa véritable longueur déjà représentée par le rabatement (3), peuvent encore s'obtenir en faisant d'un côté, pour avoir la longueur  $F'F''$ ,  $FH$  en (1) égal à  $F''G$  et en menant la ligne  $HE$  qu'on trouvera de même longueur que la droite  $F'F''$  de (3); puis, de l'autre côté, en faisant, pour avoir la projection  $F$ , la ligne  $F''H'$  en (3), égale à  $F''G$  et la ligne  $F'H'$  égale à  $EF$ , ou encore, en décrivant un demi-cercle sur  $F'F''$  comme diamètre, en portant  $F''G$  de  $F''$  en  $H'$  et en menant  $H'F'$ . On obtiendra ainsi la dernière position de la ligne  $F'F''$  qui sert à effectuer le rabatement du plan vertical dont elle représente la trace horizontale rapportée à (1) (fig. 951).

Par le point  $F'$ , menons la ligne  $F'I$  perpendiculairement à  $F'H'$  et égale à  $JK$ , hauteur du petit comble. Menons en-

suite la droite  $IF''$  qui en fera connaître la pente répondant à la ligne  $F'F''$ , sa projection. Menons enfin à une distance  $E$  égale à l'épaisseur qu'on désire donner aux chevrons, une ligne  $LL'$  parallèle à  $MI$ . Cette ligne coupe la droite  $F'F''$  en un point  $L$  qui permettra d'indiquer, suivant  $F''L$ , la moindre largeur à donner à la branche  $AB$  du noulet.

Le troisième côté du profil d'épaisseur sera donné par une droite  $LM$  perpendiculaire abaissée du point  $L$  sur la ligne  $F''I$ . On peut faire les mêmes opérations pour l'autre branche du noulet.

Dans certains cas, comme le montre la figure 952, on fait le dessus des branches parallèle au dessous en lui donnant, comme épaisseur, celle des chevrons et en ayant soin, toutefois, que la largeur  $MN$  soit assez grande pour recevoir la coupe de l'empanon.

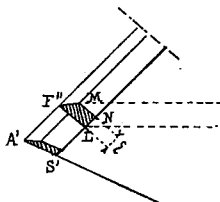


Fig. 952.

Lorsque les branches du noulet s'appuient sur les plates-formes qui reçoivent le pied des chevrons du petit comble, comme le montre, en  $AQS$  et en  $CRT$ , la partie (1) de la figure 951, il faut, pour avoir le rallongement de l'arête supérieure jusqu'à sa rencontre avec cette plate-forme, remarquer qu'elle doit se trouver dans un plan parallèle à la pente du comble sur lequel les branches sont posées. Si nous portons en (2) (fig. 951), sur le profil de pente, la longueur  $PO$  égale à la hauteur de l'arête supérieure par rapport aux inférieures et si nous élevons ensuite la perpendiculaire  $NO$ , la distance  $PN$  donnera le rallongement dans la direction de la ligne  $B'e$  (3) (fig. 951) située dans le plan du grand comble. Par le point  $e$ , et sur le prolongement de  $Bc$ , prenons  $ed' = NP$ . Par le



point *d'* ainsi obtenu, menons une droite Q'R' parallèle à A'C'. Cette ligne coupe les arêtes extérieures aux points Q' et R'. Ces derniers indiqueront les extrémités du rallongement de chaque branche de noulet dont il sera facile d'achever la forme en menant les droites A'Q', Q'S', C'R', T'R'.

Les coupes du bas et du haut des branches du noulet s'obtiennent en les coupant de longueur selon leur profil, en menant les perpendiculaires *ab*, *ac*, TU, S'V (3) (fig. 951) et en prenant les avances des arêtes d'après ces lignes.

Dans certains grands combles, les noulets sont quelquefois des fermes complètes comprenant poinçons, contrefiches, entrails, aisseliers et jambettes; mais, dans ces fermes, il n'y a que les deux branches du noulet qui sont assujetties au biais du petit comble.

**V. — Pannes et tasseaux.**

**645.** Les pannes, si elles n'étaient pas retenues sur les arbalétriers, glisseraient au bas des combles. Pour les charpentes ordinaires, on emploie les moyens qui ont été indiqués au n° 465. On se contente, le plus souvent, de clouer un *gousset* ou

(fig. 953), sur un tasseau *t* assemblé dans l'arbalétrier et dans le chevron qui lui correspond. On ajoute au-dessous de ce tasseau une échantignolle *e* qui sert de pièce de sûreté et qui, en même temps, soulage le tenon assemblé dans l'arbalétrier. La solidité du tasseau *t* peut être complétée par des embrèvements comme l'indique la figure 954. L'échantignolle *e*,

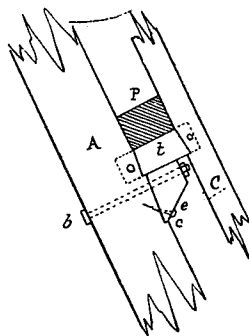


Fig. 934.

au lieu d'être simplement clouée, peut être fixée sur l'arbalétrier à l'aide d'un boulon *b*. On empêche cette échantignolle de glisser au moyen d'un embrèvement main-

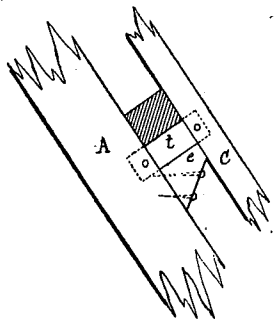


Fig. 953.

*échantignolle* sur chaque arbalétrier et en dessous de l'emplacement de chaque panne qui doit le croiser. Lorsque la composition d'une charpente et le soin qu'on doit apporter dans son exécution réclament plus de solidité, chaque panne est alors appuyée, comme le montre le croquis

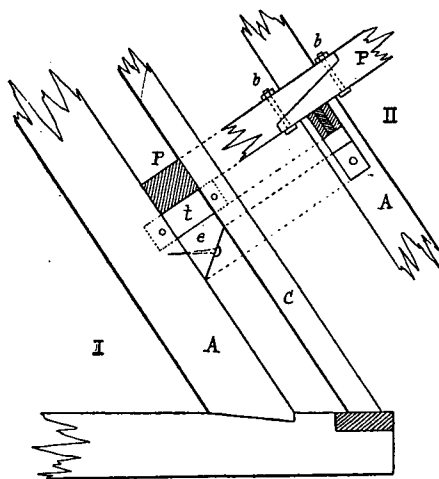


Fig. 955.

tenu en joint par un clou *c* ou par une grande vis à bois.

La figure 955 donne en I une projection d'un arbalétrier A et d'une panne P de la

partie II de la même figure sur le plan du toit couché sur la droite, le chevron C étant supposé enlevé pour qu'on puisse voir le tasseau *t* et l'échantignolle *e*. Cette même figure montre l'enture de deux pannes bout à bout en fausse coupe et tenue par deux boulons *b*.

Les pannes fixées sur les arêtiers et sur les noués, ainsi que les tasseaux, donnent lieu à de petites épures relatives aux

entailles à faire pour placer ces pièces, mais ces épures étant peu intéressantes, nous croyons inutile de les représenter.

Les lecteurs désireux de les étudier trouveront tous ces renseignements en détail dans les traités spéciaux de stéréotomie de Leroy, dans le traité de charpente du colonel Emy, Pillet, etc., ouvrages auxquels nous avons emprunté bon nombre de documents.

## CHAPITRE VII

### ÉTAIS ET ÉTAIEMENTS

#### I. — Définitions et notions générales.

**546.** On appelle *étais*, les pièces de bois employées pour soutenir provisoirement les parties supérieures d'un bâtiment, lorsqu'on a à reprendre les murs en sous-œuvre, soit en totalité, soit en partie, ou lorsqu'on a à pratiquer, dans une façade, une ouverture de boutique ou une porte cochère en supprimant un ou deux des trumeaux du rez-de-chaussée, pour les remplacer par une poutre. Les étais servent également pour maintenir les terres d'une fouille. Ils prennent différents noms suivant leur destination. On distingue : les *chandelles*, les *chevalements*, les *couchis*, les *contrefiches*.

On donne le nom d'*éaiement* à la combinaison des pièces de bois de charpente appelées *étais* et disposées pour soutenir un mur qui menace ruine, pour reprendre une construction en sous-œuvre ou pour s'opposer à l'éboulement des terres d'une fouille ou tranchée.

Par le mot *éaiement*, on entend aussi l'action d'éayer.

Éayer un bâtiment, c'est lui donner, momentanément, des supports en bois pour l'empêcher de s'écrouler s'il menace d'une

chute prochaine, soit par suite de vétusté, soit par suite d'un vice de construction.

Les étais ayant souvent des charges considérables à supporter, il est indispensable qu'ils soient étudiés et combinés entre eux de manière à remplacer l'appui que donnait le mur ou la partie qu'on est obligé de démolir.

Les pièces de bois employées dans les éaiements doivent avoir un équarrissage assez fort et en rapport avec le poids à supporter. Il faut qu'aucune des pièces ne tende à contrarier l'effet des autres et qu'elles concourent toutes au même but qui est de soutenir et de maintenir également les parties ayant besoin d'être éayées.

Quelle que soit la solidité d'une construction, lorsqu'il s'agit d'y travailler en sous-œuvre, il est prudent de l'éayer avant de commencer les travaux. Lorsque, dans une construction, il se produit des avaries annonçant que la stabilité est compromise, il faut éayer sans délai pour empêcher le mal de faire des progrès et pour éviter d'être entraîné à des réparations très coûteuses.

Les éaiements sont presque toujours employés lorsqu'on veut faire quelques changements ou de grandes réparations,

des reconstructions mêmes dans les parties inférieures d'un bâtiment, ces changements ou réparations nécessitant la démolition de murs, de parties de murs ou de parties de pans de bois. Sans les étais, ces démolitions laisseraient privées de supports les parties supérieures qui ne sauraient, à cause de leurs poids ou du mode de leur construction, se soutenir seules.

Il est difficile de donner des règles fixes et précises pour tous les cas particuliers pouvant se présenter dans les étalements et sur la manière de combiner les pièces de bois devant former ces étalements. L'expérience seule peut apprendre comment il convient de les placer. Il nous suffira d'indiquer les principes généraux en faisant remarquer :

1° Qu'il faut combiner les étalements de façon à ce qu'ils soutiennent les parties en mauvais état, sans altérer la solidité des autres ;

2° Qu'il faut éviter d'employer une trop grande quantité de bois, car on augmenterait la dépense sans nécessité et on nuirait aussi, en les prodiguant trop, à la libre exécution de l'ouvrage.

Ce sont toujours les charpentiers qui sont appelés pour remédier au mal ou le prévenir. De leur habileté dépend, le plus souvent, le succès des opérations par lesquelles l'étalement est un préliminaire indispensable et, le plus souvent très urgent.

## II. — Noms et définitions des principales pièces de bois employées dans les étalements.

**647. Couchis.** — On donne, en charpente, le nom de *couchis* à une pièce de bois horizontale ou verticale qui reçoit le pied ou la tête d'une contrefiche, d'un étau. On donne aussi ce nom aux madriers placés sur les fermes d'un cintre pour supporter une voûte pendant sa construction. Dans une tranchée de fondation, on donne le nom de couchis à un assemblage de planches posées horizontalement.

**648. Couche.** — On donne en charpente le nom de *couche* à une pièce de

bois plate qu'on met sous le pied d'un étau pour lui donner plus de surface de base, ou bien qu'on applique contre des terres pour les maintenir. Dans ce dernier cas, les couches sont maintenues, soit par des *contre-fiches*, soit par des *étrésillons*.

**649. Contre-fiches.** — On donne le nom de *contre-fiches* à des pièces de bois posées obliquement contre des murs menaçant ruine pour les étayer ou contre des terres pour les soutenir. Le sommet

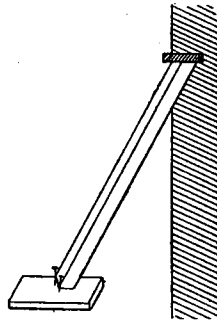


Fig. 956.

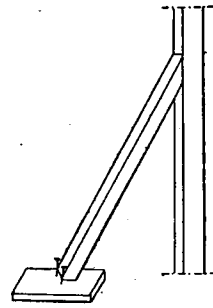


Fig. 957.

des contrefiches peut, comme le montre le croquis (fig. 956), s'appuyer directement au mur ou, comme le montre la figure 957, contre une pièce de bois verticale qui étend la butée sur une plus grande hauteur. Le pied des contrefiches est arrêté sur des couchis avec des *rappoints*.

**650. Etrésillon.** — On donne le nom d'*étrésillon* à des pièces de bois inclinées qu'on pose entre deux murs menaçant ruine, entre les deux pieds-droits d'une baie, s'il y a un mouvement à craindre, ou bien encore entre les parois d'une tranchée pour empêcher l'éboulement des terres.

Un étrésillon doit toujours être un peu plus long que la largeur du vide qu'il doit occuper afin qu'on puisse opérer la pression. L'action des étrésillons doit toujours s'exercer entre deux pièces de bois servant à leur appui et au mouvement de glissement qu'on leur imprime pour opérer la pression.

Les étrésillons sont taillés en biseau par leurs extrémités afin de porter, par une arête, sur les pièces entre lesquelles on

les place et pour qu'on puisse plus facilement les serrer. Pour faire glisser les étré-sillons, on emploie des pinces en fer.

On pose les étré-sillons l'un après l'autre et on n'en pose un que lorsque le précédent est en place et bien serré. Lorsque le dernier est placé, s'il ne remplit pas complètement l'espace qu'il s'agit d'étré-sillonner, on le fixe au moyen d'une cale qui occupe tout ce qui reste de cet espace et y est fortement serrée.

**651. Etré-sillonnement.** — On désigne ainsi l'opération par laquelle on dispose des pièces de bois, de manière à empêcher deux parties d'une construction de se rapprocher ou les berges d'une fouille de s'ébranler.

**652. Étançon.** — On donne le nom d'é-tançon à une pièce de bois de moyenne grosseur qui sert à soutenir provisoirement un mur, une partie de construction ou des terres minées. On donne aussi ce nom à des pièces verticales ou légèrement inclinées qu'on emploie dans les étaie-ments.

**653. Plate-forme, sole ou patin.** — On désigne ainsi de larges pièces de bois ayant la forme de planches épaisses qui se placent sous le pied des étançons des contrefiches, etc.

**654. Chevalement.** — On donne le nom de chevalement à un ensemble de pièces de bois disposées comme le sont les tré-teaux ordinaires, c'est-à-dire une pièce horizontale placée à la partie supérieure et soutenue par deux pièces inclinées dont les pieds reposent sur une plate-forme ou sur un madrier.

**655. Chandelle.** — On donne le nom de chandelle à un poteau placé à plombs sous une pièce quelconque qu'on veut soutenir horizontalement.

### III. — Bois employés pour les étais et étaie-ments.

**656.** Le meilleur bois à employer pour les étais est le sapin qui est droit, long et très raide. Le chêne est préférable pour les plates-formes, les cales et les chapeaux des chevalements, pièces qui sont fortement chargées. Le tissu du chêne ne s'écrase pas sous la charge comme le ferait le sapin.

## IV. — Différents types d'étaie-ments.

### 1° ÉTAEIEMENT DES MURS

**657.** Supposons un mur M (fig. 958) qui, par suite de la poussée d'une voûte V, tend à se rompre au point A. La première chose à faire, c'est de cintrer l'arc de la voûte; puis, ce travail exécuté, on étaie le mur supérieur en ayant soin que la tête de l'étaï porte un peu au-dessus du point où la rupture paraît imminente. La rupture paraissant se produire en A, il faut que la tête de l'étaï porte en B.

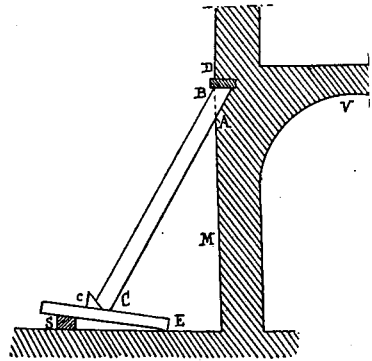


Fig. 958.

On donne souvent à la pièce de bois BC qui sert à étayer le mur, le nom d'*arc-boutant* quoique la pièce soit droite, ceci par analogie de résistance avec les arcs-boutants de l'architecture gothique qui soutiennent extérieurement les voûtes des églises contre leurs murs. Les étaie-ments, par ces prétendus arcs-boutants, sont employés de préférence contre les murs qui menacent de s'écraser. Le haut de l'étaï BC de la figure 958 peut porter, par son about B, directement dans une entaille faite avec soin dans le mur, ou, ce qui est préférable et même prudent, c'est de relancer d'abord dans la maçonnerie un morceau de pierre dure D reposant lui-même sur une cale en cœur de chêne sous laquelle on vient serrer la tête de l'étaï. Par le bas, l'étaï repose sur une *semelle* en bois S, établie sur le sol.

Il est indispensable de s'assurer de la résistance du sol sur lequel portera le pied de l'étaï. Si le terrain au niveau de

la surface du sol n'a pas une résistance suffisante, il faut alors creuser pour trouver un fond assez ferme pour servir d'appui à l'étais, soit par la propre tenacité du terrain, soit à l'aide d'un empatement donné au pied de l'étais par une semelle ou plateforme convenablement disposée. Dans certains cas, lorsque le terrain est très mauvais, on est souvent obligé de disposer, sous les étais, un nombre suffisant de madriers en croix pouvant recevoir la plateforme et, par suite, la forte pression transmise par l'étais. Il faut que la semelle ou plateforme repose, dans tous les cas, sur un sol uni, que cette plateforme soit large, épaisse, inclinée convenablement et pourvue de bonnes cales, telles que *c* (fig. 958), et garnies en dessous de pierrailles et de bon plâtre.

Lorsqu'il s'agit d'étayer un mur qui est en bon état pour des travaux de reprise en sous-œuvre, on peut, sans inconvénients; pour raidir les étais, les frapper par le pied avec une masse en fer. Si, au contraire, il s'agit de raidir un étais, c'est-à-dire de l'amener à une pression propre à soutenir un mur en mauvais état, il faut alors bien se garder de frapper cet étais avec une masse de fer ou de bois, ce qui pourrait occasionner des secousses dangereuses et même la chute du mur. Il faut faire avancer l'étais en se servant d'un levier, une longue pince en fer par exemple, et agir avec beaucoup de précautions.

L'emploi des crics et des vis doit être déconseillé; car, avec ces instruments, il arrive souvent qu'on dépasse la raideur nécessaire au soutien qu'on veut donner au mur et on risque de le renverser du côté opposé à celui sur lequel il menace de tomber.

Dans tous les cas, que l'étais soit raidi ou que son simple frottement sur la plateforme suffise, il est toujours prudent de prévenir tout glissement en plaçant une cale en forme de coin sous le bout inférieur de chaque étais pour lui assurer une parfaite stabilité. Ces coins sont serrés à l'aide de petits coups de marteau. Une fois en place, on les assujettit à l'aide de quelques clous. Lorsque les murs à étayer sont très mauvais, on ajoute sou-

vent, sous les étais, de fortes planches placées verticalement. Ces planches sont traversées par des boulons qui, après avoir traversé le mur, viennent se fixer sur des madriers. Les étais s'assemblent alors sur ces fortes planches à l'aide d'embrèvements consolidés par de solides boulons.

Lorsqu'un mur à étayer est en mauvais état, il faut alors multiplier le nombre des étais BC; de plus, afin d'augmenter la puissance de ces derniers, on les double,

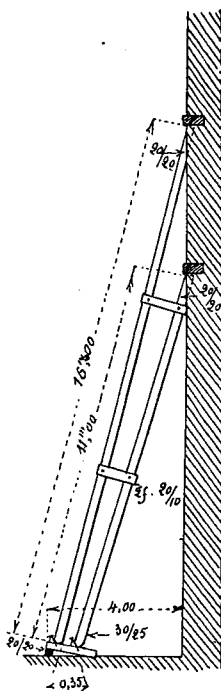


Fig. 959.

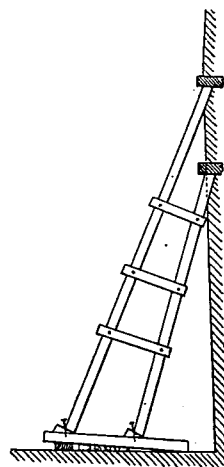


Fig. 960.

c'est-à-dire, comme nous pouvons le voir (fig. 959 et 960), qu'on place deux étais dans le même plan perpendiculaire à la face du mur à étayer et qu'on moise fortement ensemble les deux pièces de bois.

Il faut bien se garder de mettre parallèlement les deux pièces de bois; il faut, au contraire, comme le montrent les deux croquis ci-dessus, former un triangle où une portion de triangle qui représente, comme nous le savons, une figure plus indéformable.

Lorsque deux étais sont parallèles, ils

tendent à se contourner sous la charge malgré l'action des moises. Si, en pratiquant l'étalement, on craint un mouvement dans le sens perpendiculaire à la longueur du mur étayé, on maintient l'étau BC de la figure 958 par d'autres étais

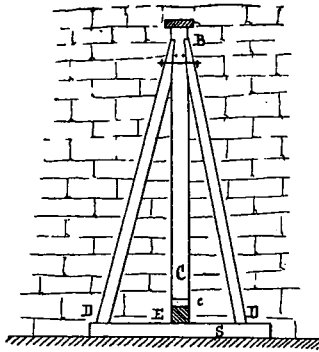


Fig. 961.

latéraux D (fig. 961) qui s'assemblent dans l'étau BC à tenons et mortaises avec embrèvement et boulon à la partie haute. Par le bas, ces étais inclinés portent sur un chantier S qui sert également à supporter la semelle E.

Afin que les étais soutiennent bien un mur, il faut qu'ils opèrent une forte pression dans les points où ils sont en contact avec le mur, ce qui ne peut s'obtenir qu'en augmentant la raideur de leur pente et, par suite, en rapprochant le plus possible le pied de chaque étau de celui du mur. Les étais doivent avoir une longueur suffisante pour que leur inclinaison par rapport à l'horizon, ne soit pas inférieure à 68 degrés. On évite ainsi un trop grand effort pour s'opposer au glissement de leurs pieds sur les semelles et même le frottement d'une pièce sur l'autre peut, dans certains cas, suffire pour empêcher ce glissement.

## 2° ÉTAIEMENT DES BAIES DE CROISÉES OU DE PORTES — ÉTRÉSILLONS

**658.** Lorsqu'on reprend un mur en sous-cœuvre où, comme nous le verrons plus loin, on désire ouvrir une grande baie dans un mur, il est indispensable d'étayer les baies qui se trouvent placées immédiatement au-dessus, c'est ce qu'on appelle l'étrésillonnement.

Il y a plusieurs manières d'étrésillonner les fenêtres : la première qui est de beaucoup la plus employée, est représentée en croquis (fig. 962). Elle consiste à appliquer des pièces de charpente verticalement le long des jambages ou côtés latéraux des fenêtres. Ces pièces sont nommées plateformes ou couchis. Ensuite,

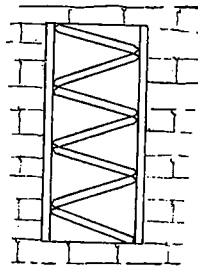


Fig. 962.

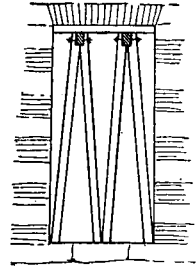


Fig. 963.

on posera en travers des pièces biaisées nommées *étrésillons*, inclinées alternativement en sens contraire. Lorsque les murs sont fort épais, on peut étrésillonner les fenêtres entre leurs tableaux en même temps qu'on les étrésillonne de la même manière dans les ébrasements. Deux autres moyens d'étrésillonner les fenêtres sont indiqués (fig. 963 et 964), ils

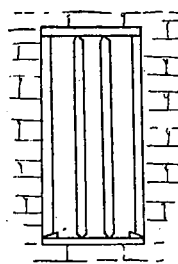


Fig. 964

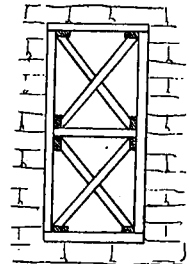


Fig. 965.

sont assez simples pour ne réclamer aucune explication. Enfin, on peut, comme le montre le croquis (fig. 965) étrésillonner en croix de Saint-André. Dans ce cas, les abouts des croix sont serrés avec des coins. Ce dernier mode d'étrésillonnement réclame plus de soins que les autres, mais il a l'avantage d'être beaucoup plus solide, de bien maintenir les

angles droits des fenêtres et de s'opposer ainsi à tout mouvement capable de venir altérer ces angles.

### 3° ÉTAIEMENT PAR CHEVALEMENTS

**659.** Les chevalements, dont nous avons donné précédemment la définition, sont surtout employés lorsqu'il s'agit, par exemple, de pratiquer une ouverture pour une devanture de boutique ou pour une porte cochère à installer dans un mur où il existait des fenêtres ou un trumeau à rez-de-chaussée. Ils sont aussi employés pour la reprise d'un mur en sous-œuvre.

Pour le percement d'une grande baie,

commence par poser le long des jambages des croisées placées immédiatement au-dessus de l'ouverture à pratiquer, des pièces *a*, placées verticalement, qu'on nomme *couchis* et qu'on maintient, comme nous le savons, par d'autres pièces *b*, nommées *étrépillons*. Ce travail terminé, avant de démolir la maçonnerie, ou trumeau du rez-de-chaussée, on établit le chevalement qui doit être composé de chevalets en nombre suffisant pour soutenir le poids total de toute la maçonnerie placée au-dessus.

On perce dans le mur plusieurs trous destinés à recevoir de fortes pièces de bois *c* soutenues à chaque extrémité par deux étais *d* inclinés en sens contraire et à l'ensemble desquels on donne, pour ce cas seulement, le nom de *chevalement*. Les deux étais *d* sont assemblés à entaille dans les pièces *c*. Leurs extrémités inférieures sont reçues sur des semelles *s* ou *couchis*; elles sont taillées en chanfrein des deux côtés pour que le charpentier qui en fait la pose puisse raidir les pieds et serrer ainsi les corps de chevalets contre la maçonnerie qu'il s'agit de supporter.

Afin d'éviter le balancement dans le sens perpendiculaire au mur, on relie quelquefois les pieds, dans chaque chevalet, par des croix de Saint-André, comme nous l'indiquons en pointillé dans la figure 966. Les quatre pieds de chaque chevalet doivent être bien égaux; ils doivent être raidis également et de la même manière.

La poutre qui forme le sommet du chevalet et qu'on désigne quelquefois sous le nom de *chapeau*, doit rester constamment horizontale et être placée perpendiculairement au mur qu'elle doit soutenir. Pour empêcher le glissement des pieds des chevalets, on chasse, sur les semelles ou *couchis*, des coins solidement cloués sur ces semelles. Ces coins doivent avoir une légère inclinaison vers le mur pour leur donner plus de stabilité.

La figure 967 montre la forme des pièces de bois employées pour les chevalements et les étaitements en général, avec l'indication des entailles en biseau à chaque extrémité. Le haut peut être terminé par

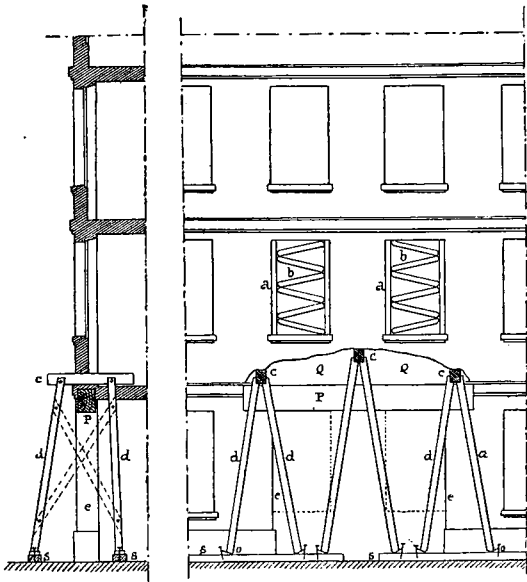


Fig. 966.

on préfère le chevalement à tout autre procédé, parce qu'il s'agit principalement, dans ce travail, d'empêcher le mur d'obéir à son propre poids pendant tout le temps que durera le remplacement du mur par un linteau. Supposons donc, comme nous l'indiquons (fig. 966), qu'on désire substituer aux deux fenêtres du rez-de-chaussée marquées en pointillé, une grande ouverture ayant pour largeur totale celle des deux fenêtres, plus le trumeau qui les sépare. Afin de prévenir les ébranlements dans la partie supérieure de la façade, on

une entaille à mi-bois. Cette figure montre également la forme des coins.

L'installation des chevalets étant terminée, on démolit le trumeau du milieu et les bords des deux trumeaux latéraux pour les remplacer par les pieds droits *e* de la nouvelle baie. On pose ensuite un poi-

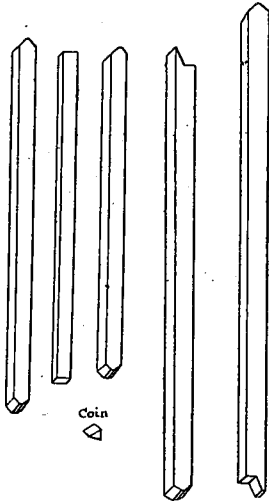


Fig. 967.

trail *P* en bois ou en fer qui sert de linteau à la grande ouverture et qui sert aussi à soutenir le poids de la maçonnerie supérieure. Lorsque ce linteau est mis en place, bien calé et bien assujéti, il faut remplir

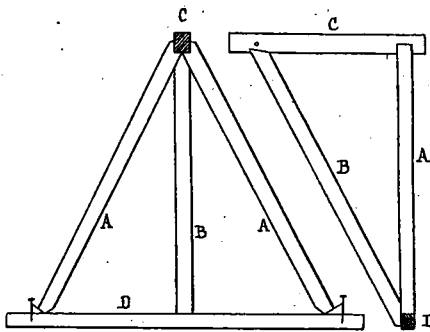


Fig. 968.

l'intervalle *Q* existant entre le dessus de ce linteau et l'ancienne maçonnerie; il est même bon de remplir ce vide en forme d'arc

de décharge afin de reporter la pression des étages supérieurs sur les pieds droits de la grande baie. On soulage ainsi le linteau. Si, au lieu d'une porte cochère, on désire établir une devanture de boutique d'une assez grande portée, il sera alors utile de soulager, de distance en distance, la longue portée du poitrail par des colonnes en fer ou en fonte.

La figure 968 nous montre un autre moyen d'exécuter un chevalement pour soutenir un mur et le reprendre en sous-œuvre. Ce chevalement est composé de deux étais *A*, d'une contrefiche *B*, d'un chapeau *C* et d'une sablière *D*.

#### 4° ÉTAIEMENT DES PLANCHERS

**660.** Il peut se présenter deux cas:

1° Lorsque le plancher est composé de poutres et de solives, on peut alors se contenter d'étayer les poutres par des che-

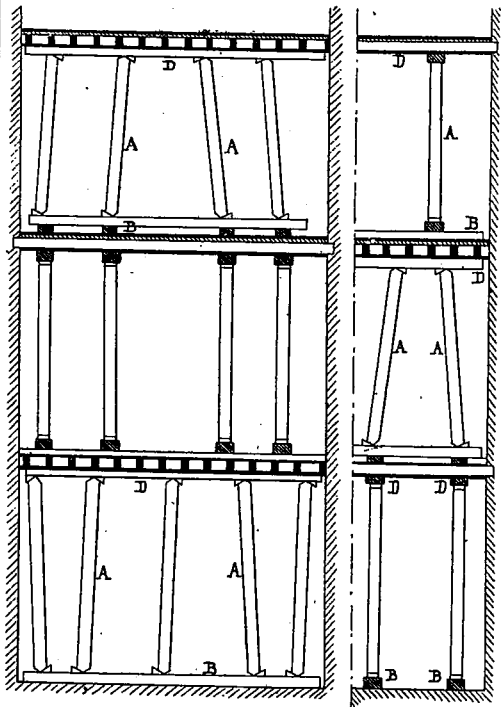


Fig. 969.

valements; 2° si, dans un plancher, on est obligé d'étayer les solives, il faut alors un très grand nombre d'étais à moins



qu'on établit une lambourde sous les solives. On rentre alors dans le cas de l'étalement d'une poutre.

L'étalement des planchers est indispensable :

1° Lorsqu'ils sont trop faibles pour supporter de fortes charges accidentelles ou permanentes.

2° Lorsque la vétusté laisse des doutes sur la solidité même en raison des charges habituelles pour lesquelles le plancher a été calculé ;

3° Enfin, lorsque, par suite de travaux repris en sous-œuvre, les planchers sont exposés à être sans soutiens.

La figure 969 montre, par deux coupes perpendiculaires l'une sur l'autre, l'étalement d'une série de planchers superposés. Cet étalement est très simple, comme l'indique la figure. On emploie des étais A verticaux, ou presque verticaux, n'ayant que juste l'inclinaison nécessaire pour qu'on puisse les raidir. Ces étais reposent, par leurs pieds, sur des semelles ou couchis B et, par le haut, ils exercent un effort sur les lambourdes D, placées immédiatement sous le plafond. Ces lambourdes soutiennent toutes les solives des planchers. Chaque extrémité de l'étais est, comme le montre la figure, taillée en biseau afin de les faire porter seulement sur une arête qui reporte bien, sur son axe, l'effort qu'il doit supporter. On évite ainsi les éclats qui pourraient se produire sur l'angle du bois. Lorsqu'on doit soutenir une poutre qui fléchit et menace de se briser, on doit placer, sous cette poutre, une lambourde dans toute sa longueur, puis soutenir la lambourde par des étais, comme on le ferait pour une solive ordinaire ou, mieux, à l'aide de jambettes.

##### 5° ÉTAIEMENTS POUR TRAVAUX DE DÉBLAIS. — FOUILLES

**661.** Pour étayer les terres d'une tranchée A (fig. 970), on pose horizontalement une série de planches *p* ou couchis, contre les parois de la terre de la tranchée. Sur ces couchis horizontaux, on en appuie d'autres *p'*, placés verticalement ou suivant le talus de la fouille. Ces derniers sont maintenus de distance en distance par des

étrésillons *e* inclinés alternativement en sens contraire.

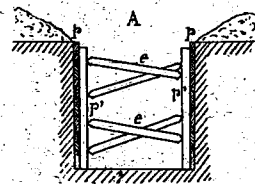


Fig. 970.

Pour bien faire comprendre la disposition de ces diverses pièces de bois, nous donnons (fig. 971), en perspective cavalière, le dessin d'un talus de forme quelconque, avec l'indication des différentes pièces de bois représentées par les mêmes lettres que dans la figure précédente. Lorsque le terrain n'est pas ébouleux et peut se tenir par lui-même sur une petite

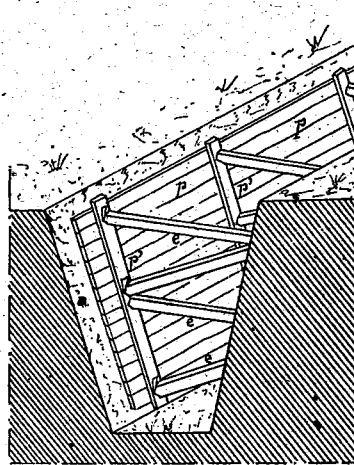


Fig. 971.

surface, on réduit alors le nombre des couchis *p* et, au lieu de les mettre jointifs, on les écarte autant que peut le permettre le terrain fouillé.

Ce que nous venons de dire pour l'étalement d'une fouille peut s'appliquer lorsque, entre deux vieilles maisons A et B (fig. 972), on en démolit une troisième C pour la reconstruire. Il est évident que, par suite de la vétusté des deux murs

mitoyens A et B, l'entrepreneur pourrait courir de grands risques s'il n'étais pas, c'est-à-dire s'il n'empêchait pas les deux murs A et B de pousser au vide quand la maison C sera enlevée. L'étalement se fait très simplement en prenant de longues sapines S appuyées sur des lambourdes L et maintenues par des moises M. On peut, en répétant autant qu'il sera utile cette disposition, éviter bien des désagréments et procéder en toute sécurité à la reconstruction de la maison C.

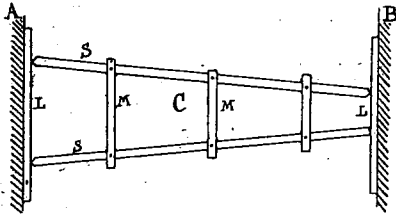


Fig. 972.

Dans les étalements en déblais, il peut arriver que, ces déblais étant ouverts sur une très grande largeur, il soit impossible d'employer la méthode d'étrésillonnement. On étaie alors les terres ainsi qu'on le fait pour les murs à l'extérieur. On incline les étais à 45 degrés et on assemble leurs pieds dans des semelles retenues par des pieux ou contreboutées dans les parois opposées.

Nous n'insisterons pas davantage sur les étalements en déblais, car ces derniers trouveront leur place dans le cours d'exploitation des mines qui sera publié ultérieurement.

#### 6° ÉTAIEMENTS DES VOÛTES

**662.** Quand on doit étayer une voûte; soit pour éviter sa chute, soit pour la réparer ou pour la démolir; il faut placer, sous cette voûte, le même cintre qui a servi pour sa construction; donc, l'étude des étalements des voûtes rentre dans le cadre de l'étude des cintres dont nous dirons plus tard quelques mots.

Le plus souvent, pour réparer un cintre ou pour reprendre ses pieds-droits en sous-cœuvre, on place, comme nous l'indiquons (fig. 973), à la hauteur des naissances, un entrail E soutenu par de grands étais A

dont les pieds reposent sur des sablières B. Des couchis C sont soutenus par une série de contrefiches D et des cales sont placées au dessus.

Il est évident qu'il serait difficile de calculer d'avance le nombre et les dimen-

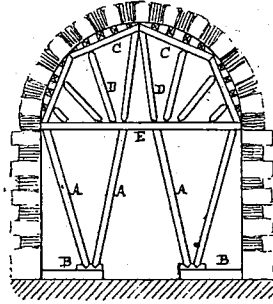


Fig. 973.

sions des diverses pièces qui composent cet étalement, ces inconnues étant susceptibles de varier suivant les besoins, l'apparence ou la forme de la voûte et le plus ou le moins d'importance de l'étalement.

#### 7° ÉTAIEMENT D'UNE MAISON INCENDIÉE

**663.** A la suite d'un incendie, les murs de la maison atteinte sont généralement lézardés et ébranlés sur divers points; il est nécessaire, pour les reprendre en sous-cœuvre, d'étayer très sérieusement la construction. Cet étalement peut se faire comme nous l'indiquons par le croquis (fig. 974). Les baies seront convenablement étrésillonnées; puis, à l'aide de grands étais A, on soutiendra la partie haute de la maison en les plaçant comme nous l'avons déjà indiqué précédemment.

Si la façade de la maison a été très avariée par l'incendie, il peut se faire que des étais tels que A ne suffisent pas. Il faut alors, comme l'indique la figure, en ajouter d'autres, tels que A' et A'' destinés à soutenir les baies de chaque étage. Les étais A et A' se trouvant à proximité l'un de l'autre et ayant une assez grande longueur, il sera bon de les réunir, de distance en distance, par des moises qui augmenteront leur rigidité. L'étais A'' étant beaucoup plus court pourra être isolé.

Ces étais A, A', A'' reposent sur des semelles en bois S solidement calées sur le sol; comme le montre la figure.

Ce que nous venons de dire s'applique aux baies et aux petits trumeaux, ou murs d'allège qui se trouvent immédiatement au-dessus de ces baies; mais il y a souvent nécessité de soutenir les trumeaux pleins placés entre deux baies. Cet étaielement se fait ordinairement de la manière suivante. Sans trop ébranler le trumeau, on fait, avec précaution, un trou dans chaque trumeau. Dans ce trou, on place deux solives en fer, C (fig. 974) élévation et vue de côté. Ces solives, en fer, sont réunies solidement entre elles et bien entre-

toisées. Pour les soutenir à l'extérieur, on place, de chaque côté, un grand étau tel que B reposant sur une semelle S et entaillé à la partie supérieure pour recevoir l'ailé inférieure du fer à double T.

Ces fers, après avoir traversé le mur de façade, se trouvent soutenus par de petits potelets, tels que B' placés sur l'un des planchers n'ayant pas été atteint par l'incendie et pouvant résister suffisamment. Ce potelet B' reporte la charge qu'il reçoit sur une plus grande surface de plancher à l'aide d'une semelle S' placée sur le plancher.

Comme nous le voyons par ce croquis il sera facile, en multipliant suffisamment

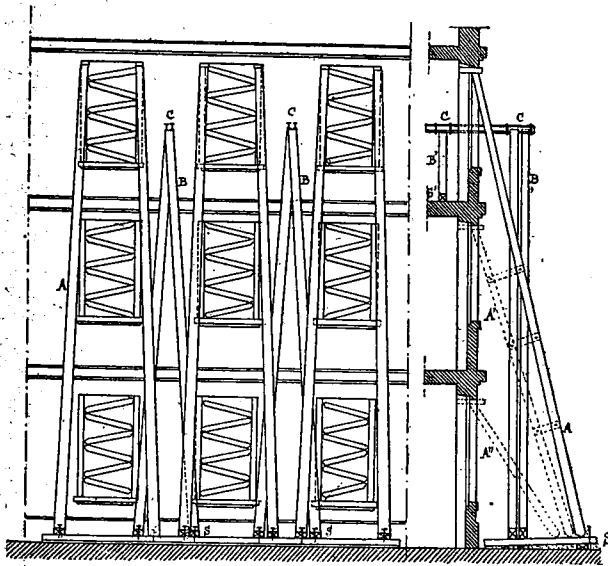


Fig. 974.

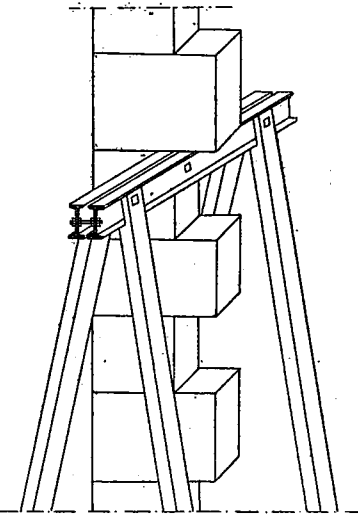


Fig. 975.

le nombre des étais, de bien maintenir toutes les parties du mur et de pouvoir le reprendre en sous-œuvre. Si les planchers menacent de s'écrouler, il faudra les étayer en appliquant les procédés décrits précédemment.

L'idée d'associer le fer au bois dans les étaielements reçoit assez souvent des applications. On en a un exemple lorsqu'il s'agit de soutenir, comme le montre le croquis (fig. 975), une jambe étrière qui, par suite de tassements, produit des lézardes dans le mur. On place alors, sous une des

pierres en saillie, deux fers I et même quelquefois trois fers I solidement réunis

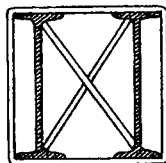


Fig. 976.

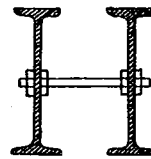


Fig. 977.

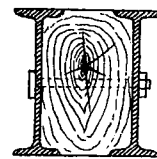


Fig. 978.

par des frettes en fer et des croisillons

également en fer, comme le montre le croquis (fig. 976) ou, simplement, par des boulons à quatre écrous, comme nous le voyons dans le croquis (fig. 977). On peut également augmenter la rigidité de ces fers en plaçant une pièce de bois de chêne, (fig. 978) entre les ailes intérieures.

Quel que soit le procédé employé, les fers ainsi réunis étant placés au-dessous de la pierre sont solidement maintenus par de grands étais venant se placer sur des semelles reposant sur le sol. Ces

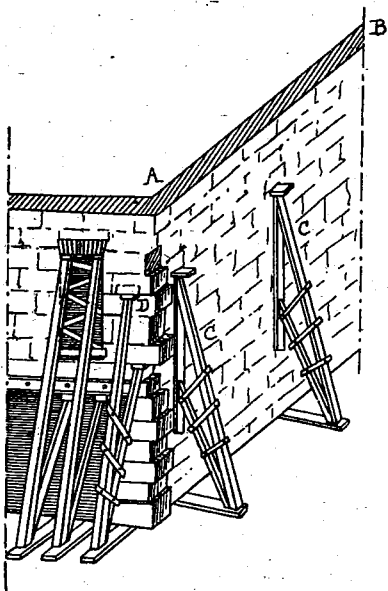


Fig. 979.

étais sont entaillés à leur partie supérieure pour leur donner exactement la forme du fer à  $\Gamma$  ; et, pour avoir plus de sécurité encore, ils sont boulonnés avec ces fers.

Pour terminer ce qui est relatif aux étalements, nous donnons (fig. 979), un croquis en perspective cavalière permettant de bien se rendre compte de la position de chacune des pièces de bois servant à étayer :

1° Une baie ;

2° Un mur mitoyen placé en retour suivant la ligne AB et solidement étayé par

deux rangs d'étais dont l'ensemble est indiqué en C sur la figure ;

3° en D, se trouve l'indication de l'étalement d'un trumeau en se servant du procédé ordinaire sans employer les fers  $\Gamma$  ;

4° Enfin, cette figure montre comment on peut étayer, soit à l'aide de simples étais, soit avec des chevalements complets, le linteau d'une devanture de boutique.

Il y aurait encore bien des exemples d'étalements à donner ; mais ces exemples seraient des cas particuliers qui, en résumé, peuvent rentrer dans les cas généraux dont nous venons de parler. Il est donc inutile d'insister davantage et nous laissons au praticien le soin de les étudier en se servant des conseils que lui donne ce chapitre.

## Échafauds et échafaudages.

### DÉFINITIONS ET NOTIONS GÉNÉRALES

**664.** On donne le nom d'*échafauds* ou d'*échafaudages* à toute construction provisoire en charpente, fixe ou mobile, ayant pour but :

1° d'élever les ouvriers à la hauteur des travaux qu'ils exécutent ;

2° De leur permettre d'avoir à leur portée les matériaux et outils dont ils ont besoin ;

3° De faciliter l'édification ou la réparation des bâtiments.

*Echafauder*, c'est élever les échafaudages nécessaires à la construction d'un édifice. En architecture, on dit, par exemple, qu'un étage s'*échafaude*.

L'étude des échafaudages peut facilement se diviser en deux parties : 1° les *échafaudages simples* ; 2° les *échafaudages d'assemblages*.

1° Les *échafaudages simples* sont exécutés par les maçons eux-mêmes et servent, en général, pour la construction des murs ordinaires et de peu d'importance. Ils sont le plus souvent, composés de chevalets sur lesquels on place des planches, ou formés de grandes perches verticales placées parallèlement à 1<sup>m</sup>,00 ou 1<sup>m</sup>,30 de distance des murs en construction. Le pied de ces perches est enfoncé en terre et consolidé par des pierres mises autour et reliées par du plâtre ou du mortier. L'é-

cartement de ces perches est ordinairement de 2 à 3 mètres. Nous avons donné, dans la troisième partie du cours de construction, page 351, n° 448 et suivants, les divers types d'échafaudages employés par les maçons il est donc inutile d'y revenir.

2° *Echafaudages d'assemblages.* Les échafaudages d'assemblages sont ceux qu'on emploie pour la construction des édifices : pour le montage des fermes métalliques ; pour le montage des matériaux dans des cas particuliers ; en un mot, pour les constructions importantes et l'édification demande souvent plusieurs années.

Les bois qui composent ces échafaudages, au lieu d'être bruts comme ceux employés dans les échafaudages simples, sont soigneusement équarris, présentent tous les assemblages nécessaires à une bonne exécution et sont solidement reliés entre eux par des pièces métalliques en nombre suffisant. Ces échafaudages étant formés, le plus souvent, de plusieurs étages ces derniers sont reliés entre eux par des escaliers doux et commodes établis en vue d'un long usage. Il n'est pas rare de voir des échafaudages d'assemblages terminés, à leur partie supérieure, par des couvertures en papier goudronné et même en planches convenablement disposées pour mettre à couvert les ouvriers et les matériaux.

En général, ils sont portés par un certain nombre de poteaux ayant de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,30 d'équarrissage afin qu'ils puissent résister aux lourdes charges qu'ils ont à supporter, tels que blocs de pierre, machines servant à élever les matériaux etc... Les différentes parties de ces échafaudages sont ordinairement reliées par de grandes moises ou par des croix de Saint-André de manière à former des triangles indéformables. Dans certains cas, ils se distribuent par étage, comme les échafaudages ordinaires, et sont formés de montants ou pièces de bois placées verticalement, enfoncées et scellées dans le sol à 4 ou 5 mètres de distance du parement du mur de l'édifice.

On peut aussi les faire reposer sur de fortes sablières posées horizontalement

sur le terrain. Souvent, ils sont disposés de façon à pouvoir rouler sur des rails, un seul échafaud devant servir, par exemple, au montage de toutes les fermes métalliques d'une grande galerie d'exposition ou de l'établissement d'un atelier.

Indépendamment des croix de Saint-André, on se sert également, pour la consolidation des échafaudages, d'assemblages, de liens, de contrefiches, etc ; mais, autant que possible, il faut éviter d'employer une trop grande quantité de bois toujours nuisible à la libre exécution des travaux. Un échafaudage doit être simple, solide et les pièces de bois dont il est composé doivent être en rapport avec les charges qu'il aura à supporter. Ces diverses pièces peuvent être moisées, assemblées à mi-bois, chevillées, boulonnées, assemblées à tenons et mortaises, ou de toute autre manière, en ayant, toutefois, le soin de ne pas trop les entailler pour qu'elles puissent servir plusieurs fois.

Les échafaudages d'assemblages peuvent prendre des formes très variées dépendant évidemment des travaux à exécuter, de la forme des édifices et de bien d'autres circonstances qui peuvent modifier d'une manière sensible les dispositions généralement adoptées. Il est donc impossible de donner des règles absolues pour leur construction. Nous nous contenterons, dans ce qui va suivre, d'examiner les principaux types en laissant au constructeur le soin de les modifier suivant les applications qu'il aura à en faire.

Nous croyons inutile d'insister sur les conditions de solidité et de bon agencement que doivent présenter les échafaudages. C'est en effet de ces qualités que dépend la plus ou moins prompte exécution des travaux.

Les échafaudages fixes, mobiles ou en bascule établis sur la voie publique sont soumis à certaines ordonnances de police qui ont été résumées dans la troisième partie du cours de construction, page 352.

#### ÉCHAFAUDAGE D'ASSEMBLAGES

**665.** Les échafaudages d'assemblages peuvent se subdiviser comme suit :

- 1° Échafaudages fixes ;
- 2° Echafaudages roulants ;
- 3° Echafaudages volants ;
- 4° Echafaudages suspendus ;
- 5° Echafaudages tournants.

#### 1° Échafaudages fixes.

**666.** Les échafaudages fixes devant supporter des matériaux pesants, des machines lourdes et un certain nombre d'ouvriers, se construisent en charpente. On les compose de montants et de sablières recevant une série de solives, le plus souvent des madriers du commerce, destinés à porter un plancher formé de planches brutes simplement clouées. Les montants et les sablières sont reliés par des contre-fiches et des croix de Saint-André et le contreventement est assuré par de grandes moises inclinées. Il faut donner aux diverses pièces de ces échafaudages qui, le plus souvent, ne doivent pas avoir une longue durée, juste les équarrissages nécessaires, éviter les parois pleines et diminuer, autant que possible, le nombre des pièces de bois. Ordinairement, ces échafaudages sont construits en bois de sapin ou autres bois de peu de valeur. On peut même employer les vieux bois qui ne sont pas trop affaiblis par les entailles, ou par d'anciennes mortaises.

Prenons, comme exemple d'échafaudage fixe, celui qui a été installé pour la réparation du Panthéon, après la guerre de 1870. L'étude en a été faite par M. Louvet et l'exécution par M. Édouard Duprez entrepreneur. La figure 980 montre une demi-coupe de l'échafaudage placé au-dessus de la grande colonnade. L'échafaudage extérieur se compose de treize fermes semblables qui entourent environ un tiers du dôme. Le pied de cet échafaudage se trouve à 70<sup>m</sup>,00 de hauteur du sol de la rue et le couronnement, y compris la hauteur de la lanterne, est à 110<sup>m</sup>,00 du même niveau.

Cette figure montre la disposition de l'échafaudage intérieur qui a servi pour la restauration de la coupole ; il existe trois planchers superposés reposant sur quatre fermes semblables. Le premier plancher se trouve à une hauteur de

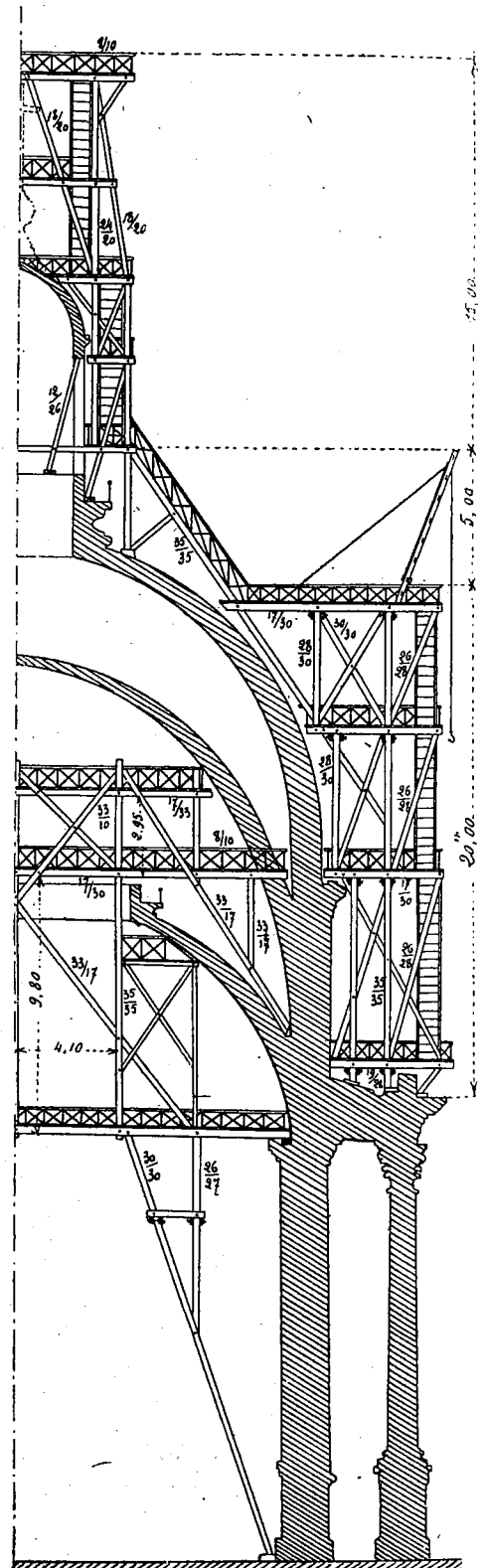


Fig. 980.

75<sup>m</sup>,00 du sol, le deuxième à 90<sup>m</sup>,00 et le troisième à 95 mètres.

La figure 981 donne en croquis l'échafaudage employé pour le portique; il se compose de deux fermes semblables n'ouvrant, comme le montre le croquis, aucune difficulté comme charpente.

La réparation du dôme s'est faite par tiers. Une fois le premier tiers terminé, on a déplacé les treize fermes pour répa-

rer les deux tiers restants. Il a donc fallu que les treize fermes composant l'ensemble de l'ossature soient montées au moyen de verrins sur des galets roulants pouvant tourner par l'effet d'un jeu de leviers et venant, à la volonté de l'entrepreneur, se placer en différents points du dôme.

La figure 982 donne un croquis de l'échafaud extérieur servant de point de montage ou d'échafaud de manœuvre. Il

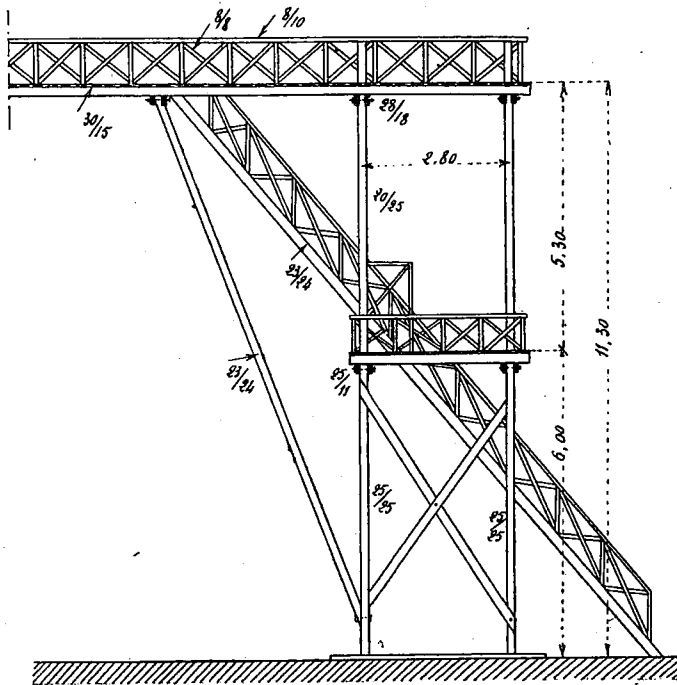


Fig. 981.

se trouvait placé à l'angle d'un des bas-côtés et se composait de trois fermes semblables.

La plus sérieuse difficulté provenait de la défense faite à l'entrepreneur de ne toucher à aucune partie du monument, de ne pratiquer aucun scellement dans les murs pour ne pas détériorer les peintures.

**667.** *Echafaudage fixe pour le lancement d'un tablier métallique.* — Comme deuxième exemple d'échafaudage fixe, nous donnons (fig. 983) l'installation provisoire pour le lancement du tablier métallique d'un pont. Tout le système com-

posé d'une série de pièces verticales, horizontales et obliques, repose sur un certain nombre de pieux battus jusqu'à refus. L'ensemble forme une véritable passerelle avec de solides palées recevant la charge des poutres du tablier. L'avancement des poutres s'obtient à l'aide de treuils et de presses porteuses convenablement disposées.

#### 2° *Echafaudages roulants.*

**668.** Le but des échafaudages roulants est de remplacer les échafaudages volants afin d'éviter le travail dispendieux du

démontage et du remontage lorsqu'on désire changer de place. Le plus simple est évidemment celui qui est représenté (fig. 984) et qui a été décrit par le colonel Emy. Le croquis représente deux projections d'un échafaudage roulant qui a servi pour attacher les draperies dans l'église Saint-Sulpice, à Paris, pour les obsèques du général Hoche. C'est, en réalité, un grand pilone composé de fortes pièces de charpente soutenant, en divers points, une

série de planchers auxquels on peut accéder à l'aide d'une série d'échelles convenablement disposées pour ne rien gêner. Ce pilone est monté sur de forts galets permettant de le faire mouvoir dans un sens ou dans un autre suivant les besoins.

Un deuxième exemple d'échafaudage roulant est donné en croquis schématique (fig. 985). Cette disposition a été employée pour le montage des fermes métalliques d'une des galeries de l'exposition de 1867.

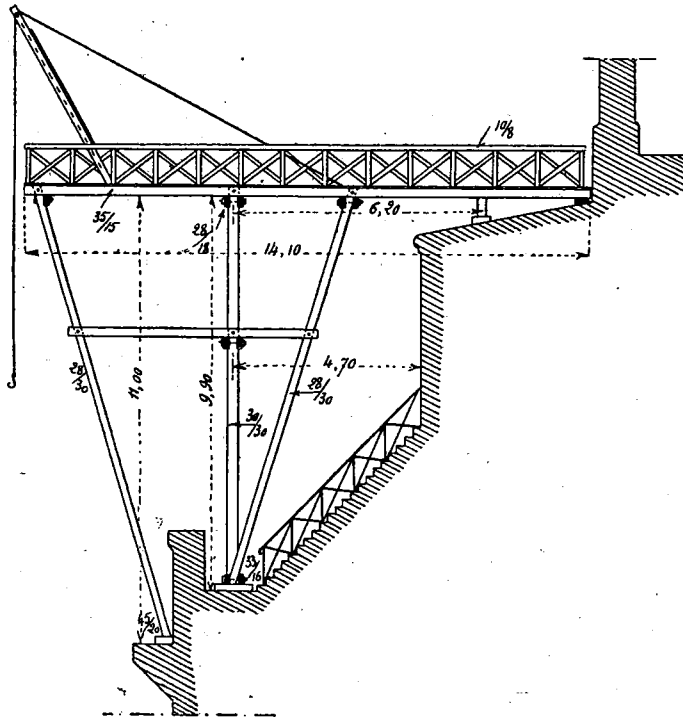


Fig. 982.

Les arbalétriers isolés sont montés simultanément par chacune des grues roulantes. Une fois à hauteur voulue, ils sont assemblés entre eux et sur les montants verticaux, puis les bielles et les tirants sont montés et mis en place.

L'emploi de ce système pour le montage des fermes n'est économique que lorsqu'il y en a un grand nombre. Sans cela, il serait plus avantageux d'assembler les fermes sur le sol et de les monter ensuite en se servant de simples grues.

Comme dernier exemple d'échafaudage

roulant, nous donnons (fig. 986) le croquis de l'échafaudage roulant qui a servi au montage des fermes de la gare d'Orléans à Paris. Cet échafaudage, comme le montre la vue de côté, se compose essentiellement de deux fermes espacées de 10 mètres d'axe en axe. Ces deux fermes supportent un grand plancher horizontal sur lequel se faisait l'assemblage et le rivage des pièces métalliques devant constituer chaque ferme de comble. De grandes croix de Saint-André et de fortes moises consolident tout le système.



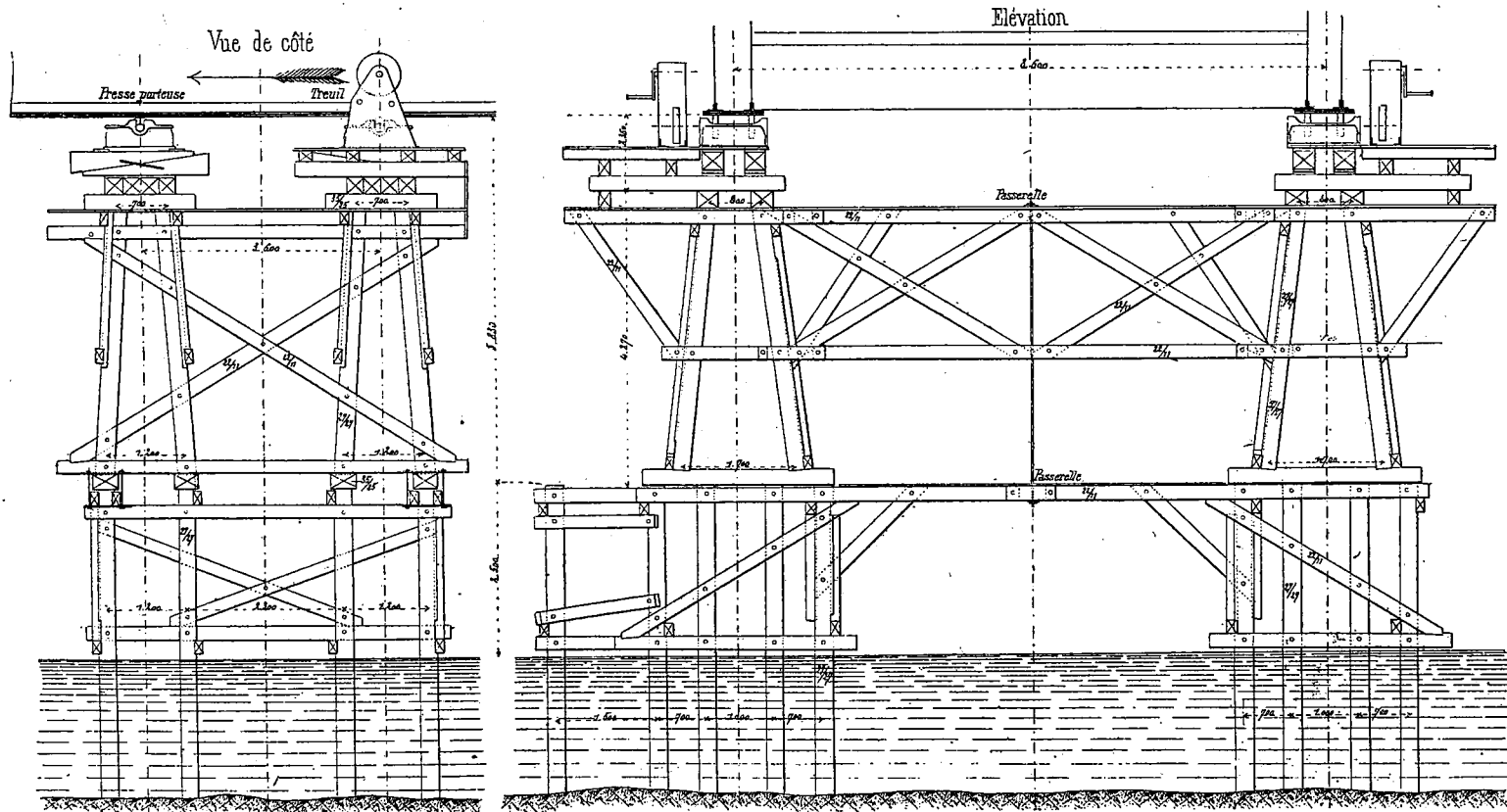


Fig. 983.

ÉTAIS ET ÉTAIEMENTS.

L'assemblage des croix de Saint-André entre elles est consolidé par des plaques en forte tôle solidement boulonnées.

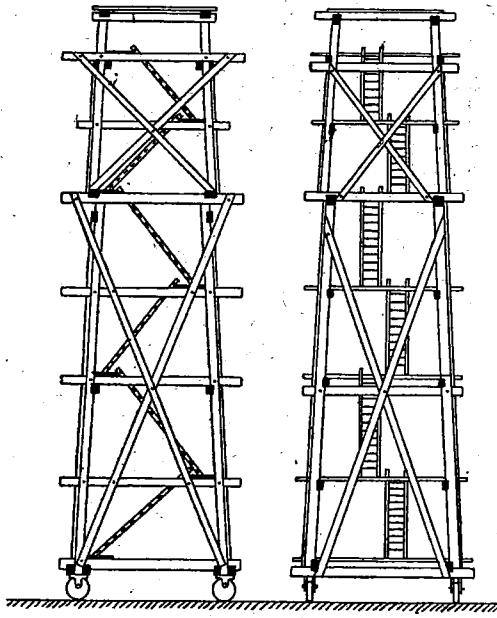


Fig. 984.

La partie supérieure de l'échafaud prend exactement la forme du comble: Six grues

installées sur le grand plancher horizontal servent au montage. L'ensemble de tout le système se meut sur cinq rails. Pendant tout le travail, les trains n'ont pas cessé de circuler dans les parties libres de cette grande charpente.

### 3° Échafaudages volants.

**669.** On désigne sous le nom d'*échafaudages volants*, ceux qu'on démonte en tout ou en partie pour les changer de place, suivant les besoins et l'avancement des travaux pour lesquels on les a installés. Ils évitent souvent des échafaudages généraux qui seraient trop coûteux. On cite, comme un modèle, l'échafaud volant du dôme de Saint-Pierre de Rome, construit en 1773, par Pierre Albertini et qui se trouve dans presque tous les traités de charpente.

### 4° Échafaudages suspendus.

**670.** On peut encore donner aux échafaudages des formes bien différentes de celles que nous venons de décrire. Ainsi, ils peuvent être suspendus, soit pour ne pas encombrer la voie publique par un échafaudage trop important, soit pour exécuter des constructions au bord de l'eau.

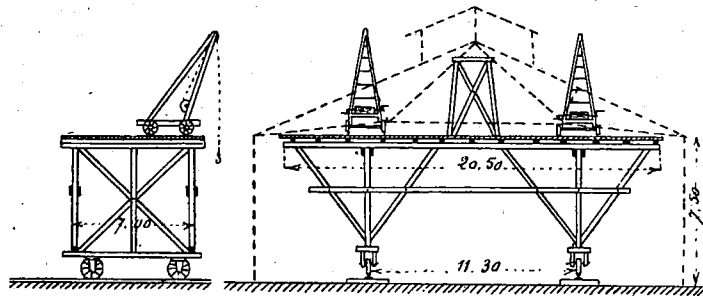


Fig. 985.

Ce genre d'échafaudage peut également être utilisé pour les travaux intérieurs dans les grandes constructions. Les combinaisons pouvant varier à l'infini, selon la nature des réparations à faire, le poids des matériaux à supporter, le nombre des ouvriers et la disposition des localités.

Nous nous bornerons à en donner quelques types très simples.

La figure 987 offre un exemple d'échafaudage suspendu souvent employé pour les réparations à faire aux corniches de monuments lorsque ces dernières sont dégradées. Cet échafaudage est, comme le

montre le croquis, composé d'une série de moises pendantes entaillées à mi-bois.

D'autres échafaudages suspendus ins-

tallés le long d'un mur droit, (fig. 988 et 989) sont formés de pièces horizontales encastrées dans le mur et soutenues

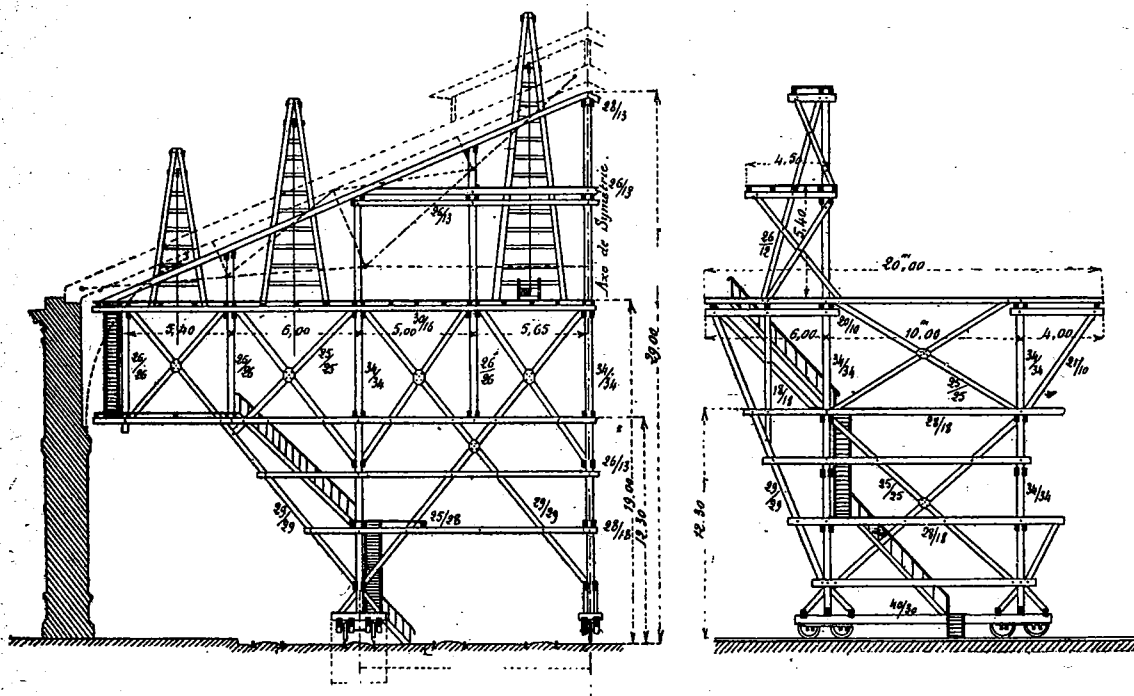


Fig. 986.

par des jambes de force et des moises de

échafauds ordinaires simples formés d'échasses et de boulins.

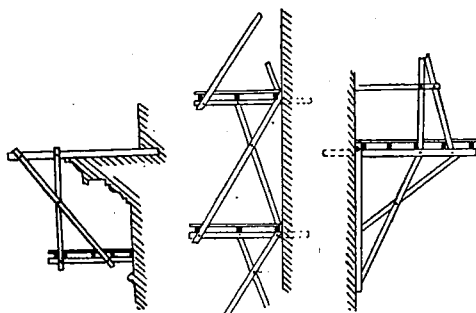


Fig. 987.

Fig. 988.

Fig. 989.

manière à constituer un ou plusieurs planchers superposés.

Enfin, un dernier type (fig. 990) se compose de poteaux solidement maintenus contre un mur, sur lesquels on monte des

échafauds ordinaires simples formés d'échasses et de boulins.

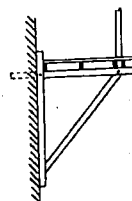


Fig. 990.

5° Échafauds tournants.

671. Les échafauds tournants s'emploient dans les mêmes circonstances que les échafauds roulants; mais ils s'appliquent à l'intérieur des édifices circulaires. Tel est l'échafaud roulant construit en 1756 par Camparino pour le Panthéon de Rome.

# CHAPITRE VIII

## CINTRES

### I. — Définitions et notions générales.

**672.** On donne le nom de *cintres* à des espèces de fermes en charpente analogues à celles employées dans les combles et qui servent à soutenir la maçonnerie des voûtes pendant leur construction et jusqu'à ce que la pose de leurs clefs leur permette de se soutenir seules.

Les cintres sont de véritables échafauds. Ils prennent le nom d'*étais*, lorsqu'ils sont employés pour la réparation des voûtes ou leur démolition lorsqu'elle doit se faire avec précautions.

Les cintres sont composés de fermes plus ou moins espacées, épousant la forme de l'intrados des voûtes et réunies entre elles par des pièces de bois horizontales nommées *couchis*.

Il n'y a pas de règle précise à donner pour l'espacement des fermes dans les murs ordinaires et pour la construction des portes et croisées cintrées; deux cintres suffisent. Pour les voûtes de cave, de magasins, d'arches de pont, etc..., il faut établir une série de fermes de distance en distance afin de bien maintenir les couchis, planches ou madriers qui servent à soutenir l'intrados de la voûte. L'espacement moyen de ces fermes varie de 1<sup>m</sup>,50 à 2<sup>m</sup>,00.

Lorsque, dans un cintre, la flèche est la moitié de la largeur, on dit que la voûte à laquelle ils s'applique est en *plein cintre*. Si la flèche est plus courte que le rayon, le cintre est dit *surbaissé*. Il est dit *surhaussé* dans le cas contraire.

Les cintres s'exécutent en sapin le plus souvent; cependant, on se sert du chêne lorsque le poids de la voûte est considérable. Si l'on désire conserver le sapin pour de fortes charges, il est indispen-

sable de placer une feuille de métal, de la tôle par exemple, entre les pièces qui se posent bout sur bout. Les bois employés peuvent être vieux ou neufs; ils doivent avoir une force suffisante pour prévenir tout tassement ou dérangement pendant la construction de la voûte.

La construction des cintres réclamant une assez grande quantité de bois, il faut éviter de les détériorer afin que ces bois puissent servir plusieurs fois.

L'écartement des couchis est plus ou moins fort suivant la nature des matériaux employés pour la construction de la voûte. Pour une voûte en pierre de taille, on place ordinairement un couchis sous chaque voussoir. Sous une voûte construite en petits matériaux, il faut rapprocher les couchis et il est même de bonne construction de les mettre jointifs, puis de les clouer sur les fermes pour augmenter leur résistance.

Il est évident que les cintres varient en forme et en importance selon les travaux auxquels ils sont destinés. Dans tous les cas, dans leur construction on recherche la rigidité et la fixité; il faut, de plus, qu'ils soient construits avec soin et exactitude.

Certains constructeurs cherchaient l'élasticité; de là, ces tassements énormes auxquels ils étaient obligés de remédier en surhaussant les cintres, opération difficile, délicate et d'un résultat éventuel. Depuis qu'on emploie les cintres fixes, les tassements sont insensibles.

Les conditions auxquelles un cintre doit satisfaire dépendent de l'art de la construction des voûtes et, par ce fait, rentrent dans le domaine de l'ingénieur ou de l'architecte. La construction des cintres est confiée aux charpentiers, quoique leur pose et leur décintrement

ne rentre pas dans les applications ordinaires de la charpente en bois.

Dans les applications qui lui seront demandées, le charpentier ne doit pas oublier qu'il faut, dans la composition d'un cintre :

1° S'opposer à toute déformation et, par suite, le composer d'une série de triangles et non de quadrilatères ;

2° Que, pour éviter le déversement, le cintre doit être symétrique par rapport à l'axe vertical de la voûte ;

3° Que les angles soient peu différents dans un même triangle et ne pas être trop obtus.

Les diverses pièces qui composent un cintre sont ordinairement assemblées à tenons et mortaises ou, plus simplement, à embrèvements ; elles sont maintenues par des équerres ou par des boulons en fer. Outre le contreventement des fermes donné par les couchis, il est encore indispensable de les maintenir entre elles par de solides moises ou par des croix de Saint-André.

Dans la construction d'un cintre, il faut ménager les moyens de leur donner un certain jeu afin de pouvoir les baisser graduellement au-dessous d'une partie quelconque de l'arc ou de la voûte.

Nous nous bornerons, dans ce chapitre, à décrire les petits cintres employés dans les constructions ordinaires ainsi que quelques exemples de cintres et échafaudages des tunnels en réservant l'étude des cintres de pont et des grands cintres, en général, pour un autre chapitre du cours de construction relatif aux ponts.

## II. — Différents types de cintres et leurs applications.

**673.** Les fermes des cintres peuvent être combinées de plusieurs manières. Elles sont, ou simplement soutenues, à leur naissance, par la maçonnerie qui supporte à la fois la charge verticale et la poussée horizontale de ces fermes, et on dit alors que les cintres sont *retroussés*, ou bien, il existe, d'une naissance à l'autre, un certain nombre de points fixes dont l'effet est de partager la ferme totale en plusieurs autres de moindre ouverture, on dit alors que les cintres sont

*fixes* ; enfin, un troisième système, qu'on peut appeler, système *mixte*, consiste à établir d'abord les fermes de manière qu'elles puissent être soutenues sur les deux naissances seulement, puis à les étayer pendant la construction, à l'aide d'un certain nombre d'appuis fixes. Cette dernière disposition permet de partager en deux l'effet du décintrement, en supprimant d'abord les étais, puis en n'enlevant le cintre proprement dit qu'après le premier effet du tassement.

On pourrait encore mentionner, comme système particulier, les *cintres roulants*, employés dans la construction des tunnels ou des voûtes d'une grande longueur et les *cintres suspendus* dont on fait quelquefois usage pour opérer la démolition des voûtes. Les cintres peuvent varier, comme portée, de 1 à 60 mètres. Ceux, qui sont appliqués dans les constructions ordinaires ne dépassent guère 20 mètres. Nous ne nous occuperons que de ces derniers, les autres, d'une plus grande ouverture, étant employés pour la construction des ponts.

### 1° CINTRE FORMÉ DE PLANCHES

**674.** Les cintres les plus simples sont composés de deux ou trois épaisseurs de planches clouées ou chevillées ensemble, qu'on coupe suivant une courbe concentrique à l'intrados de la voûte ou qui

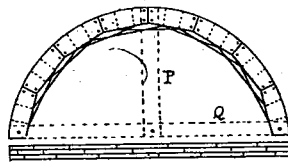


Fig. 991.

représentent, comme le montre la figure 991, la forme d'un polygone se rapprochant beaucoup de la courbe de la voûte. Les vides sont remplis par de petits morceaux de bois délardés, appliqués sur les côtés du polygone. Les joints des planches ainsi assemblées doivent être, comme les joints des voussoirs, placés perpendiculairement à la surface de la voûte afin d'obtenir une plus grande solidité.

Ce système de cintre ne peut être employé que pour des voûtes légères et de peu d'étendue. Dans certains cas, et pour raidir ces planches, on ajoute des pièces de bois P et Q moisant le cintre.

2° CINTRES SANS FERMES

675. La seconde disposition de cintre donnée (fig. 992) n'est également admis-

pour des voûtes légères, car il n'est ni contreventé ni moisé. Les pièces V qui rachètent la courbure de la voûte et sur lesquelles posent les couchis, se nomment des *veaux*.

La figure 993 donne un exemple de très petits cintres en demi-cercle souvent employés pour la construction de berceaux couvrant de longues galeries souterraines. On en forme des demi-cylindres de 3 à 4

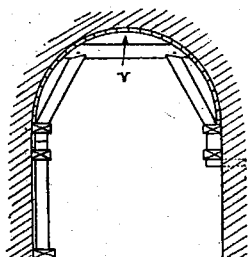


Fig. 992.

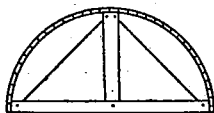


Fig. 993.

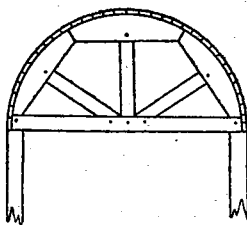


Fig. 994.

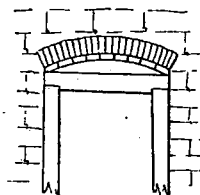


Fig. 995.

sible que pour de très petites portées et mètres de longueur qu'on dégage des

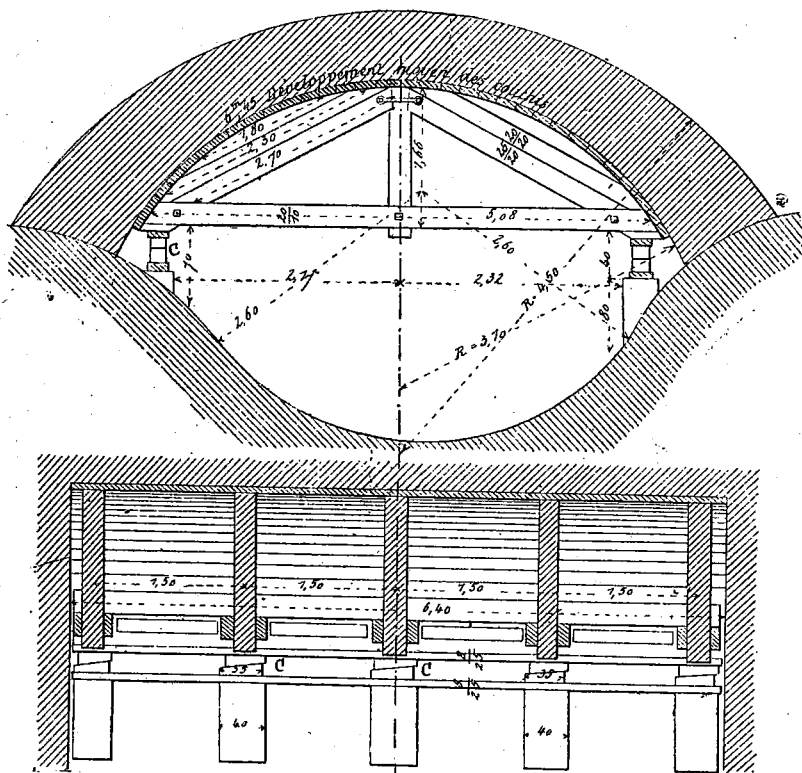


Fig. 996.

voûtes une fois celles-ci construites pour les transporter plus loin afin de continuer la galerie. On peut encore les simplifier en supprimant le poinçon. On croise alors les planches qui se rencontrent à la partie haute du demi-cercle et on les cloue pour les maintenir.

La figure 994 donne l'exemple d'un cintre de petites dimensions, mais un peu plus compliqué que le précédent. Il est employé pour l'exécution des baies demi-circulaires. Ce cintre se compose d'un entrain reposant le plus souvent sur deux poteaux verticaux adossés aux pieds-droits et assemblés ou simplement posés à leur partie inférieure, sur une semelle ou sablière horizontale reposant directement sur le sol : de trois pièces de bois destinées à donner à l'extérieur la forme exacte de la courbe ; d'un poinçon et de deux contrefiches.

La figure 995 montre la disposition à employer pour les baies en arc surbaissé ayant des dimensions restreintes comme les portes et les fenêtres des habitations ordinaires.

### 3° CINTRES AVEC FERMES

**676.** Lorsque la portée augmente, les dispositions précédentes ne sont plus applicables ; il faut alors composer de véri-

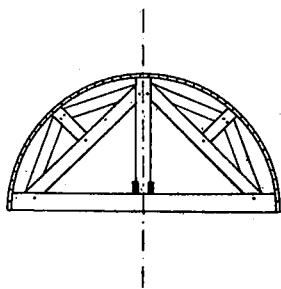


Fig. 997.

tables fermes pour soutenir les voûtes. La disposition la plus simple est indiquée (Fig. 996). La ferme est formée par un entrain, deux arbalétriers et un poinçon, le tout solidement maintenu par des boulons. Dans cette figure, sont indiqués, en C, les coins servant à effectuer le décintrement

du cintre comme nous le verrons plus loin.

Les figures 997 et 998 représentent des cintres qu'on peut employer pour la construction de petites voûtes appareillées en pierre. La figure 997 est la plus simple. Le cintre est formé d'un poinçon, d'un entrain, de deux arbalétriers et de veaux.

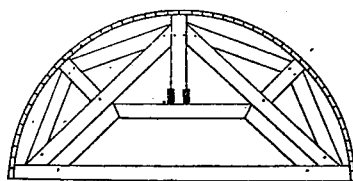


Fig. 998.

Deux moises, placées au pied du poinçon, servent à relier les fermes entre elles.

La figure 998 est une autre application avec sous-arbalétriers et poinçon reposant sur un faux entrain.

### 4° CINTRE FIXE POUR ARC SURBAISSÉ

**677.** La figure 999 représente un cintre fixe pour voûte surbaissée.

Outre les points d'appui des naissances,

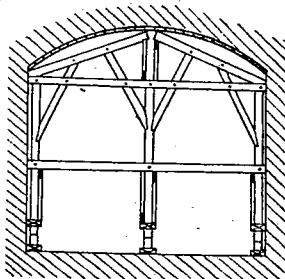


Fig. 999.

on a supposé, au milieu de la portée, un poteau de soutien destiné à soulager l'entrain et le cintre proprement dit au moyen de contrefiches convenablement disposées.

### 5° CINTRE POUR ARC EN OGIVE

**678.** La figure 1000 nous montre la disposition d'un cintre à adopter pour des baies de forme ogivale. Ce cintre est composé d'un entrain et d'un faux-entrain solidement maintenu par deux grandes con-

treffiches venant buter contre une pièce de renfort doublant le faux entrain. Ce faux entrain reçoit un poinçon et deux contre-

mant, entre elles, une triangulation qui rend l'ensemble de ces dispositions rigide, le déplacement de chacune de ces pièces

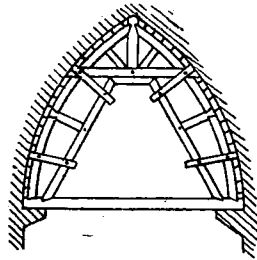


Fig. 1000.

fiches placées perpendiculairement à la courbe. Une série de moises et de jambes de force complètent cette installation.

6° CINTRES SANS ENTRAITS

679. Les figures 1001, 1002, 1003, 1004 et 1005 montrent des exemples simples de

étant rendu impossible par l'opposition de celle qui la croise.

7° CINTRES DE PLUS GRANDE PORTÉE

680. Pour terminer l'exposé des cintres simples, nous donnons (fig. 1006 et 1007) deux dispositions pour des voûtes

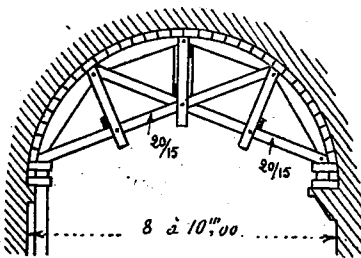


Fig. 1001.

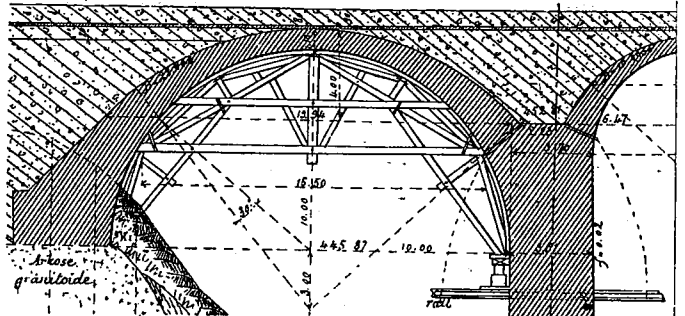


Fig. 1004.

cintres sans entrains. Dans ces cintres, il existe une série de pièces telles que faux

elliptiques et en anse de panier. Ces cintres sont très bien disposés et chacune des pièces dont ils sont composés travaillent dans de bonnes conditions.

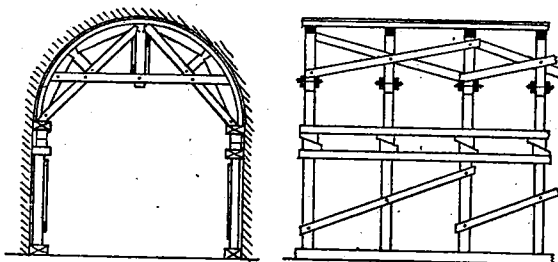


Fig. 1002.

8° CINTRES DE COUPOLES

681. Les cintres de coupoles se composent de plusieurs fermes s'assemblant sur un poinçon central ou sur un poteau, suivant le cas et réunies par des couchis courbes. On peut également les monter sur une série de poteaux régulièrement disposés autour du centre.

entrains, moises, contrefiches, etc... for-



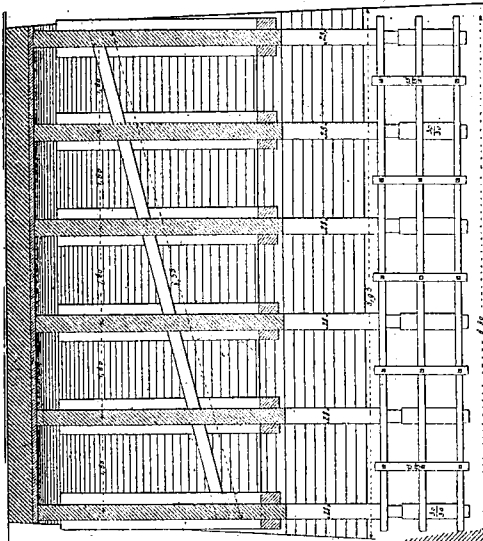
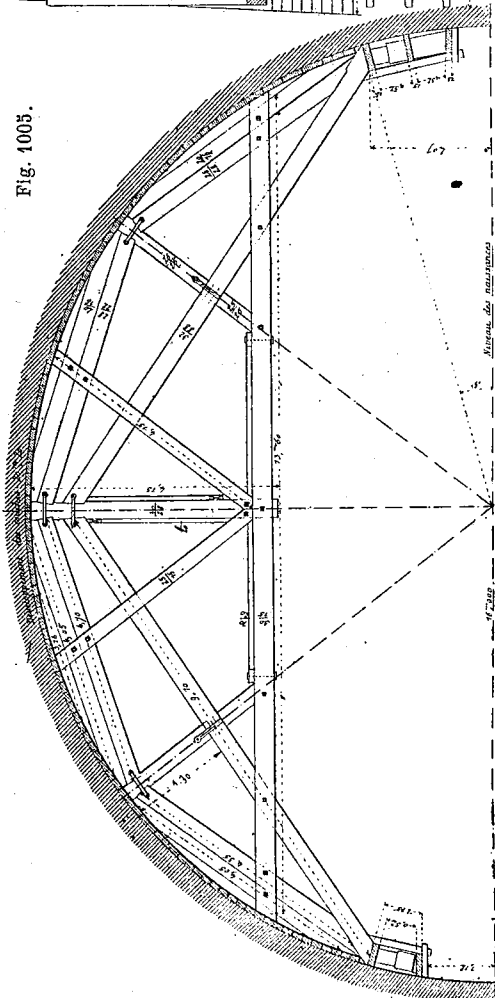


Fig. 1005.



## 9° CINTRES POUR DIVERS TYPES DE VOUTES

**682.** Les cintres de voûtes d'arêtes et de voûtes en arc de cloître se composent généralement de cintres pour les arêtiers, les arcs doubleaux et formerets et de deux autres cintres passant par les milieux. Lorsque les triangles vides sont encore trop considérables pour la portée des couchis, on interpose des demi-fermes.

## 10° CINTRES POUR LA CONSTRUCTION DES TUNNELS

**683.** La figure 1008 nous montre trois dispositions de cintres employés pour la construction des tunnels. Dans ces cintres, on utilise, autant que possible, des bois bruts, les bois équarris étant trop coûteux

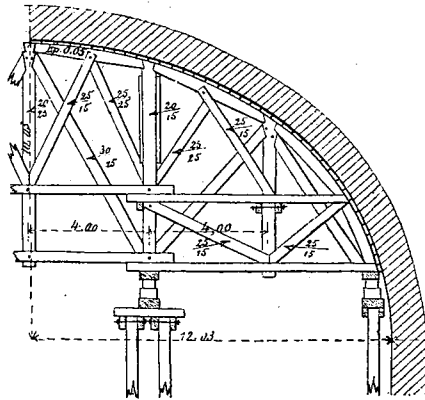


Fig. 1006.

pour ce genre d'installation. Nous donnons ces trois types comme mémoire en rappelant à nos lecteurs qu'ils trouveront, dans un chapitre spécial du cours de construction relatif à l'exploitation des mines, tous les détails des boisages employés dans les mines.

## Décintrement des voûtes.

**684.** On désigne sous le nom de *décintrement*, l'opération qui consiste à enlever les cintres d'une voûte qui vient d'être terminée. C'est une opération délicate et qui doit être conduite avec soin. Au moment de l'enlèvement des fermes des cintres, il se produit, par l'effet de la

compression des mortiers, une contraction de la voûte dans le sens perpendiculaire à son axe et, par conséquent, un abaissement à la clef qu'on appelle *tassement*.

Certains constructeurs prétendent qu'il faut laisser les voûtes sur cintres pendant un mois et même six semaines; d'autres croient qu'il peut être bon d'opérer d'une manière diamétralement opposée.

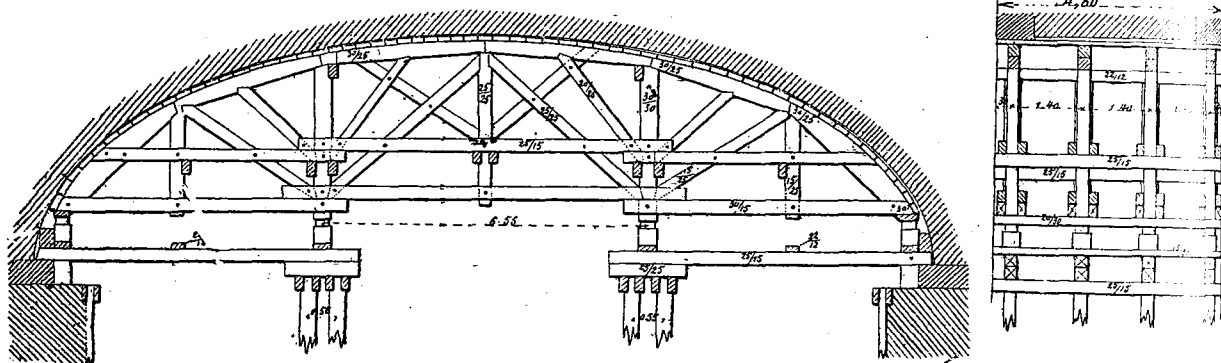


Fig. 1007.

D'après de nombreuses expériences, il est prouvé aujourd'hui que, sous le rapport de la stabilité et du tassement, il n'y a aucun désavantage à décintre les voûtes

presque immédiatement après la pose des clefs. En général, on ne procède au décintrement des voûtes que lorsque le mortier des joints a acquis une certaine

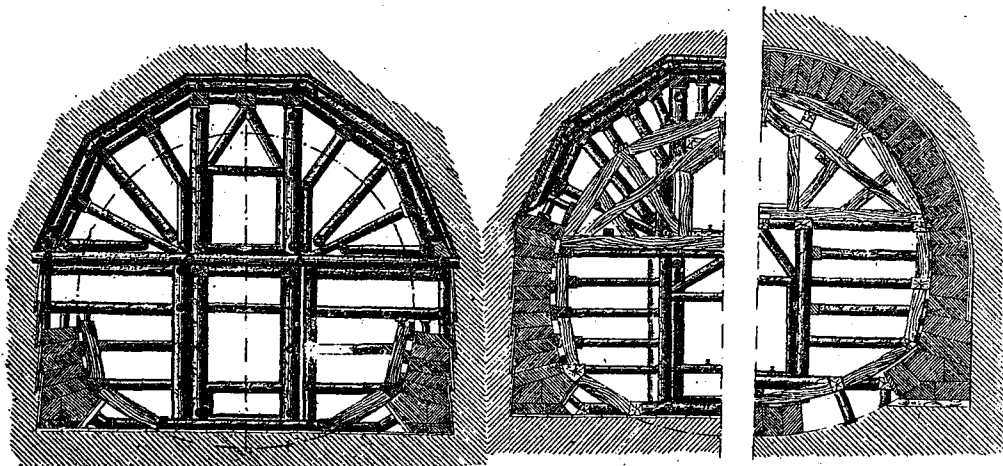


Fig. 1008.

dureté. Sa prise ne doit cependant pas encore être complète afin qu'il conserve une élasticité relative et qu'il puisse se comprimer et se mouler suivant de nouvelles figures sans que sa désorganisation s'ensuive.

Le mouvement que prend la voûte par suite du décintrement doit s'opérer avec une extrême lenteur; car, si les voussoirs prenaient une vitesse appréciable, il en résulterait, en raison de l'énorme masse en mouvement, une force vive considé-

nable qui pourrait causer bien des désordres. Il faut donc que le décintrement soit fait et dirigé de telle manière que les cintres ne quittent la voûte que par progression insensible et en plusieurs phases séparées par un intervalle de temps notable. Il est même bon de pouvoir, à un moment donné, arrêter le décintrement et, à l'aide de cales ou autrement, d'être en état de remettre la voûte sur son cintre.

On peut adopter, pour le décintrement des voûtes, les procédés suivants :

- 1° Appuyer les cintres sur des coins ;
- 2° Se servir de sacs remplis de sable ;
- 3° Employer des boîtes à sable ;
- 4° Employer les vis ou les verrins ;
- 5° Soutenir les cintres sur des excéntriques.

1° *Emploi des coins en bois.* — Le procédé par coins consiste à faire reposer chaque ferme de cintre sur deux coins en

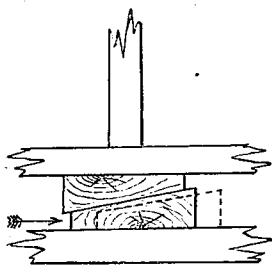


Fig. 1009.

bois de chêne, à petit angle. On imprime à ces coins, dont nous donnons le croquis (fig. 1009), un mouvement aussi modéré qu'on veut, soit d'abaissement vertical, soit d'écartement horizontal, en faisant glisser l'un sur l'autre les deux coins d'une même paire. Un ouvrier charpentier, muni d'une cognée, frappe à petits coups sur le coin inférieur de la paire portant sur la semelle traînante. La pression sur les coins étant très grande, il arrive souvent que l'ouvrier éprouve une certaine difficulté à les faire bouger. Dans certains cas, on a vu l'un des coins étant un peu desserré, la pression de la voûte le lancer avec force jusqu'au pied droit opposé. Lorsqu'on voit un jour entre l'intrados de la voûte et la partie supérieure des couchis, on peut alors enlever com-

plètement les coins et ensuite les couchis. Certains constructeurs prudents n'enlèvent pas encore les cintres ; ils attendent un ou deux jours pour voir les effets du tassement. Les voûtes de bâtiments se décintrent toujours au moyen de coins.

2° *Emploi des sacs remplis de sable.* — Le système précédent étant difficile à régler a été remplacé avantageusement par d'autres dont nous allons dire quelques mots.

Plusieurs constructeurs se sont servis de sacs de forte toile remplis de sable bien tassé et dont l'ouverture est cousue avec du fil très fort ou simplement ficelée. Ces sacs se placent aux mêmes endroits que les coins dont nous venons de parler. Le sable qui remplit ces sacs doit être siliceux et parfaitement sec et on prend souvent le soin de le torrifier dans une étuve avant de l'employer.

Dans certains cas, on ne place les sacs sous les cintres qu'au moment même où l'on veut opérer le décintrement. Ces cintres reposaient à l'endroit des sacs sur des cales, potelets ou autres pièces analogues.

Pour opérer le décintrement, on pratique une ouverture à l'extrémité de chacun des sacs, lesquels se vident alors lentement. On peut activer l'écoulement du sable en le remuant avec une tige en bois ou en fer. Ce moyen donne un décintrement facile, régulier et sans secousses.

3° *Boîtes à sable.* — Les sacs remplis de sable sont aujourd'hui remplacés avantageusement par les boîtes à sable dont nous donnons les croquis (fig. 1010). Ces boîtes cylindriques sont construites en tôle. Elles ont un diamètre extérieur de 0<sup>m</sup>,30, une même hauteur de 0<sup>m</sup>,30 et une épaisseur de 3 millimètres. La partie supérieure de ces cylindres est ouverte. Le fond est fermé au moyen d'un disque en bois de 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur qui entre exactement dans ces cylindres. Le cintre repose sur le sable contenu dans ces boîtes par l'intermédiaire d'un piston en bois de 0<sup>m</sup>,27 de diamètre et de 0<sup>m</sup>,31 de hauteur qui pénètre dans le cylindre au fur et à mesure que celui-ci se vide en laissant passer le sable par quatre ouvertures fermées par des bouchons.

Au moment de la mise en place des cintres, on place des bouchons aux ouvertures ménagées dans la boîte, puis on introduit la même quantité de sable dans toutes les boîtes. On place alors le piston en bois; puis, pour éviter l'humidité, on remplit l'intervalle de 0<sup>m</sup>,01, compris entre les boîtes en tôle et le piston, d'argile dure sur laquelle on étend une couche de goudron. On entoure ensuite tout l'appareil d'une toile goudronnée.

Le sable, en s'écoulant, s'amoncèle sur une petite plate-forme servant de base à la boîte; il y forme de petits cônes de sable qui arrêtent l'écoulement dès qu'ils arrivent à la hauteur des trous. Un homme passe à chaque instant, enlève ces petits cônes et l'écoulement recommence.

Pour régler le jeu simultané de toutes les boîtes à sable qui soutiennent un même cintre, on a tracé à l'avance sur les pistons des lignes horizontales, rouges,

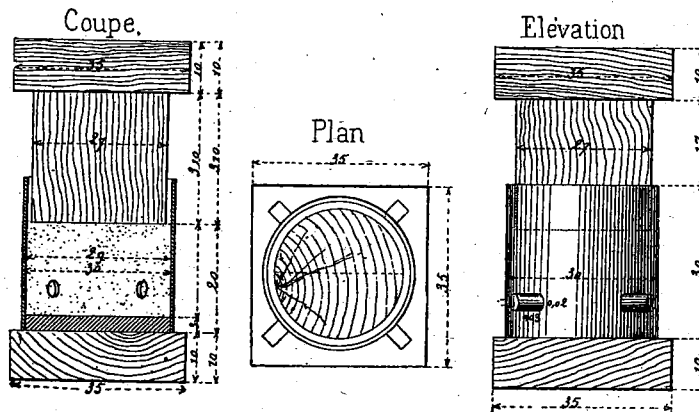


Fig. 1010.

blanches et noires qui permettent de juger de l'égale descente de tous les pistons et d'arrêter le mouvement au besoin quand tous les supports se sont abaissés d'une quantité déterminée.

4° *Emploi des vis et des verrins.* — Les vis et les verrins ont été employés avec succès pour le décintrement des voûtes. En faisant tourner l'écrou dans un sens convenable, les deux vis, filetées en sens contraires (fig. 1011), s'engagent dans cet écrou et la semelle supérieure descend. En tournant en sens inverse, on pourra facilement faire remonter le cintre et le remettre en place, si cela est utile. Un certain nombre de verrins manœuvrés ensemble permettent de faire descendre une ferme de cintre assez lentement et assez régulièrement.

5° *Emploi des excentriques.* — Les procédés de décintrement décrits précédemment ne donnent pas encore des résultats mathématiques. On a proposé beaucoup d'autres

systemes plus perfectionnés encore, mais qui ne doivent pas être traités dans ce chapitre et qui trouveront, tout naturel-

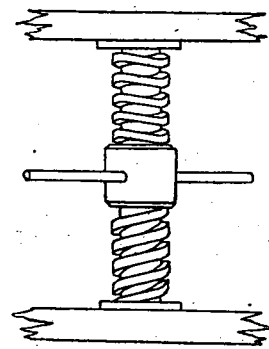


Fig. 1011.

lement, leur place dans l'étude du décintrement des fermes de cintres des grands ponts. Parmi ces méthodes, se trouve celle de l'emploi des excentriques.

### Résistance des cintres.

**685.** Le calcul des bois pour la construction d'un cintre pourrait se faire, comme nous l'avons indiqué pour les charpentes ordinaires, par la résistance des matériaux d'après la nature et la fonction de chaque pièce; mais il faudrait, en premier lieu, établir quel est le poids de la voûte ou, du moins, la fraction de ce poids que portent les cintres. Jusqu'à trente degrés, les voussoirs sont retenus par le frottement et ne portent pas. A partir de là, une partie du poids est détruite par le frottement; le reste porte sur le cintre. Le frottement dépendant de la pression change à chaque cours de voussoirs qu'on met en place; les calculs en seraient donc longs et très approximatifs. Le plus souvent, on se contente de comparer les cintres dont on doit se servir avec d'autres cintres déjà exécutés et fonctionnant dans les mêmes conditions.

Le calcul complet des grands cintres sera donné dans le cours de ponts. Bornons-nous, dans ce court exposé, à rappeler les formules établies par Desjardins qui donnent l'évaluation de la pression d'une voûte sur son cintre au sommet de l'intrados, rapportée à l'unité de longueur de l'intrados selon que la voûte est ou n'est pas circulaire. Ces deux formules

$$\text{sont : } P = M \left( c + \frac{c^2}{r} \right)$$

$$\text{ou } P = \left( c + \frac{c^2}{R} \right).$$

Dans ces formules :

$P$ , est la pression normale sur le cintre par unité de longueur de l'intrados;

$M$ , le poids de la maçonnerie;

$c$ , l'épaisseur à la clef;

$r$ , le rayon de l'intrados;

$R$ , le rayon de courbure au sommet de l'intrados.

Cette pression sur le cintre tant déterminée, on peut, connaissant l'écartement adopté pour les fermes, calculer les couchis en les considérant comme des pièces reposant sur deux appuis et se servir alors de la formule connue :

$$\frac{pl^2}{8} = \frac{R ab^2}{6}$$

Dans laquelle :

$p$ , est la charge uniformément répartie par mètre courant;

$l$ , la longueur des couchis;

$R$ , le coefficient de résistance du bois employé;

$a$ , la largeur de la pièce de bois;

$b$ , la hauteur de la pièce de bois.

Les autres pièces du cintre, suivant leurs positions, travaillant comme les pièces ordinaires d'une ferme en bois, seront calculées comme nous l'avons indiqué pour ces dernières.

Une autre question importante dans l'étude d'un cintre, c'est le calcul du tassement qui se produit à la clef. Cette étude a été faite par M. Sonnet dans son dictionnaire des mathématiques appliquées dans lequel nous extrayons ce qui suit :

Beaucoup de constructeurs, tenant compte du tassement qui peut se produire, donnent aux cintres une forme qu'on appelle *courbe de pose*, différente de la courbe réelle, mais réglée de telle sorte qu'après le décintrement la voûte prenne la forme qu'elle doit avoir et pour laquelle les voussoirs ont été taillés.

Quand on connaît la diminution que subit la longueur de la courbe d'intrados, on peut en déduire le tassement à la clef.

Supposons, par exemple, que cette courbe soit une anse de panier, à trois centres : soit  $a$ , la demi-ouverture de la voûte;  $b$ , sa montée;  $x$ , le plus petit rayon;  $L$ , la longueur de la courbe d'intrados et  $y$ , la différence entre  $a$  et  $x$ . On trouvera facilement les relations :

$$L = \frac{2}{3} \pi x + \frac{1}{3} \pi (x + 2y)$$

$$b = x + 2y - y \sqrt{3}$$

avec  $x + y = a$ .

En éliminant  $x$  et  $y$  entre ces équations, on en tire :

$$b = \frac{3L}{\pi} (\sqrt{3} - 1) - a (3\sqrt{3} - 4)$$

et, par conséquent, en désignant par  $\Delta b$  et  $\Delta L$  les variations correspondantes et très petites de  $b$  et de  $L$ , on a :

$$\Delta b = 3 \frac{(\sqrt{3} - 1)}{\pi}$$

$$\Delta L = 0,699 \Delta L,$$

c'est-à-dire que, dans ce cas, et en supposant que la courbe ne cesse pas d'être une anse de panier à trois centres, le tassement à la clef serait environ les 7/10 de la diminution de longueur de la courbe d'intrados.

Pour apprécier la différence de longueur entre la courbe réelle et la courbe de pose et se rendre ainsi compte du tassement, on a quelquefois évalué la compression du mortier à 0,000125, ou 1/8 de millimètre par kilogramme de pression sur un centimètre carré.

Mais cette évaluation est nécessairement incertaine et l'emploi d'une courbe de pose ne donne pas toujours le résultat qu'on en attend. Il est préférable, comme

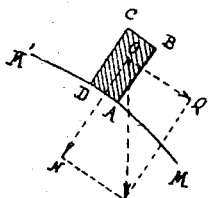


Fig 1012.

on le fait aujourd'hui, de veiller à la bonne qualité du ciment employé et de faire usage de cintres construits d'après la courbe réelle, mais de manière à ne pas

céder à la pression des voussoirs. Cette pression, qu'il est utile de connaître, se détermine d'une manière très simple.

Soit ABCD (fig. 1012) la section d'un voussoir, AD l'arc de l'intrados qui lui correspond, AB le joint par lequel il repose sur le voussoir inférieur, P le poids du voussoir considéré et  $\alpha$  l'angle que fait la normale ON avec la verticale. La force qui tend à faire descendre le voussoir sur le plan incliné AB a pour expression :

$$P \cos \alpha - fP \sin \alpha$$

en appelant  $f$  le coefficient du frottement qui a ici 0,76 pour valeur. C'est cette force qui agit sur le cintre, normalement à l'intrados (les deux droites ON et AB étant regardées comme sensiblement parallèles).

On voit que cette force est nulle quand on a :

$$\cos \alpha - f \sin \alpha = 0$$

$$\text{ou} \quad \text{tang } \alpha = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,76}.$$

Or, l'angle dont la tangente est 0,76 est de 37 degrés la valeur de  $\alpha$  est sensiblement 53 degrés. Ainsi, tant que la construction de la voûte n'atteint pas le point où la normale à l'intrados fait avec la verticale un angle de 53 degrés, les voussoirs déjà portés n'exercent aucun effort normal sur le cintre. C'est donc surtout la partie du cintre supérieure à ce point qu'il importe de relier invariablement aux points d'appui.

# CHAPITRE IX

## CHARPENTES DIVERSES

### I. — Définitions et notions générales.

**686.** En dehors des charpentes ordinaires dont nous avons parlé précédemment, il existe une série d'autres ouvrages de même nature qui, le plus souvent, sont exécutés par des ouvriers spéciaux, mais dont il est bon de dire quelques mots, les ouvriers charpentiers pouvant, à un moment donné, avoir à s'en occuper. Le nombre de ces ouvrages est très considérable. Aussi, laisserons-nous de côté celles de ces constructions qui exigent, de la part du charpentier, des connaissances spéciales. Nous nous contenterons, pour terminer la charpente en bois, de donner quelques croquis de charpentes diverses qu'un charpentier ordinaire serait en état d'exécuter lui-même si, par hasard, il en était chargé.

### II. — Charpente des portes d'écluses.

**687.** Les portes d'écluses sont formées de deux vantaux symétriques butant l'un contre l'autre. Chaque vantail en bois est formé, comme le montre le croquis (fig. 1013), de deux poteaux : l'un *a*, dit *poteau tourillon*, parce qu'il porte les pivots, nommé aussi *chardonnet* parce qu'il s'applique contre le chardonnet ; l'autre *b*, appelé *poteau busqué*, parce qu'il vient s'appuyer ou *busquer* par une face inclinée au plan du vantail, contre le poteau de même nom de l'autre vantail. Ce poteau se nomme aussi *montant de busc* ou *poteau ballant*.

Ces poteaux sont reliés entre eux par un certain nombre d'entretoises horizontales *e* assemblées à tenons et mortaises dans les deux poteaux montants. Ces en-

tretoises supportent la pression de l'eau : c'est contre elles qu'on fixe les madriers jointifs formant le bordage de la porte. Leur nombre dépend évidemment de la hauteur de chaque vantail. L'entretoise supérieure se place à 0<sup>m</sup>,10 environ au-dessus du niveau des eaux navigables et celle inférieure à 0<sup>m</sup>,10 au-dessus du radier. Quant aux entretoises intermédiaires, leur écartement varie de 0<sup>m</sup>,60 à 0<sup>m</sup>,80 pour des écluses de 1<sup>m</sup>,30 à 8 mètres de hauteur. On les place ordinairement de manière que la pression que chacune d'elles supporte soit proportionnée à ses dimensions.

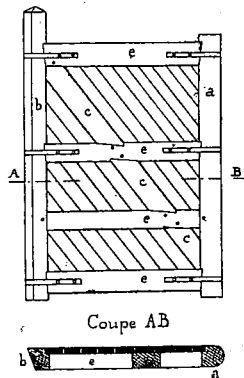


Fig. 1013.

L'équarrissage généralement adopté pour ces entretoises est de 0<sup>m</sup>,24 à 0<sup>m</sup>,27. Anciennement, on reliait les entretoises entre elles et aux poteaux par une série de contrefiches inclinées *c*, nommées *brasons*, s'étendant du haut du poteau busqué au bas du poteau tourillon. Ces brasons étaient formés le plus souvent de deux parties : l'une, placée du côté d'amont et noyée dans le bordage ; l'autre, du côté d'aval et formée de plusieurs morceaux

séparés à leurs extrémités par les entretoises. Chaque morceau était relié à la pièce d'amon par deux boulons et assemblé à embrèvement dans les entretoises ou dans les poteaux. Aujourd'hui, comme le montre le croquis (fig. 1014) représentant un vantail d'une porte d'écluse en bois de 12 mètres d'ouverture, on remplace le bracon par un tirant en fer T allant du haut

du poteau tourillon au bas du poteau busqué.

Dans certains cas, on ajoute à ce tirant un moufle à coins permettant de le raccourcir et, par suite, de relever le poteau busqué afin d'éviter ainsi les affaissements de la partie antérieure de la porte.

Lorsque, dans une porte d'écluse, on emploie des bracons, on place ordinaire-

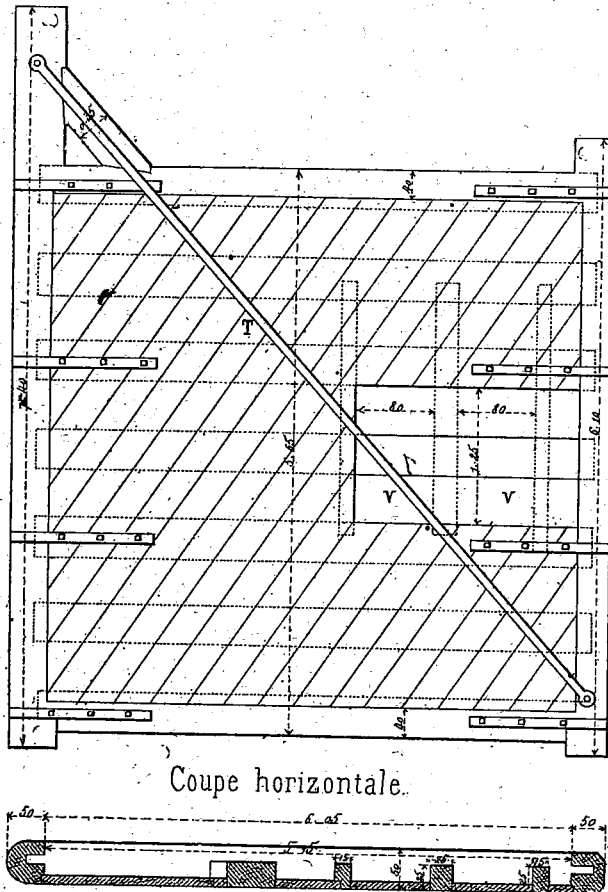


Fig. 1014.

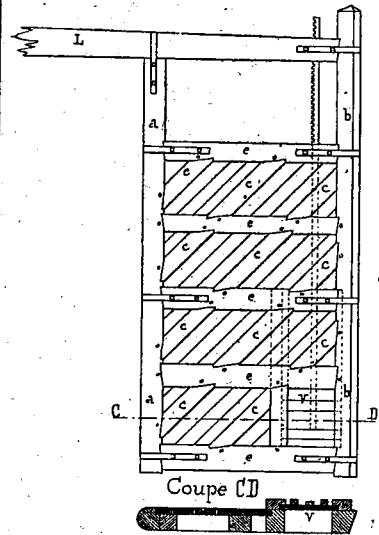


Fig. 1015.

ment les madriers formant bordage parallèlement à l'inclinaison de ces bracons pour concourir avec eux au maintien de la forme de la porte ; mais, lorsqu'on se sert d'un tirant en fer, on peut placer ces bordages comme on le désire, soit perpendiculairement à ce tirant, soit même verticalement.

Dans les portes des grandes écluses, il faut avoir soin de placer diagonalement, comme le montre le croquis (fig. 1015), un certain nombre de bracons pour bien consolider la porte.

Autrefois, la manœuvre des portes se faisait très simplement à l'aide d'une pièce de bois horizontale L (fig. 1015) nommée



*balancier ou flèche.* Cette pièce sert à faire, au delà du poteau, en partie contre-poids à la porte.

Elle sert aussi de timon ou de levier pour la mouvoir. Aujourd'hui, la manœuvre des portes d'écluses se fait mécaniquement. Pour remplir ou pour vider les *sas*, on se sert de petites vannes *V*, nommées *ventelles*, qui se placent, comme nous le voyons (*fig. 1014* et *1015*), une sur chaque vantail, entre deux potelets destinés à fermer les jours de l'ouverture et s'étendant, soit entre les deux entretoises inférieures (*fig. 1015*), soit comme nous l'indiquons (*fig. 1014*).

Les ventelles peuvent se faire en bois, en tôle ou en fonte ; elles sont manœuvrées de la partie supérieure de l'écluse à l'aide d'un pignon et d'une crémaillère mus à bras par une manivelle.

Chaque ventelle est placée contre la face d'amont de la porte.

Le pied du poteau tourillon d'une porte d'écluse est garni d'un sabot auquel se fixe une crapaudine saillante, ou *pivot* reçue dans une crapaudine creuse scellée dans le seuil de la porte. Afin que le sable ne s'interpose pas entre la crapaudine et le pivot, ce qui augmenterait le frottement et accélérerait l'usure, on fixe ordinairement la crapaudine au poteau et le pivot sur le sol.

On tient les poteaux à 0<sup>m</sup>,05 ou 0<sup>m</sup>,06 du radier, afin qu'ils ne l'atteignent pas dans leur mouvement et on les élève à 0<sup>m</sup>,20 ou 0<sup>m</sup>,25 au-dessus du niveau de l'eau, quand la porte est manœuvrée par une crémaillère circulaire. Si la porte est manœuvrée par un grand levier, on élève les poteaux à une certaine hauteur au-dessus des bajoyers.

Les portes d'écluses en bois sont les moins coûteuses ; elles sont généralement adoptées en France. Cependant, depuis plusieurs années et pour les grandes portes d'écluses, on se sert du fer et de la fonte. Le plus souvent, les portes des écluses sont planes. Quelquefois, et surtout dans les grandes écluses de la marine, on les fait courbes. Avec cette nouvelle forme, on obtient plus de force pour résister à la poussée.

## CALCUL DES PORTES D'ÉCLUSES

**688.** Nous ne donnerons pas ici le calcul complet des portes d'écluses, pas plus que le calcul de l'écoulement de l'eau à travers les ventelles, calcul qui trouvera sa place dans le traité des rivières navigables et canaux, faisant partie du Cours de construction. Nous donnerons simplement quelques indications pouvant guider le constructeur.

Dans les portes d'écluses, la fatigue supportée par les poteaux est relativement peu de chose, car ces derniers sont appuyés sur toute leur hauteur. De plus, comme ils doivent recevoir des assemblages et maintenir toutes les pièces de charpente de la porte en formant cadre avec les entretoises, on leur donne toujours un équarrissage beaucoup plus fort que celui qui serait donné par le calcul.

Les pièces importantes à calculer dans une porte d'écluses sont les entretoises. Ces pièces seules supportent toute la charge, et comme cette charge est d'autant plus forte que ces entretoises sont placées plus bas au-dessous du niveau de l'eau, leurs dimensions devraient être différentes et proportionnées à la charge à laquelle elles doivent résister. Il convient donc, pour évaluer la pression que supporte chaque entretoise, de remarquer que cette pression aux divers points d'une porte, noyée seulement sur une face, est proportionnelle à la hauteur d'eau au-dessus de ces divers points. Il en résulte que la pression totale sur la porte peut être représentée par une surface triangulaire ayant, pour hauteur, la profondeur de l'eau contre la porte et, pour base, la même profondeur qui est proportionnelle à la pression sur les points les plus bas de la porte. En désignant par *h* la profondeur de l'eau, la pression totale sur chaque unité de largeur de porte est :

$$h \times \frac{h}{2} = \frac{h^2}{2}.$$

La pression moyenne qui s'exerce sur tous les points de la porte est  $\frac{h}{2}$ . C'est à cette pression moyenne que doit résister l'ensemble des entretoises.

Les entretoises inférieures et supérieures

travaillent moins que les entretoises intermédiaires; mais, comme elles doivent former cadre avec les poteaux et que, de plus, elles reçoivent les assemblages des madriers formant le bordage, leurs dimensions doivent être un peu supérieures à celles des autres entretoises.

On peut aussi déterminer la charge que soutient chaque entretoise en multipliant leur longueur (l'intervalle de l'une à l'autre) d'abord par la hauteur de l'eau qui est au-dessus du milieu de l'entretoise considérée, puis le tout par 1000<sup>k</sup>, densité de l'eau. On obtiendra ainsi, en kilogrammes, le poids que chaque entretoise aura à supporter sur sa longueur.

## II. — Estacades — différents types.

**689.** On donne, en général, le nom d'*estacade* à un barrage formé de pieux et servant, soit à garantir les piles d'un pont à la base, soit à relier des jetées,

enfoncés dans le sol. Ces pieux ont des longueurs différentes données par le talus qu'on désire faire prendre à la maçonnerie devant former le barrage et sont maintenus par une série de moises et de contrefiches, comme l'indique la figure. On forme, à l'aide de ces pieux et des différentes autres pièces, une série de fermes espacées de 1<sup>m</sup>,50 d'axe en axe et reliées entre elles par d'autres pièces longitudinales fortement boulonnées. Des madriers jointifs sont cloués ou boulonnés sur la partie rampante du talus. On peut donc, en employant les méthodes connues pour obtenir une étanchéité parfaite, construire, derrière ce barrage la maçonnerie nécessaire à l'installation définitive.

Un deuxième exemple d'estacade est représenté (*fig. 1017*) en élévation longitudinale et en coupe transversale. C'est un croquis de l'estacade qui a été établie à Saint-Valery (chemin de fer du Nord). Rien de bien particulier dans sa construction. La figure en fait facilement comprendre les différentes parties.

On désigne encore, sous le nom d'estacades, une série de petits ouvrages en charpente, tels que les estacades à charbon dans les gares des chemins de fer, les estacades pour les jetées, etc...; mais ce sont, en général, des cas particuliers peu compliqués à étudier et dont le constructeur se rendra facilement compte.

## III. — Ponts provisoires et passerelles.

**690.** Après avoir dit quelques mots des estacades, nous sommes tout naturellement amenés à parler, très sommairement, des ponts et passerelles provisoires en bois qui, en réalité, ne sont que de véritables estacades.

Les figures 1018 et 1019 donnent les croquis d'un pont provisoire qui a été établi à Poissy. L'élévation et la coupe transversale, seuls croquis que nous donnons de cette installation, suffisent pour en faire comprendre l'ensemble. Tous les 14<sup>m</sup>,00 se trouve une charpente solide et disposée comme l'indique le croquis (*fig. 1019*). De l'une à l'autre de ces poutres, sont placées de fortes poutres soute-

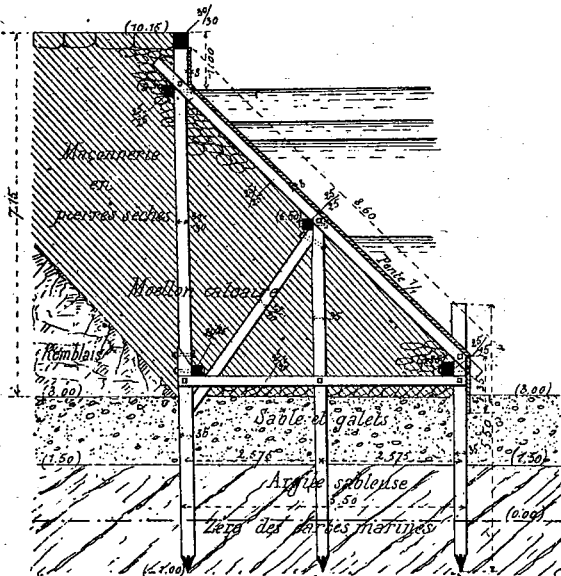
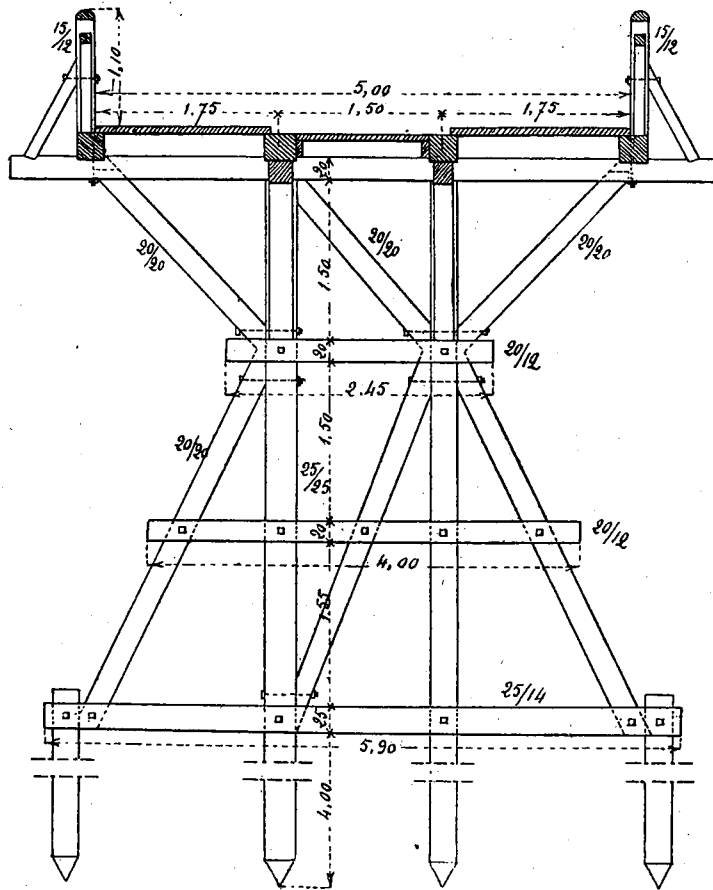


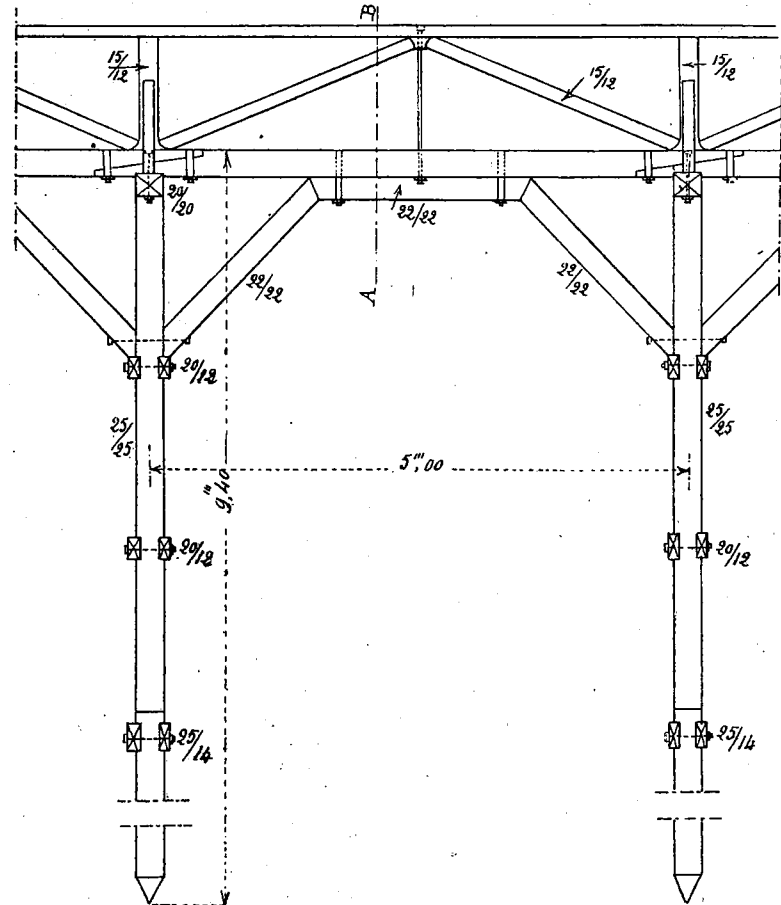
Fig. 1016. — Coupe transversale d'estacade. — Fermes espacées de 1<sup>m</sup>,50 d'axe en axe.

soit à défendre l'entrée d'un port, d'un canal, etc... Un exemple d'estacade simple est représenté en croquis (*fig. 1016*). Une série de pieux de 0<sup>m</sup>,35 d'équarissage sont

Coupe AB.



Elevation



CHARPENTES DIVERSES.

Fig. 1017.

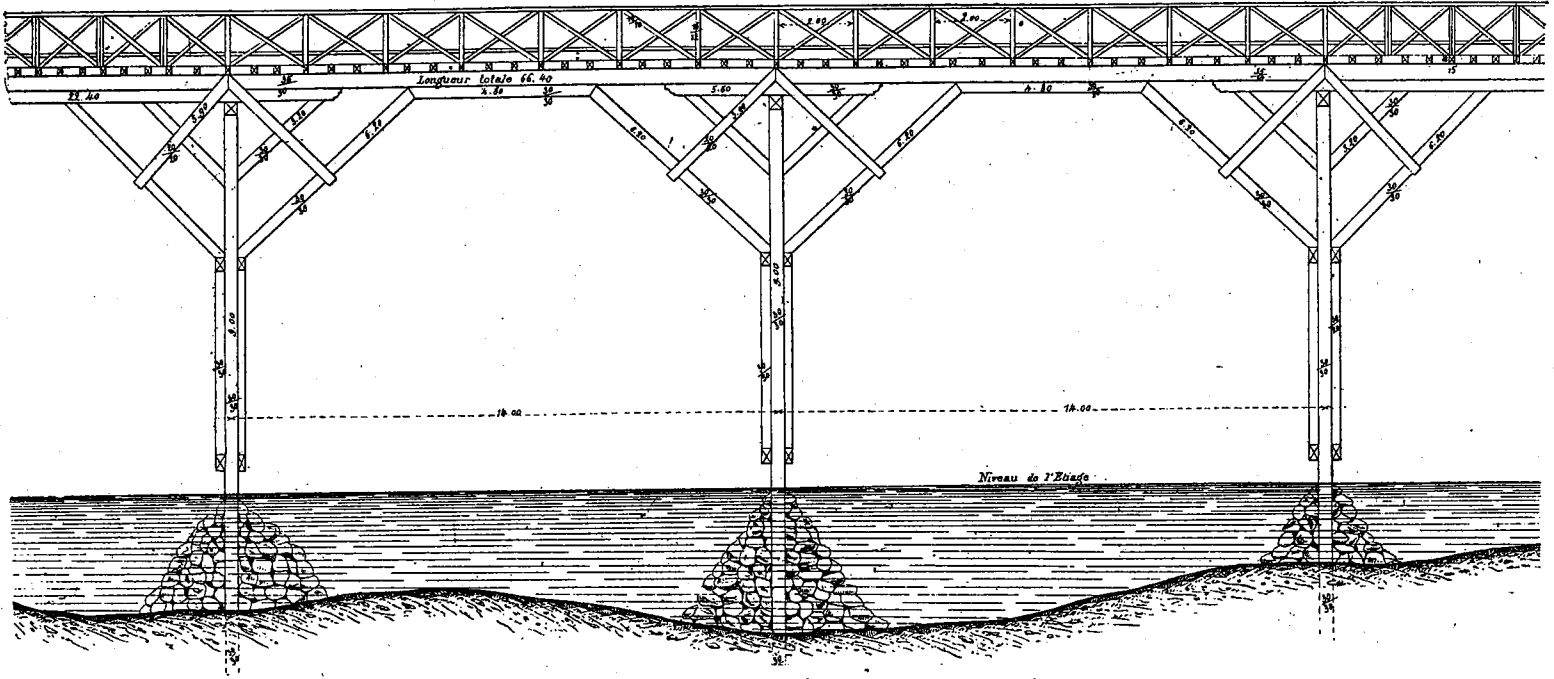


Fig. 1018. — Élévation.

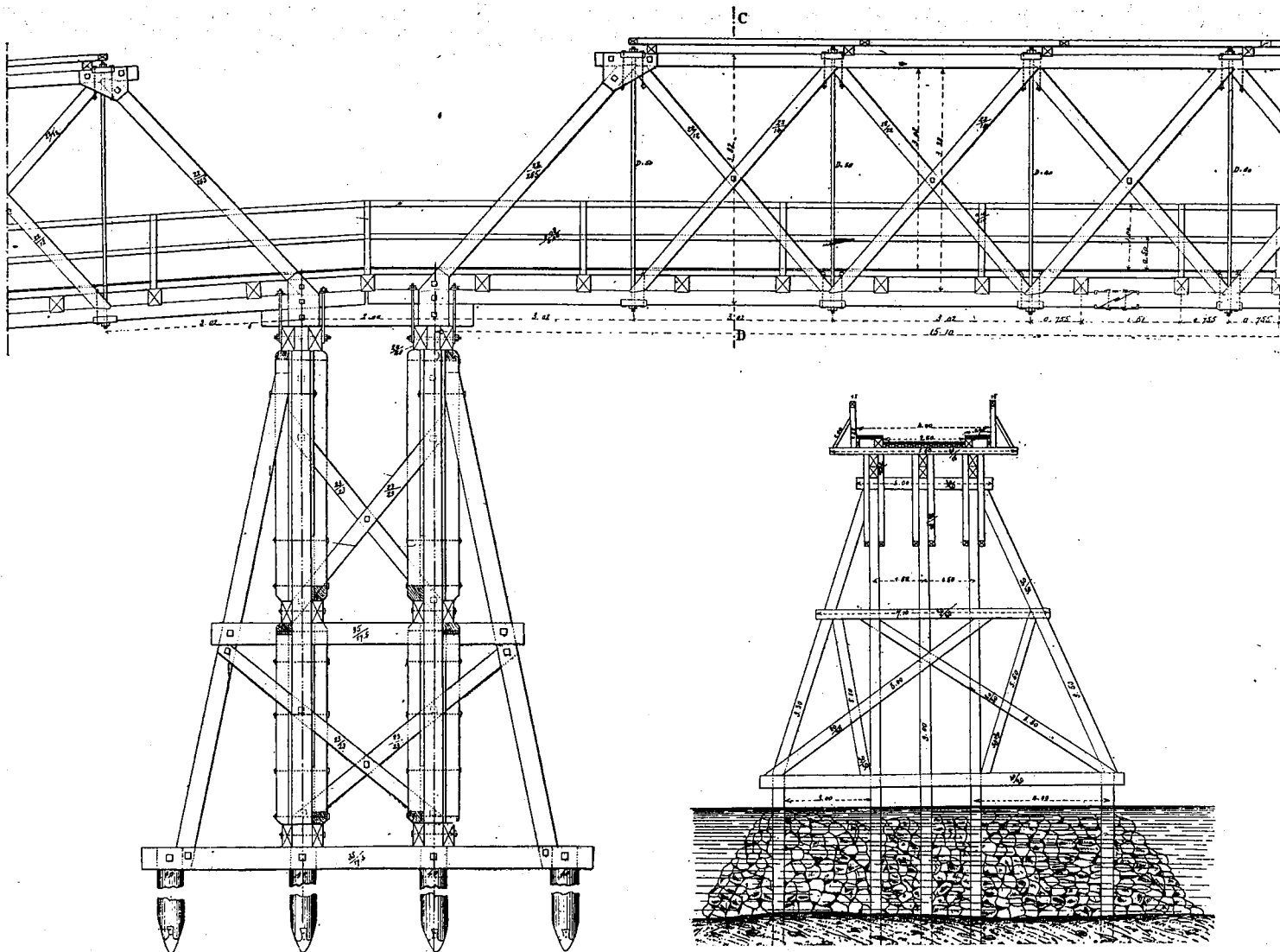


Fig. 1020. — Élévation longitudinale.

Fig. 1019. — Coupe transversale de la figure 1018.

nues par des sous-poutres et ces dernières par de fortes contrefiches. Une balustrade en bois est placée de chaque côté des trottoirs servant aux piétons. C'est une disposition assez heureuse de charpente

en bois. Il y a juste la quantité de bois nécessaire. L'ensemble ou élévation principale, vu la grande portée, paraît très légère comme installation.

Les figures 1020 et 1021 montrent les

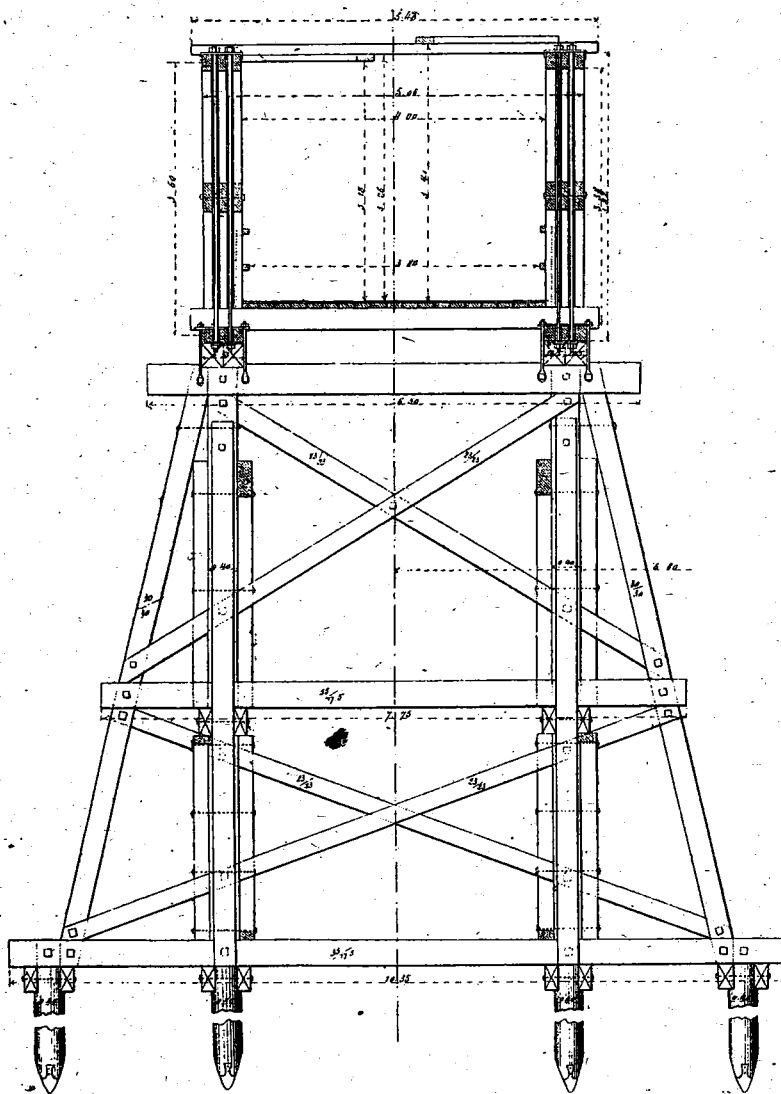


Fig. 1021. — Coupe transversale suivant CD de la figure 1020.

croquis d'une partie de l'élévation longitudinale et une coupe transversale d'une passerelle provisoire qui a été établie à Rouen. Cette passerelle ayant 155<sup>m</sup>,00 de longueur totale était formée d'une série

de palées dont nous voyons l'élévation ((fig. 1020) et la vue de côté (fig 1021). Ces palées étaient espacées de 30<sup>m</sup>,00 environ l'une de l'autre. Pour franchir l'espace existant entre chacun de ces sup-

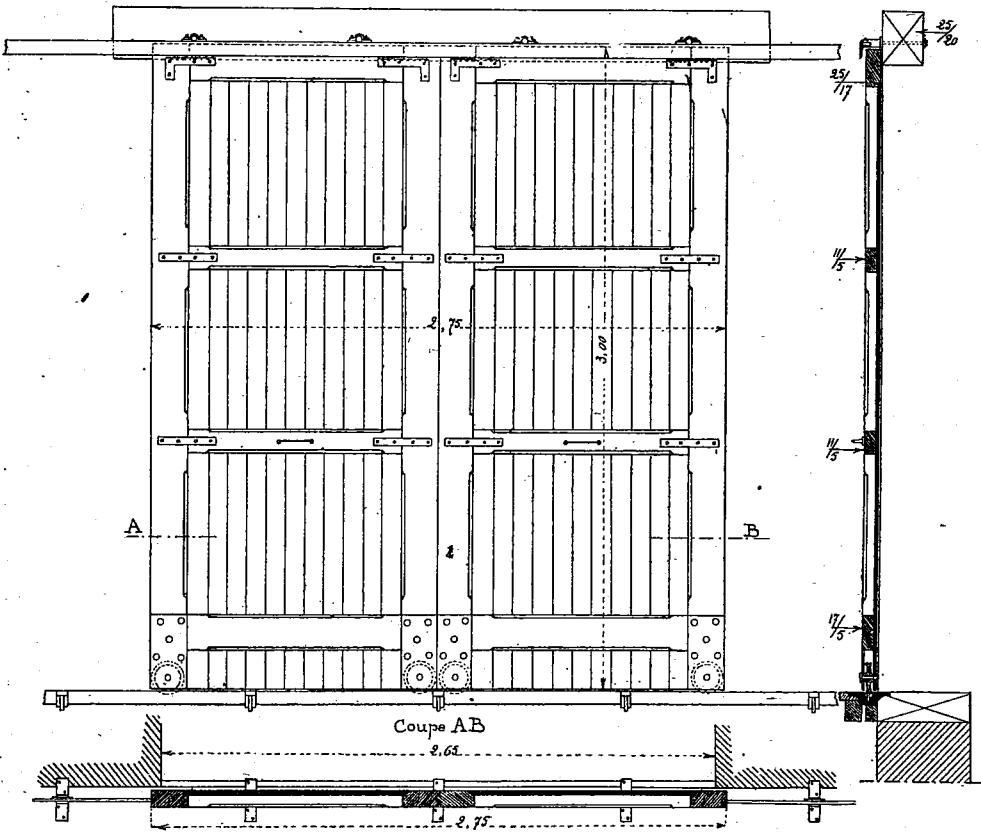


Fig. 1022.

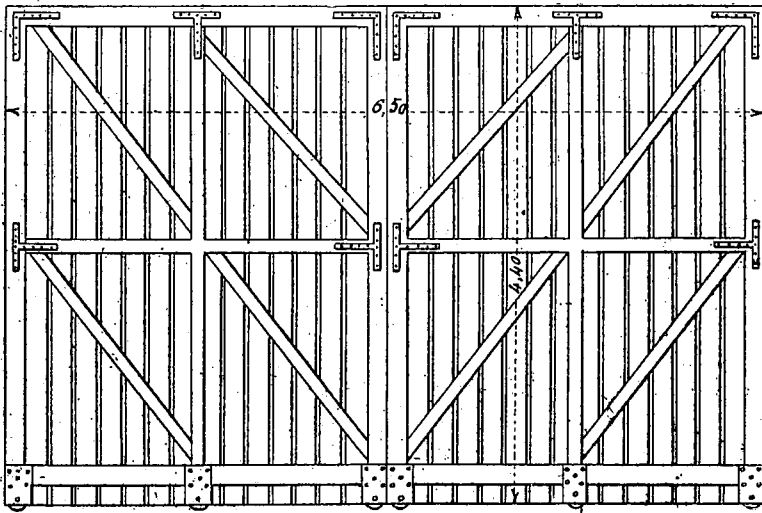


Fig. 1023.

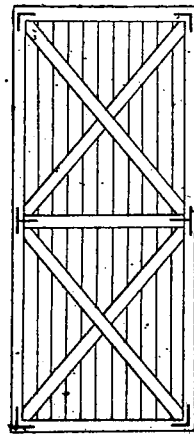


Fig. 1024.

ports, on a placé de l'une à l'autre une grande poutre en treillis dont la figure 1020 donne l'amorce. Le tout est solidement maintenu par des boulons et des armatures en fer. Nous n'insisterons pas davantage sur les ponts et sur les passerelles en bois qui trouveront tout naturellement leur place dans le cours de ponts qui fera partie d'une division du cours de construction.

#### IV. — Portes roulantes pour halles à marchandises.

**691.** Les portes roulantes pour halles à marchandises exigeant des bois d'un équarissage assez fort sont, le plus souvent, exécutées par les charpentiers. Elles peuvent prendre plusieurs dispositions. Nous nous bornerons à en donner quelques exemples.

La plus simple est représentée en croquis (fig. 1022). Elle est formée d'un fort et solide cadre en charpente parfaitement assemblé et dont les assemblages d'angle sont maintenus par des équerres renforcées. La hauteur de cette porte, qui est de 3 mètres, est divisée en trois parties



Fig. 1023.

sensiblement égales, par deux traverses intermédiaires venant se fixer sur les montants de chaque panneau de porte. Sur chaque panneau ainsi formé, on place un remplissage en planches épaisses, assemblées entre elles à rainures et languettes ou de tout autre manière.

La figure 1022, par son élévation, la coupe verticale et la coupe horizontale de la porte en font très facilement comprendre les différentes parties sans que nous ayons besoin d'insister.

Si les dimensions de la porte augmentent, il faut alors prendre une autre disposition dont la figure 1023 donne un exemple. Chaque panneau est solidement maintenu par une pièce de bois placée en *écharpe* et sur laquelle on pourra fixer

chaque planche du remplissage. Si cette écharpe, en raison des grandes dimensions de chaque panneau, devient insuffisante, il faudra alors recourir à l'emploi des croix de Saint-André dont nous donnons un exemple (fig. 1024).

Dans presque toutes les portes pour halles à marchandises, les planches qui se clouent sur les bâtis en chêne formant l'ossature de la charpente, sont assemblées entre elles comme nous l'indiquons (fig. 1025). C'est une bonne disposition, très recommandable et qui donne toujours de bons résultats.

#### V. — Portes et contrevents en madriers.

**692.** Outre les grandes portes pour halles à marchandises, pour remises de machines, etc..., il existe encore une

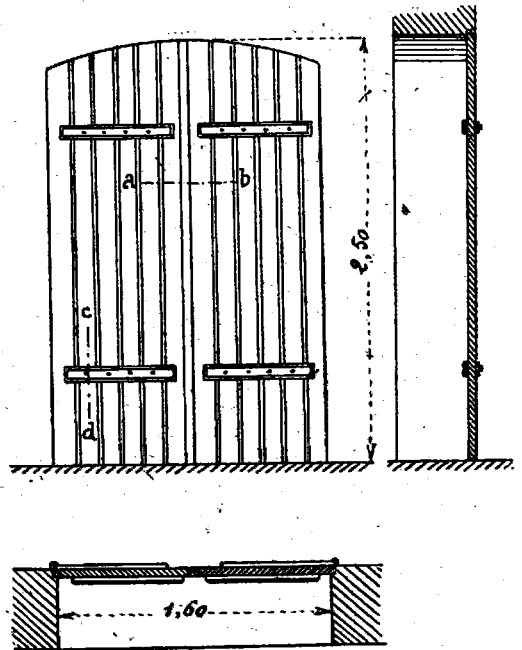


Fig. 1025.

autre série de portes plus petites qui, demandant une construction très solide sont, en général, exécutées par les charpentiers : ce sont les portes et contrevents en madriers.



La figure 1026 montre le croquis d'une porte en madriers jointifs assemblés, soit à rainures et languettes, soit autrement. Ces madriers sont consolidés par deux traverses placées haut et bas, sur les planches ou madriers de la porte. Certains charpentiers emploient, pour assembler ces traverses avec les madriers, une disposition spéciale représentée en croquis (fig. 1027) parce qu'ils ne trouvent pas

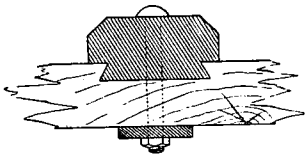


Fig. 1027. — Coupe *cd* de la figure 1026.

qu'il soit suffisant de clouer les barres à plat sur les planches ou madriers. Ces traverses, comme le montre la figure 1027,

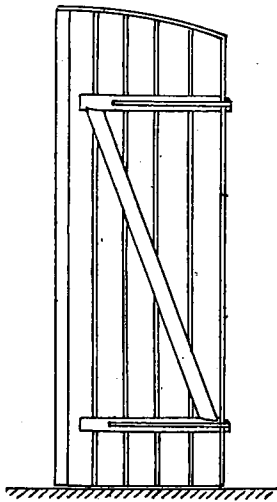


Fig. 1028.

pénètrent à queue d'hironde dans les planches ou madriers et la queue d'hironde occupe en dessous un espace un peu plus large à un bout qu'à l'autre. La rainure est tracée de même, de telle sorte que, en introduisant la barre dans son encastrement, on la serre autant qu'on le désire en la chassant à coups de maillet.

*Sciences générales.*

Lorsque la porte a une grande hauteur, il est indispensable, pour bien la maintenir, d'ajouter entre les deux traverses, haute et basse, une écharpe en chêne solidement assemblée dans les traverses, comme nous l'indiquons pour un vantail isolé (fig. 1028). La figure 1029 donne une coupe horizontale suivant *ab* de la figure 1026. Elle montre comment peut se faire l'assemblage des madriers entre eux, ainsi que le joint milieu des deux vantaux rabattus l'un sur l'autre.

En donnant une assez forte épaisseur aux planches et en les traversant toutes sur leurs épaisseurs par trois boulons distribués sur la hauteur et en serrant les joints à rainures et languettes, M. Emy est arrivé à faire exécuter avec succès des contrevents sans barres ni écharpes. Cette dernière disposition, lorsqu'elle est applicable, a l'avantage de permettre de serrer les joints des planches quand, pendant la sécheresse, ils ont des tendances à s'ouvrir.

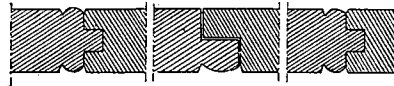


Fig. 1029 — Coupe suivant *ab* de la figure 1026.

Comme les portes construites en madriers ont une certaine épaisseur, ce qui exige l'exécution de fortes feuillures dans les maçonneries, on place souvent ces portes dans des châssis dormants qui reçoivent les battants dans des feuillures convenablement disposées dans ces châssis.

## VI. — Charpente des grues fixes, des grues roulantes et des grues tournantes.

**693.** La charpente des grues fixes et des grues roulantes peut varier à l'infini suivant les différents cas de la pratique. Nous en donnerons deux exemples tirés du portefeuille des élèves de l'École Centrale.

Le premier exemple, dont nous donnons les croquis (fig. 1030, 1031, 1032, 1033 et

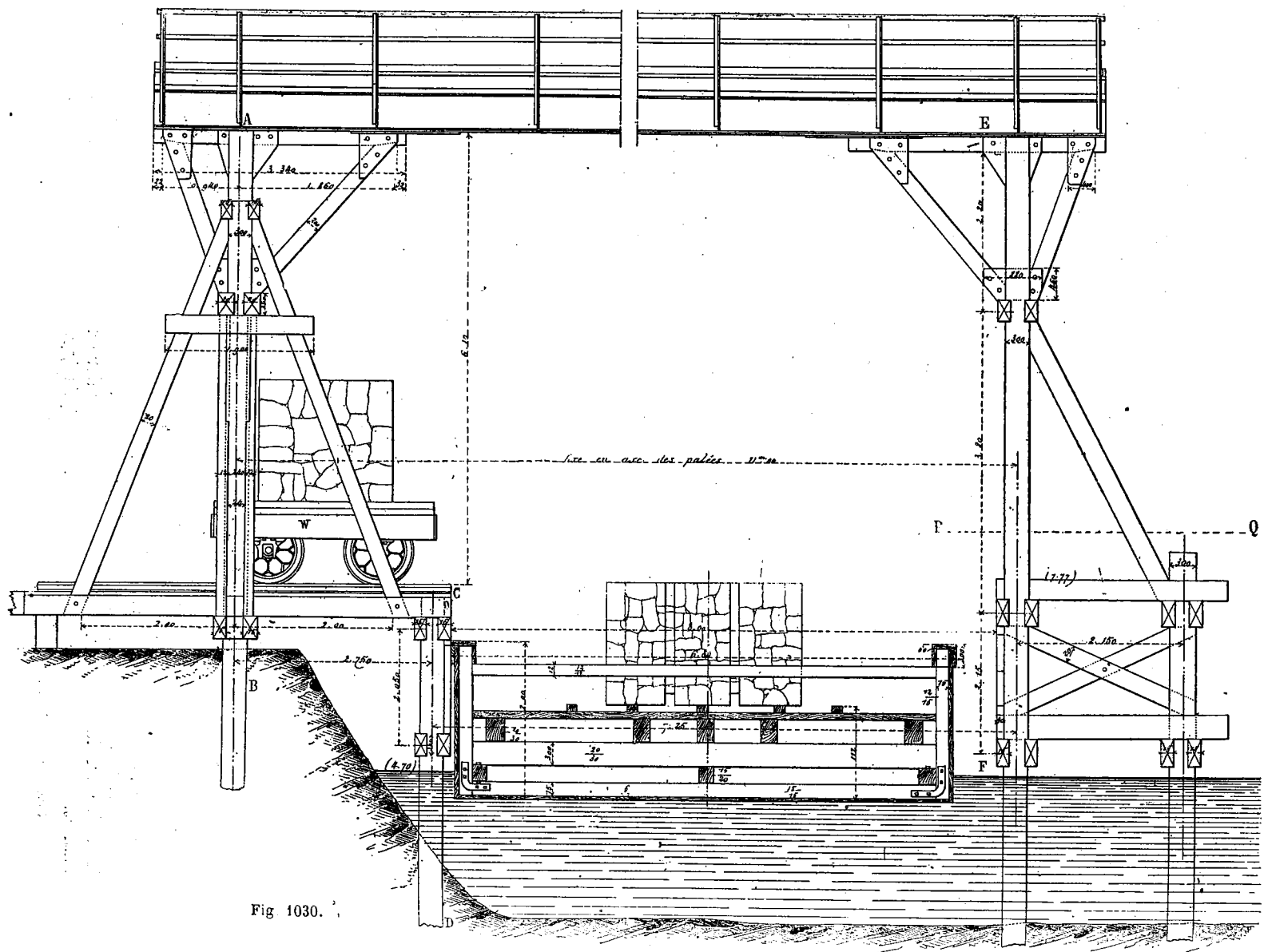


Fig 1030.

1034) est celui d'une grue fixe installée pour l'embarquement des blocs artificiels destinés à la construction du barrage de Poses.

La figure 1030 montre une élévation de la grue et une coupe transversale du ponton devant recevoir les blocs. L'ensemble de l'installation repose sur deux palées ; l'une, la palée de terre, représentée en

croquis (fig. 1031) ; l'autre, la palée de rivière, représentée en élévation (fig. 1032) et en plan (fig. 1034) pour la disposition des pieux.

C'est, en un mot, un chemin de roulement posé sur pilotis.

Les blocs de béton sont amenés du chantier sur des wagonnets W circulant sur une voie ferrée convenablement disposée.

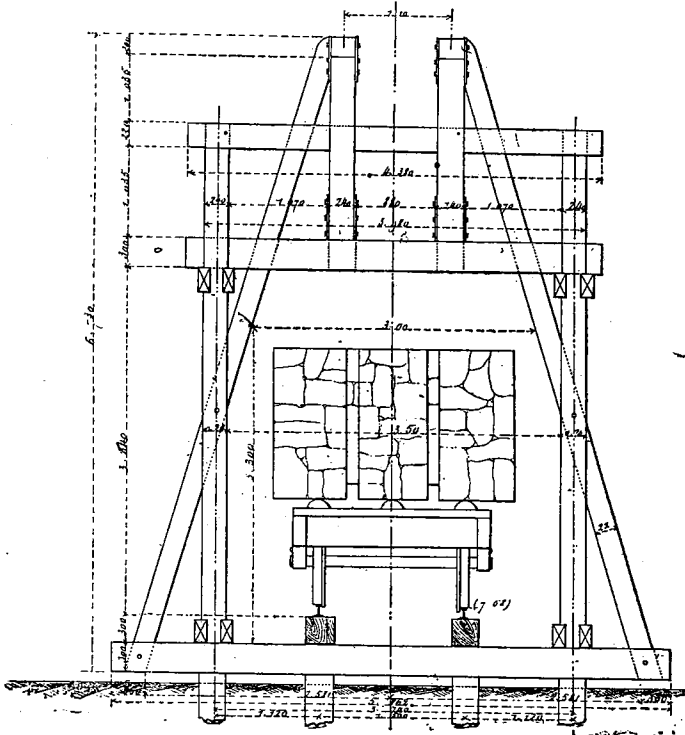


Fig. 1031. — Vue de face de la palée suivant AB de la figure 1030.

Arrivés sous la grue, ces blocs sont soulevés, puis placés à l'aide d'un treuil roulant sur un ponton qui est chargé de les transporter à l'endroit où ils doivent être employés. La charpente de cet ensemble est très simple. Les pieux battus jusqu'à refus sont entretoisés à leur partie haute par une série de fortes moises, comme nous pouvons le voir en plan (fig. 1034). Dans chacune des palées, deux des pieux sont prolongés et servent de poteaux pour l'installation de la grue devant recevoir le pont roulant.

Le tout est solidement maintenu en

place par une série de contrefiches, de moises et de croix de Saint-André et, de plus, consolidé par des plaques d'assemblage en forte tôle.

Les différentes portées et les équarrisages des diverses pièces sont suffisamment indiqués sur les figures pour que nous n'ayons pas besoin de nous y arrêter.

La forme du ponton n'offre rien de particulier à signaler. C'est un bateau à fond plat, solidement construit, et renforcé aux points convenables par de fortes équerres en fer.

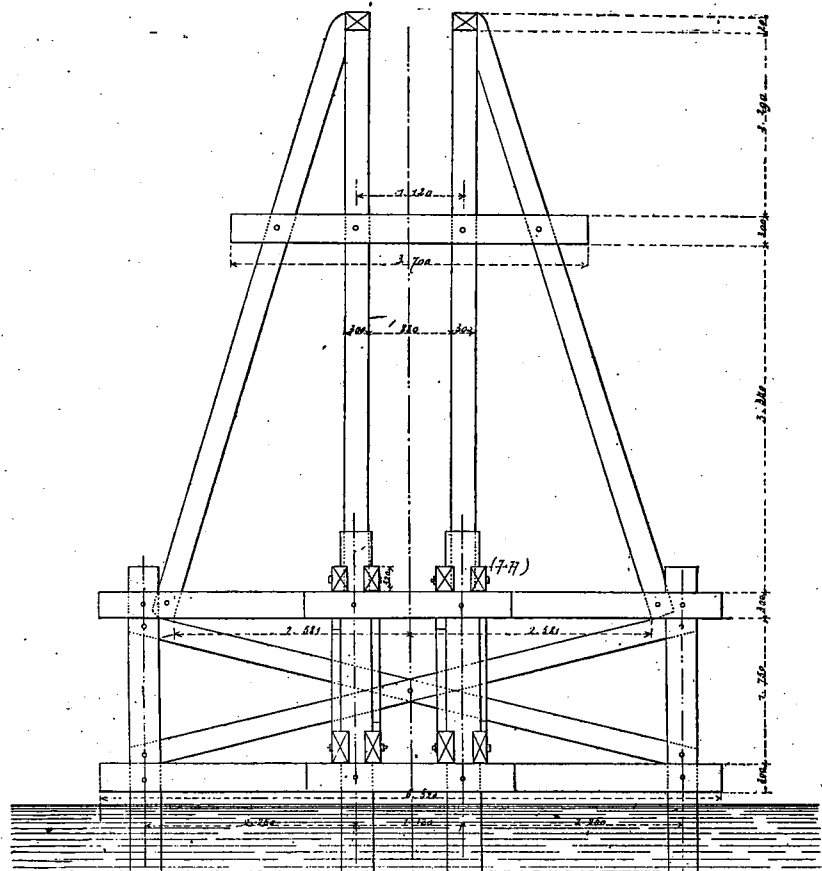


Fig. 1032. — Vue de face de la palée de Rivière suivant EF de la figure 1030.

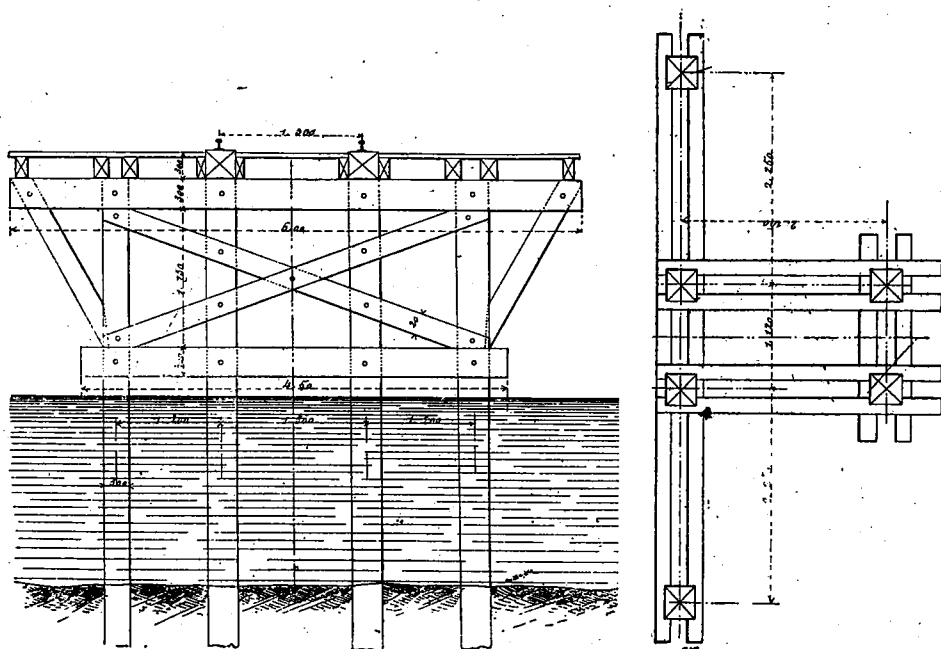
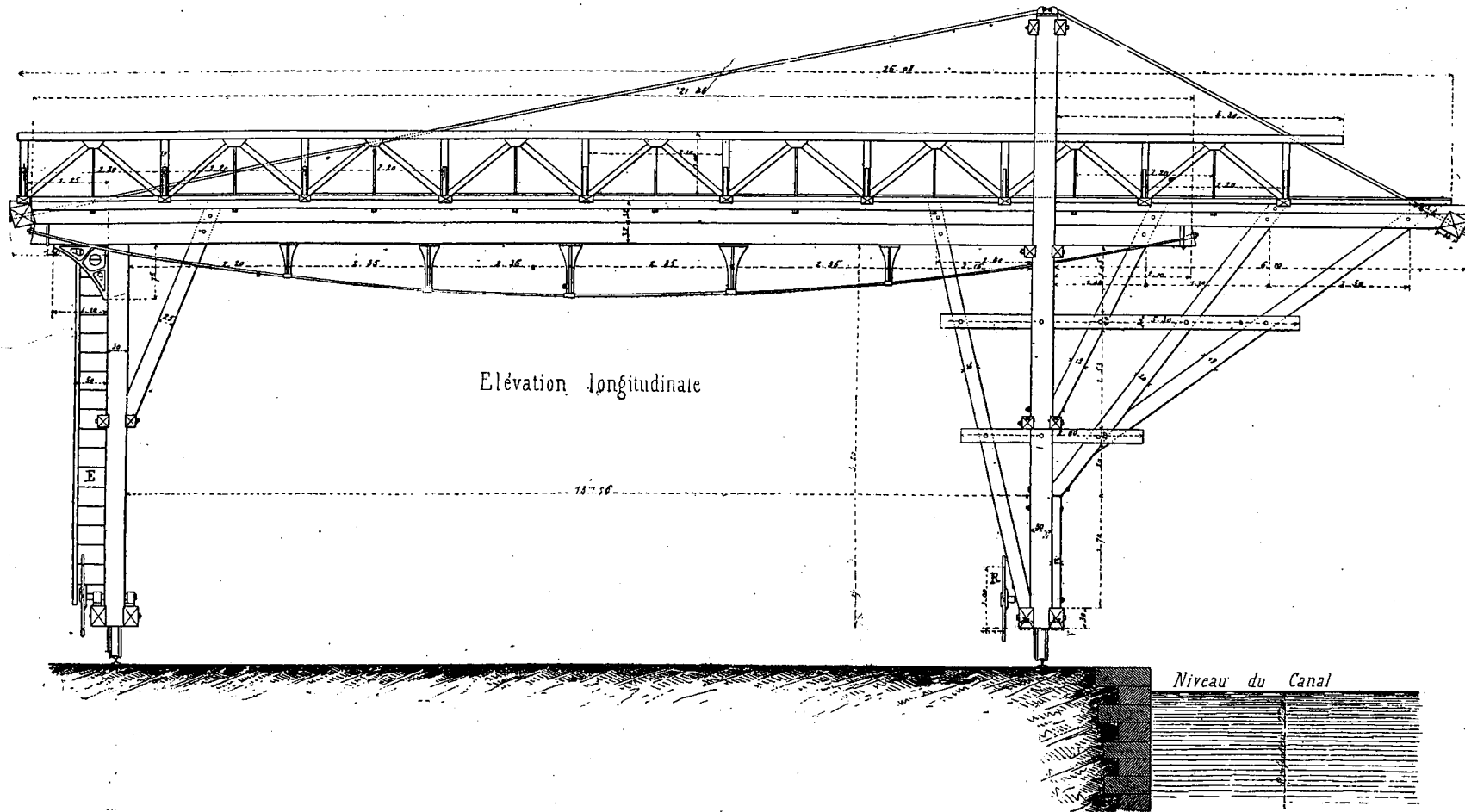


Fig. 1033. — Vue de face de la palée de terre suivant CD de la figure 1030 (Estacade. — Côté de l'eau)

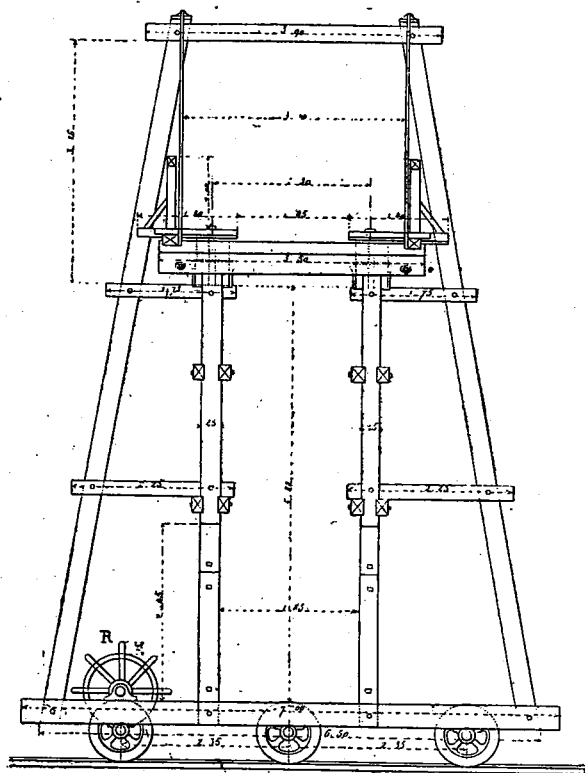
Fig. 1034. — Plan suivant PQ de la figure 1030.



Elévation longitudinale

Niveau du Canal

Fig. 1035.



F. g. 1036. — Vue du bec de la grue (fig. 1035).

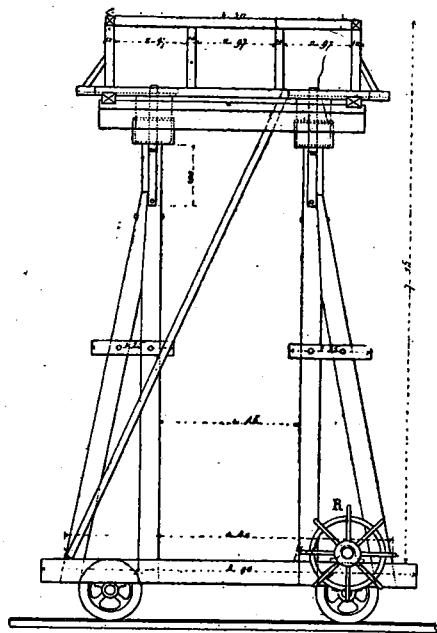


Fig. 1037 — Vue en bout de la grue (fig. 1035).

Le deuxième exemple dont nous donnons les croquis (fig. 1035, 1036 et 1037) est celui d'une grue mobile installée près du canal, à Lérouville (Meuse), pour le chargement en bateau des pierres de taille de cette localité. La figure 1035 montre l'élevation longitudinale de cette

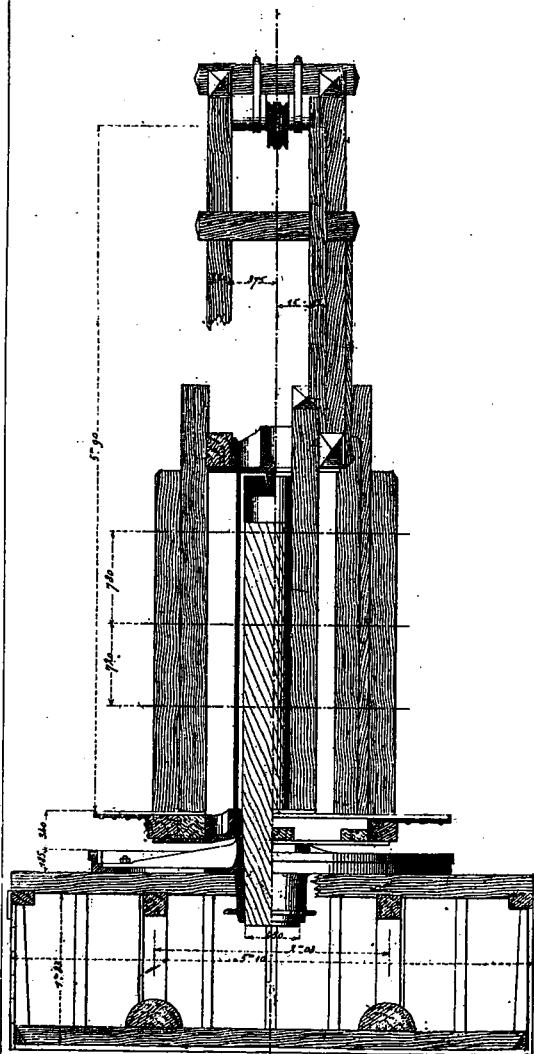


Fig. 1038.

grue. L'ensemble du système, formé par deux fortes poutres armées, maintenues à écartement invariable par d'autres poutres plus petites placées perpendiculairement à leur direction, se meut sur deux

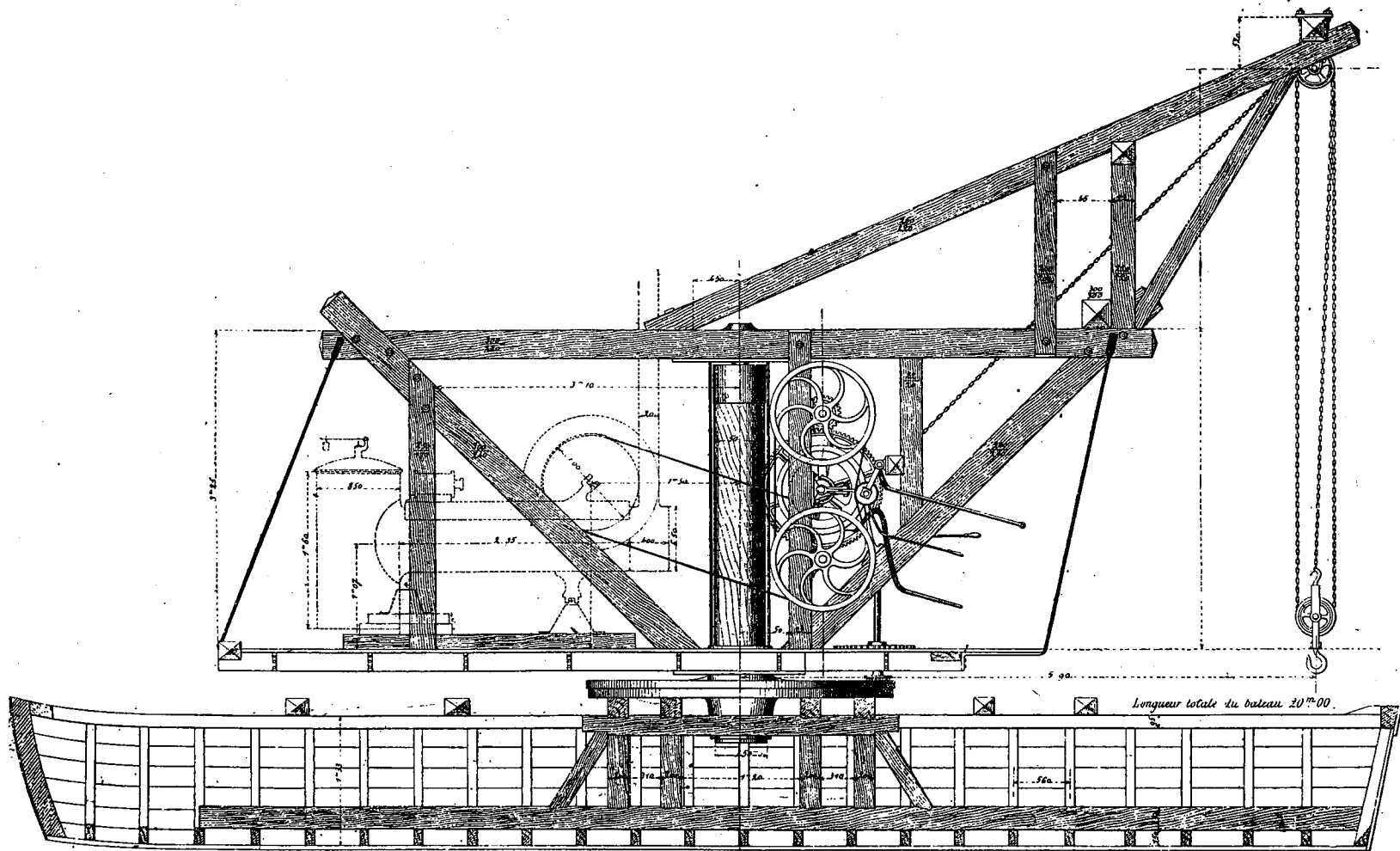


Fig. 1039.

rails. L'avancement peut être obtenu à la main en manœuvrant la roue R qui engrène avec un pignon placé sur le même axe que l'un des galets de roulement de la grue. Pour permettre aux blocs de pierre de descendre verticalement et de venir se placer dans le bateau qui doit les recevoir, la grue porte un bec faisant, sur le canal, une saillie de 6<sup>m</sup>,10 et permettant de placer, en un point quelconque des bateaux, les pierres qu'on désire y déposer.

Une échelle E, située à l'une des extrémités de la grue, permet aux ouvriers de monter sur la plate-forme supérieure, et de pouvoir ainsi aller donner le mouvement au treuil qui se meut sur ce plancher.

L'ensemble de cette charpente est très simple et se comprend à la seule inspection de la figure. Les différents équarrissages sont indiqués sur les pièces principales.

Pour terminer ce qui est relatif à la charpente des grues, nous représentons en croquis (fig. 1038 et 1039) l'installation d'une grue tournante à vapeur, construite à Auxerre par M. Muzey et établie sur un bateau. La disposition de cette charpente est très simple et donne de bons résultats.

## VII. — Clôtures et barrières.

### 1° CLÔTURES

694. Les clôtures en planches ou en madriers, qui sont le plus souvent exécutées

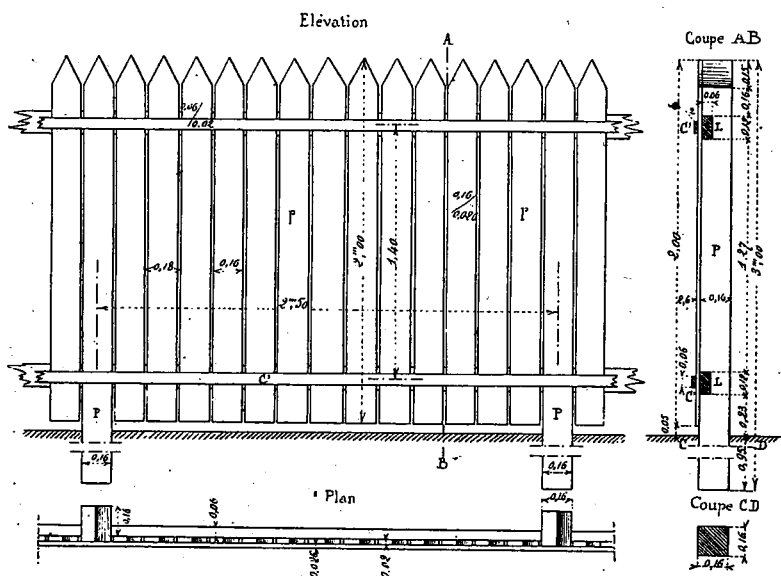


Fig. 1040

tées par les charpentiers, peuvent être pleines ou à claire-voie.

Parmi les clôtures pleines, la disposition la plus simple et la plus souvent employée est indiquée en croquis (fig. 1040) : élévation, plan et coupe verticale. L'ensemble se compose d'une série de poteaux P espacés de 2<sup>m</sup>, 50 d'axe en axe et ayant un équarrissage de 0<sup>m</sup>, 16 sur 0<sup>m</sup>, 16. Ces poteaux, dont on a goudronné ou brûlé

superficiellement les pieds, sont solidement scellés en terre et à une profondeur suffisante pour éviter toute oscillation. En haut et en bas de ces poteaux, on assemble une pièce de bois L, nommée *lisse*, sur laquelle on clouera les planches *r* ayant un équarrissage de 0,026  $\times$  0,16. Ces planches peuvent être posées jointivement ou, comme le montre la figure, laisser entre elles un petit intervalle



souvent indispensable pour permettre la dilatation. Dans certains cas, on ajoute sur ces planches une petite tringle C' ayant un équarrissage de 0,06 sur 0,02. Les planches sont terminées à leur par-

Les clôtures à claire-voie sont souvent employées, surtout lorsque, à l'intérieur comme à l'extérieur du terrain à clore, il n'y a rien à cacher.

Une disposition simple de clôture à claire-voie est représentée en croquis (fig. 1042) : élévation, plan et coupe verticale. Nous retrouvons ici la même disposition que la précédente, c'est-à-dire une série de poteaux de  $\frac{12}{12}$  espacés de 3 mètres d'axe en axe, des lisses haut et bas et une série de planches de 0,07 de largeur sur 0,026 d'épaisseur laissant entre elles des vides au moins égaux aux parties pleines.

Une autre disposition de clôture à claire-voie est représentée en croquis (fig. 1043). Les poteaux de  $\frac{8}{8}$  d'équarrissage sont espacés de 2 mètres d'axe en axe; leurs pieds reposent sur une semelle S, en bois de  $\frac{8}{8}$  d'équarrissage et le balancement est rendu impossible par suite de la présence de deux contrefiches, C, venant consolider le tout. Il existe, sur la hauteur de cette clôture, trois cours de lisses sur lesquelles se clouent les plan-

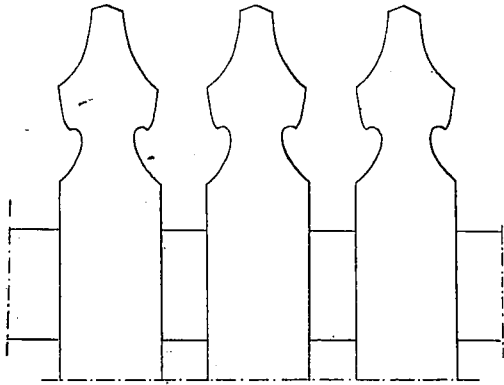


Fig. 1041.

tie supérieure, soit en pointe, soit de toute autre manière. On peut leur donner une découpe quelconque, par exemple celle indiquée (fig. 1041).

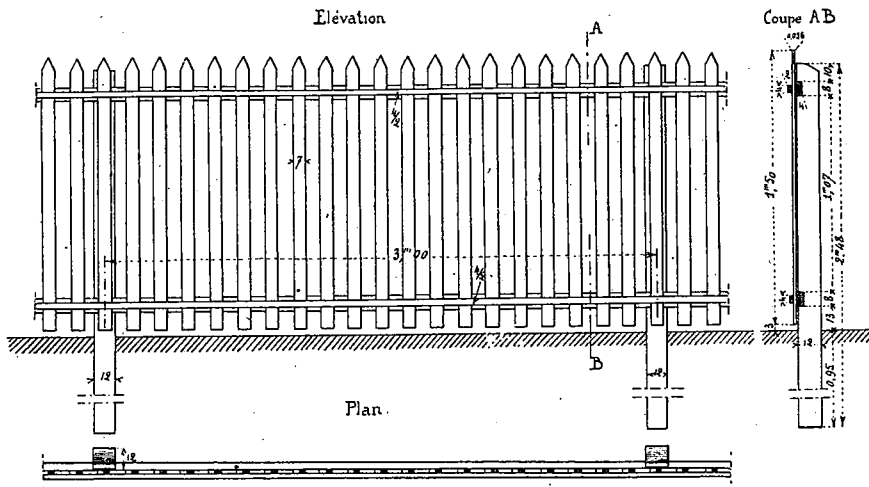


Fig. 1042.

ches. En face des poteaux, ces lisses sont doublées sur une certaine largeur, ce qui augmente encore la solidité. Cette disposition, plus coûteuse que les précédentes, est plus solide et mieux installée. On

devra la préférer lorsque la clôture aura une certaine hauteur.

2° BARRIÈRES EN BOIS

695. Les barrières que nous allons

décrire sont celles généralement employées dans les chemins de fer aux passages à niveau. Nous en distinguerons deux types : les barrières tournantes et les barrières roulantes. Un type simple de barrière tournante

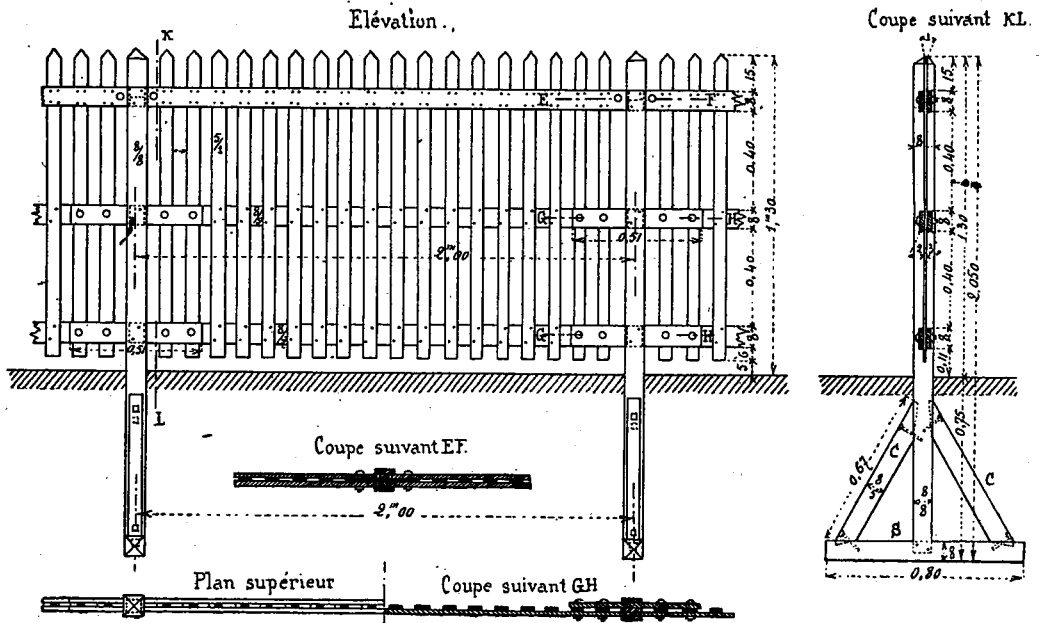


Fig. 14).

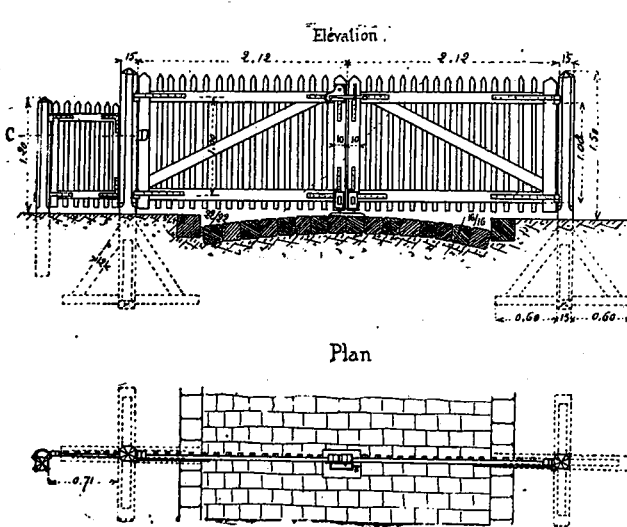


Fig. 1044.

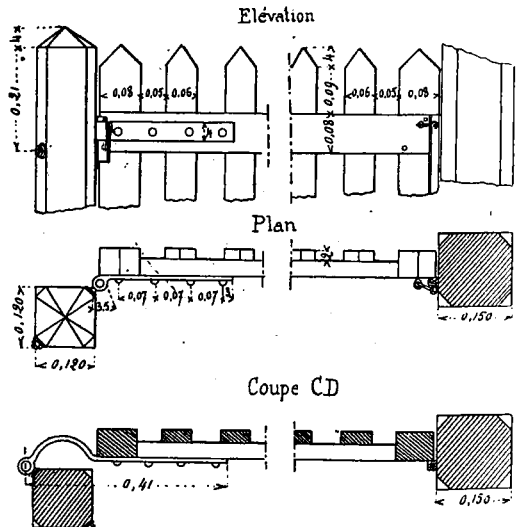


Fig. 1045.

est représenté en croquis (fig. 1044) : élé-  
vation et plan La disposition de chaque  
vantail est très simple : un fort cadre en  
charpente dont les angles sont solidement

maintenus par de fortes équerres et dont la rigidité est assurée par une forte traverse oblique allant d'un angle à l'autre. Les deux vantaux sont reliés, au moyen

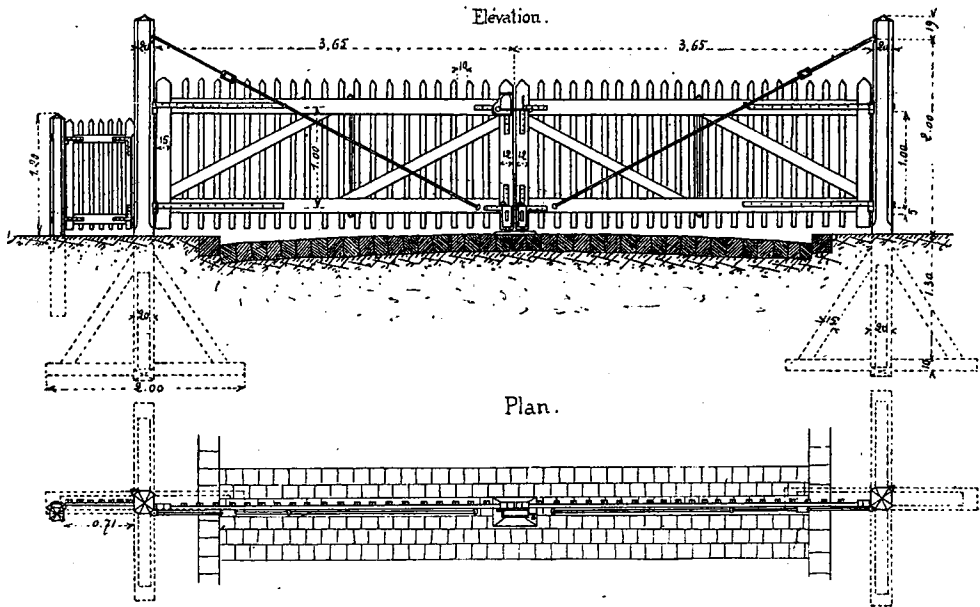


Fig. 1046.

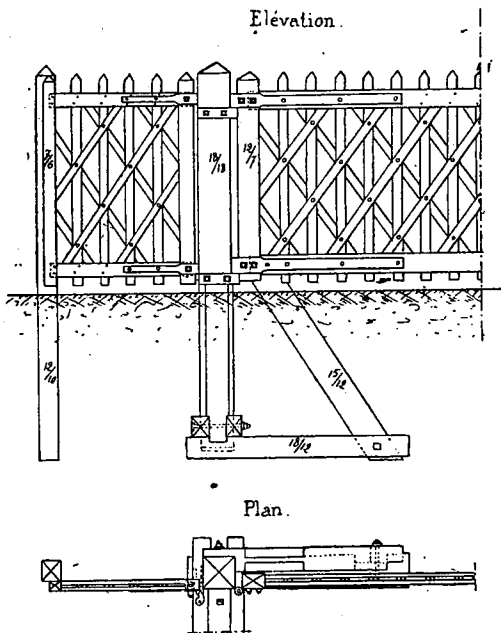


Fig. 1047.

de ferrures, à deux poteaux dont l'écar-

tement donne exactement l'ouverture libre de la barrière. Sur le côté gauche de cette barrière, se trouve une petite porte nommée *portillon* servant au passage des piétons lorsque la barrière est fermée.

La figure 1045 donne les différents détails de ce portillon.

Lorsque l'ouverture de la barrière augmente, il faut alors avoir des moyens de consolidation plus grands pour chaque vantail.

La figure 1046 montre une barrière ouvrante de plus grande importance. Chaque vantail est solidement relié au poteau vertical par un tirant en fer permettant le réglage à l'aide d'une lanterne de serrage analogue à celle qui est employée pour les tirants de combles. Le nombre des contrefiches inclinées augmente avec l'importance de la barrière.

Si les dimensions de la barrière augmentent aussi, on prendra alors la disposition indiquée en croquis (*fig. 1047*); c'est une véritable poutre en treillis solidement maintenue par un grand nombre de ferrures.

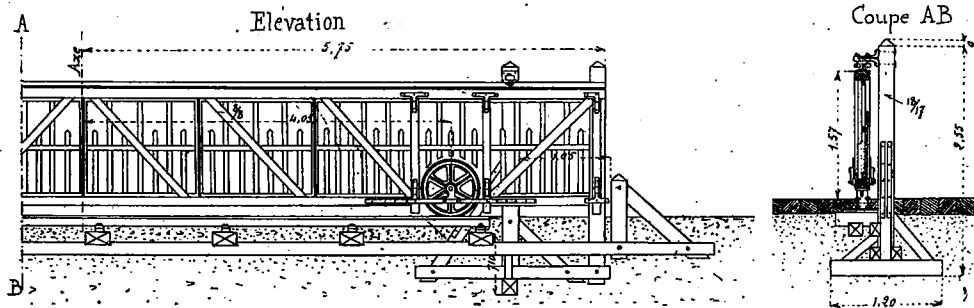


Fig. 1048.

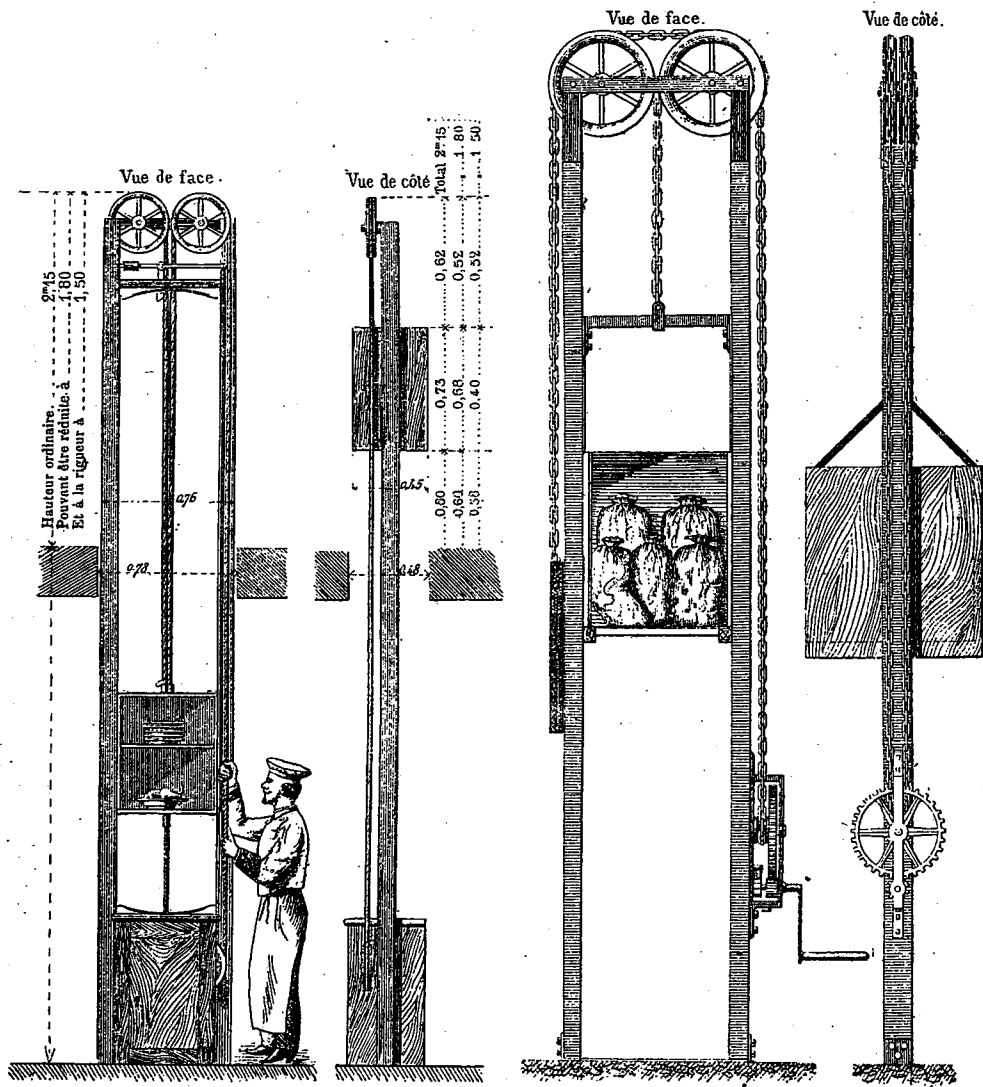


Fig. 1049.

Fig. 1030

La figure 1048 montre la disposition d'une barrière roulante; elles sont généralement plus solidement construites; leurs armatures sont très soignées en raison des fatigues qu'elles ont à supporter.

**VIII. — Monte-charges.**

**696.** On donne le nom de monte-charges à un appareil employé dans les ateliers, dans les magasins, dans les gares de chemins de fer, etc., pour monter ou descendre les bagages ou les marchan-

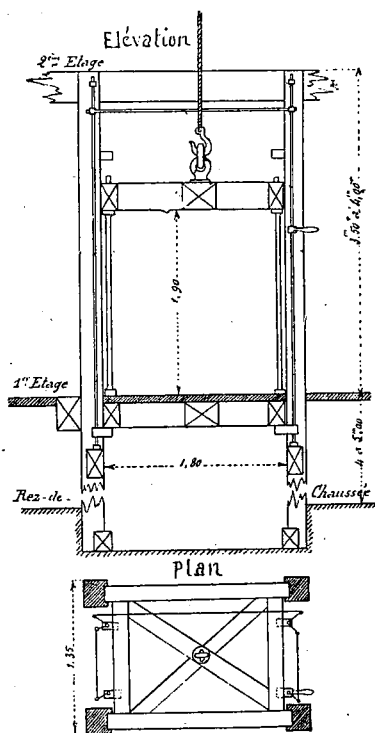


Fig. 1051.

dises. Les petits monte-charges qui sont généralement installés dans les maisons d'habitation prennent le nom de *monte-plats*.

Une disposition simple de monte-plats est indiquée en croquis (fig. 1049). Ce sont des appareils très simples construits par MM. Jomain et Sarton et fonctionnant très bien. Ils marchent sans manivelle en haut comme en bas et se mettent en place comme un simple meuble.

La figure 1050 montre une disposition de monte-charges mû à l'aide d'une manivelle à treuil et contre-poids, avec frein pour la descente. La surface ordinaire occupée par la caisse est d'environ un mètre carré. Ces deux appareils se comprennent facilement à la seule inspection des figures.

Une autre disposition de monte-charges employé dans les papeteries est représentée en croquis (fig. 1051). Cet appareil doit être très solidement exécuté, car il est destiné à supporter de très fortes charges, les piles de papier étant très lourdes. La figure montre la disposition des leviers pour la manœuvre des cliquets de retenue.

Pour terminer cet exposé des monte-charges dont la charpente principale est exécutée en bois, nous donnons (fig. 1052), en plan, élévation et vue de côté, une très heureuse disposition, système Mégy, Echeverria et Bazan, fonctionnant par transmission, arrêts automatiques, montée et descente commandés de tous les étages.

La disposition est très simple et la légende annexée à la figure en fera comprendre tous les détails.

**IX. — Caissons pour piles de pont.**

**697.** Les caissons pour la construction des piles de pont sont exécutés par les charpentiers; mais, comme ils rentrent plus spécialement dans l'étude et dans l'installation des ponts, nous renvoyons nos lecteurs à cette partie du cours de construction.

**X. — Baraques et baraquements pour loger les troupes.**

**698.** Les figures 1053 et 1054 représentent des coupes faites dans des baraques en planches pour logements de troupes en campagne. Les fermes, dans ces deux dispositions, sont ordinairement espacées de 2 mètres à 2<sup>m</sup>,60, afin qu'il se trouve toujours, entre elles, un nombre exact de places pour coucher les soldats.

Les baraques pour les chevaux se construisent à peu près de la même ma-

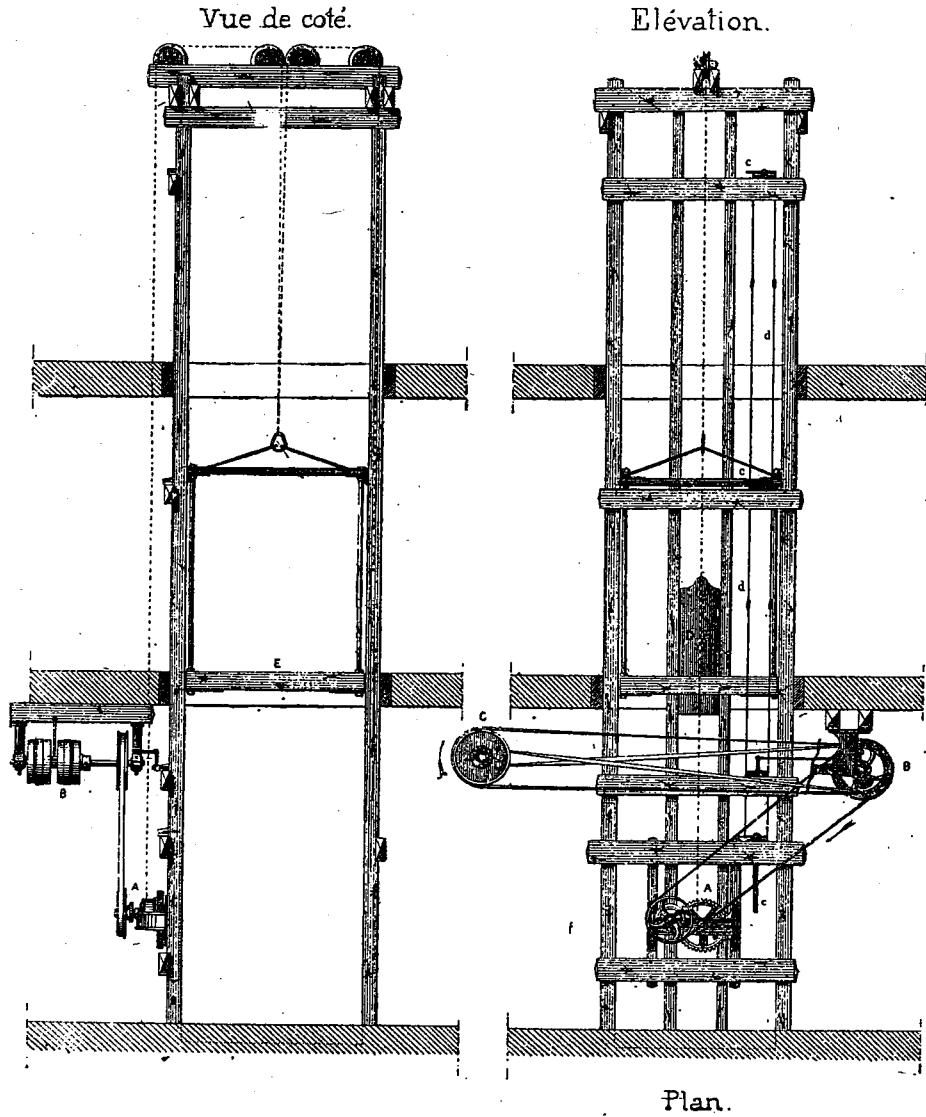
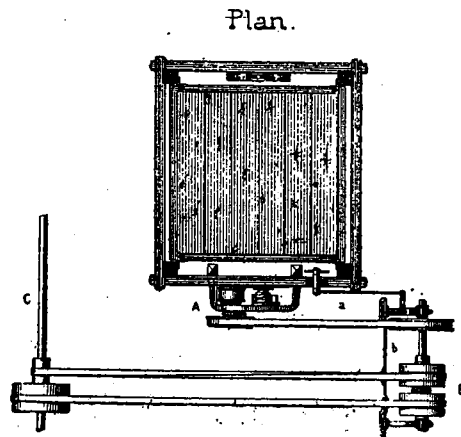


Fig. 1052. — A. Treuil appliqué directement sur la charpente du monte-charges. — B. Transmission intermédiaire commandant la montée et la descente. — C. Transmission principale. — D. Contrepoids. — E. Plateau ou benne pour les marchandises. — a. Tringle de commande de débrayage. — b. Tringle de fourchette. — c. Leviers d'arrêt. — d. Tringle de commande des leviers.



nière, avec cette différence qu'on leur donne un peu plus de hauteur. Les man-

geoires et les rateliers se placent, comme nous l'avons indiqué en pointillé (Fig. 1053), au milieu même de la baraque pour deux rangs de chevaux qui se font face. Comme

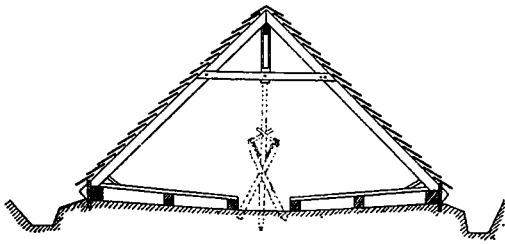


Fig. 1053.

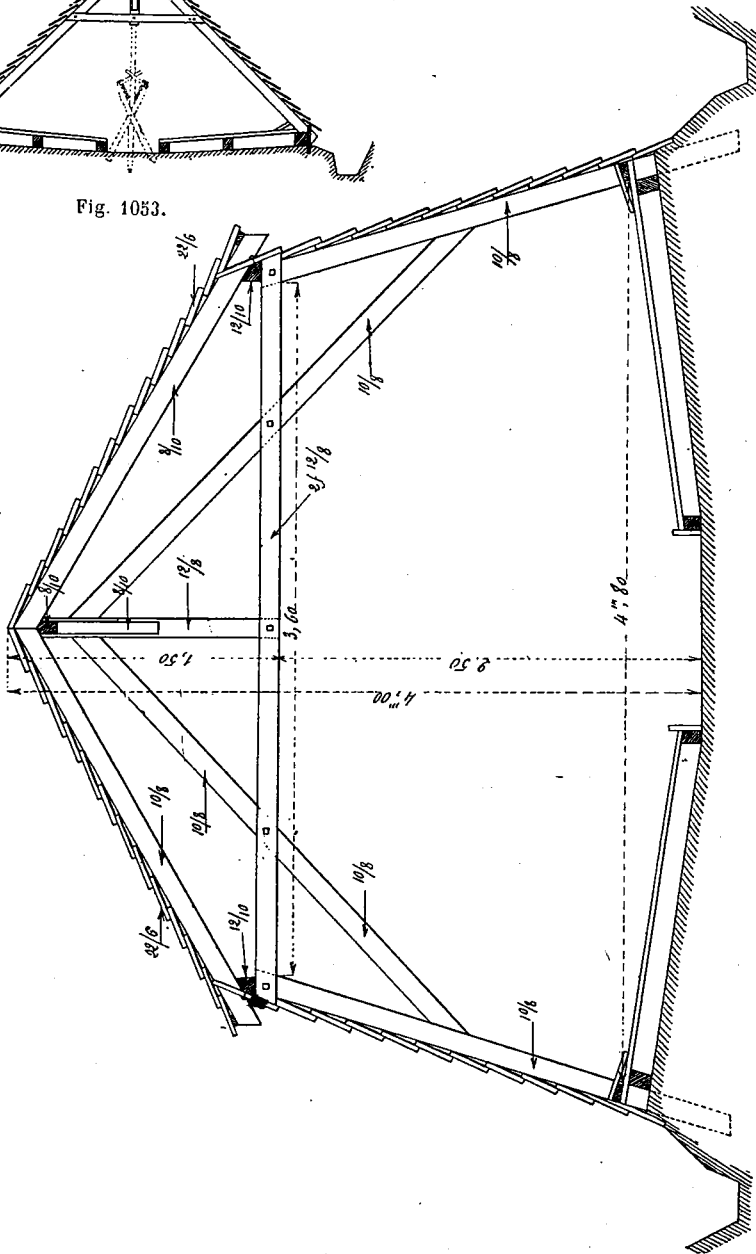


Fig. 1054.

précédemment pour les hommes, on doit espacer les fermes de telle façon qu'un nombre exact de chevaux prennent place entre deux fermes voisines.

**XI. — Constructions rustiques.**

**699.** On désigne ainsi des pavillons, kiosques et autres constructions pittores-

ques, exécutés pour l'ornement des parcs ou des jardins d'agrément.

Ce sont, en général, des entrepreneurs spéciaux qui s'occupent de ce genre d'installation; ils ont, pour cela, un outillage bien approprié à ce genre de travaux.

## XII. — Mangeoires. — Râteliers, Séparations et stalles pour chevaux.

### 1° MANGEOIRES

**700.** Les récipients destinés à recevoir la nourriture des chevaux à l'écurie sont les *auges* ou *mangeoires* pour tout ce qui est grains, fragments ou liquide et les *râteliers* pour les herbes et fourrages non hachés.

L'auge, ou *mangeoire*, est une espèce de canal (*fig. 1055*) de 0<sup>m</sup>,30 de profondeur sur 0<sup>m</sup>,35 de largeur à l'ouverture et 0<sup>m</sup>,25 seulement au fond. La hauteur d'une mangeoire dépend, en général, de la taille des chevaux auxquels elle est destinée; elle ne doit pas atteindre le niveau de la bouche du cheval au repos. Le bord supérieur de sa paroi antérieure est ordinairement élevé au-dessus du sol de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,40.

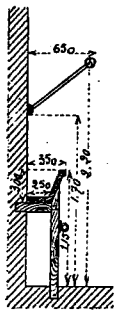


Fig. 1055.

La cavité de l'auge est souvent continue. Il est préférable d'y établir des séparations pour éviter le mélange des aliments dans le cas où l'on voudrait les différencier suivant les animaux et afin que ces derniers ne soient pas tentés de se mordre en mangeant ou de prendre la part de leur voisin. Il faut que le dessous de l'auge soit creux, ou au moins que celle-ci soit un peu en saillie, de manière à ce que les chevaux ne soient pas exposés à se frapper les genoux.

Les matériaux employés pour la construction des mangeoires sont : le bois, la pierre dure, le marbre, le ciment, la fonte émaillée et l'ardoise. Ici, nous n'avons à nous occuper que des auges en bois qui sont les plus ordinaires.

Les planches qui forment ces auges doivent être très épaisses, dures, résistantes

et tellement bien assemblées qu'il n'y ait entre elles aucun vide dans lequel les aliments mouillés puissent séjourner et fermenter. Il est de plus indispensable que le bord supérieur de la paroi antérieure de l'auge soit garni d'une plaque de fer à surface arrondie, afin de le préserver de la dent des chevaux. Le chêne est le bois qu'il faut toujours préférer pour les auges et pour les râteliers; les barreaux de ces derniers peuvent cependant être faits en acacia.

### 2° RATELIERS

**701.** Les râteliers ordinaires ont la même disposition que les échelles. Ce sont de véritables grillages de 60 à 70 centimètres de hauteur inclinés sur le plan du mur, destinés à former une sorte de cage dans laquelle on met la ration de fourrage du cheval : paille ou foin.

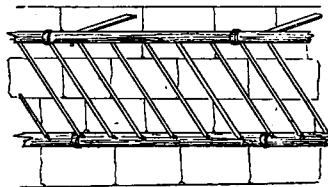


Fig. 1056.

Les barreaux de ce grillage, parallèles les uns aux autres, présentent un écartement de 12 à 13 centimètres.

Les *râteliers* se font en bois ou en fer. La figure 1056 montre la disposition ordinaire des râteliers en bois qui sont soutenus, à leur partie supérieure, par des crochets à scellement exécutés en fer méplat. Cette disposition, qui n'est employée que dans les campagnes, a l'inconvénient de permettre aux chevaux d'attaquer et de détruire le râtelier avec leurs dents. C'est pour cette raison qu'on substitue aujourd'hui les râteliers en fer à ce système.

Le plus souvent, les râteliers sont placés au-dessus de la mangeoire et inclinés en avant par leur extrémité supérieure. Il vaut mieux, lorsque l'espace le permet, les disposer parallèlement au mur et dans un plan postérieur à la mangeoire. Dans ce cas (*fig. 1057*), on les fait reposer par



leur arête inférieure sur le petit mur ou la cloison montée sur la paroi postérieure de l'auge. L'espace qu'ils interceptent entre eux et le mur est fermé par un grill-

quatre têtes, selon les convenances du travail ordinaire. C'est quelquefois alors un petit mur en maçonnerie couvert d'un madrier qui sépare les groupes.

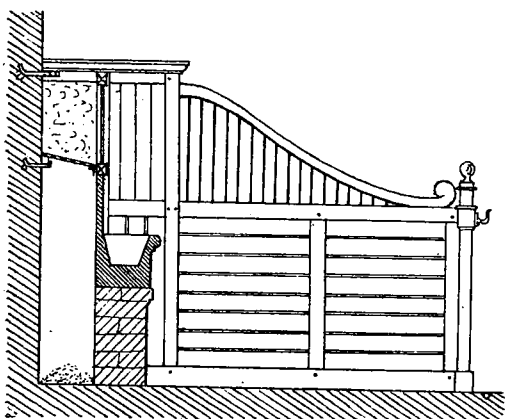


Fig. 1057.

lage à mailles serrées, disposé transversalement. Ce grillage permet à la poussière du fourrage de s'échapper et de tomber dans l'espace ménagé en arrière de la mangeoire.

Cette installation, bien que demandant pour l'écurie une plus grande profondeur, tient le cheval à l'abri des poussières qui tombent inévitablement sur sa crinière dans les dispositions ordinaires de râteliers. — Ces derniers étant inclinés, sont bien moins convenablement placés pour le cheval. On doit donc ne les employer que lorsque les dimensions, trop restreintes de l'écurie, forcent le constructeur à renoncer à la disposition verticale.

### 3° SÉPARATIONS ET STALES POUR CHEVAUX

**702.** Le plus souvent, dans les campagnes, les chevaux de travail sont mis les uns à côté des autres dans les écuries, sans séparations. Cet usage a même certains avantages, car il permet aux animaux qui doivent être attachés à la même charrue de se connaître, de s'habituer à vivre ensemble. Aussi, dans quelques exploitations, établit-on seulement des séparations entre les groupes de chevaux composés de deux, trois ou

*Sciences générales.*

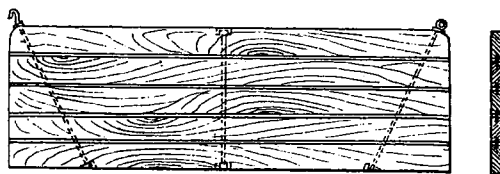


Fig. 1058.

Si l'on veut mettre un obstacle au contact entre deux chevaux, on se sert ordinairement, dans les campagnes et par économie, d'une barre transversale en bois de 2<sup>m</sup>,30 de longueur, fixée d'un côté à la mangeoire par un crochet et un an-

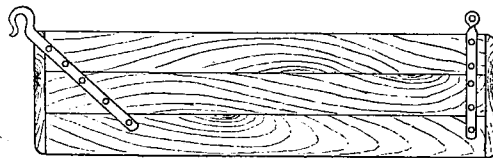


Fig. 1059.

neau et, de l'autre, cette barre est soutenue par une corde ou une chaîne attachée à une solive ou à un pilier enfoncé dans le sol. Il arrive souvent que les animaux franchissent cette barre et de graves accidents sont à craindre si la

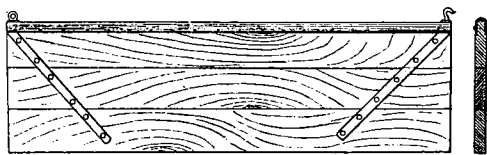


Fig. 1060.

corde n'est pas vivement détachée. Nous n'insisterons pas sur ce mode de séparation qui est en tous points défectueux.

Il est préférable, pour séparer les chevaux, d'employer le système de panneaux ou *bat-flancs* dont nous allons dire quelques mots. Le *bat-flanc* est utilisé presque

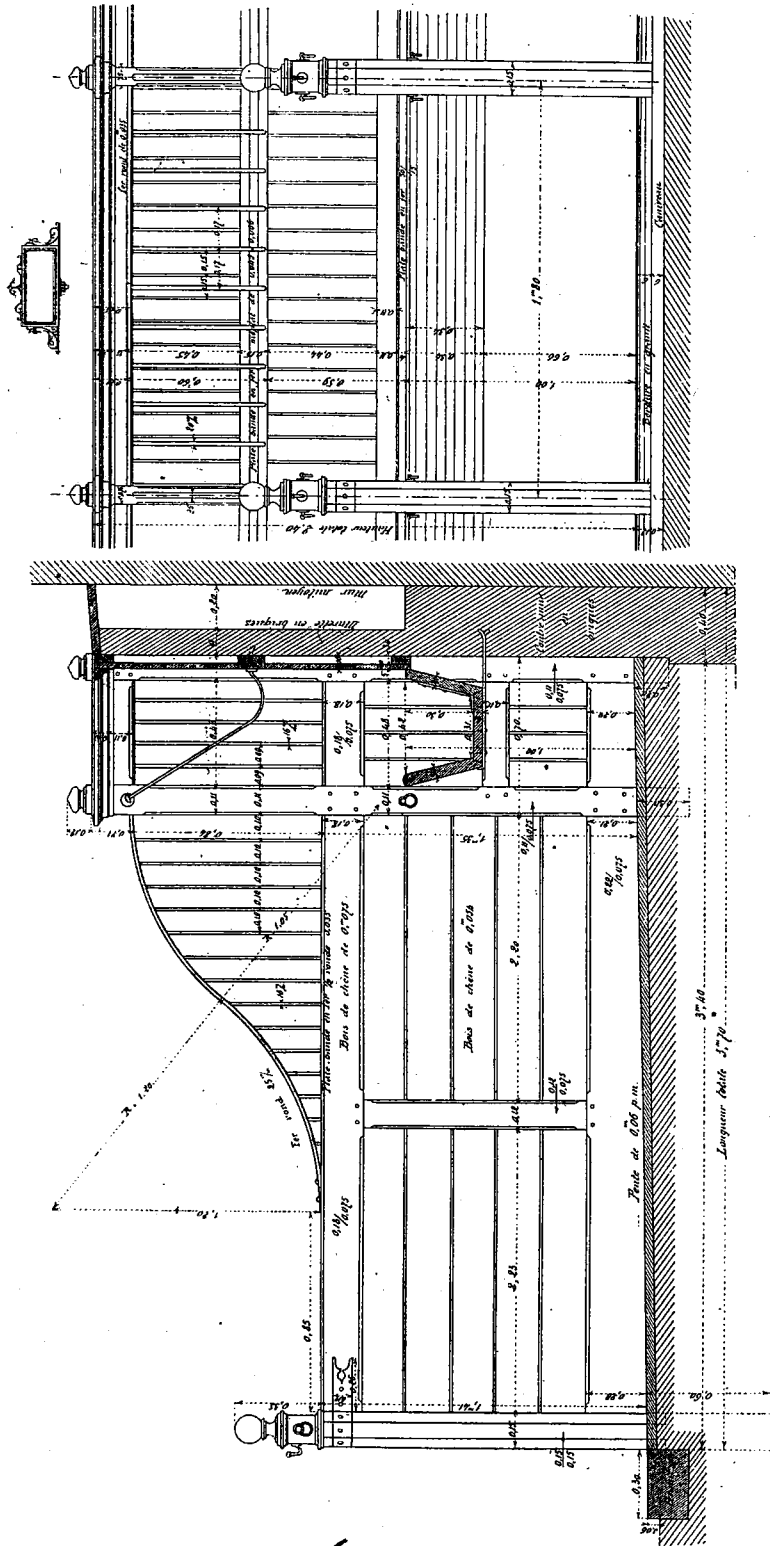


FIG. 1061.

exclusivement dans les administrations qui ont beaucoup de chevaux, comme dans les compagnies des omnibus, de tramways, de petites voitures, etc., ainsi que dans les écuries de l'armée.

Le bat-flanc, comme son nom l'indique, est un panneau flottant. Pour qu'il remplisse cette condition, il faut qu'il soit suspendu d'une manière quelconque, ce qui se fait le plus souvent à l'aide d'une corde ou d'une chaîne.

Cette suspension ne rend l'emploi du bat-flanc pratique qu'à la condition qu'il existe, entre la corde ou la chaîne et le bat-flanc, un appareil nommé *sauterelle*, qui permette de le faire tomber à volonté. Cette sauterelle prend le plus souvent la forme d'un crochet articulé retenu fermé par un anneau ou une pièce analogue.

Le bat-flanc, est, le plus souvent, formé par l'assemblage ou même par la réunion à plats-joints d'un certain nombre de planches de même longueur et de même épaisseur. La hauteur totale varie de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,80. Sa longueur est de 2<sup>m</sup>,60 environ et son épaisseur de 54 millimètres. La figure 1058 donne un premier type de bat-flanc dans lequel les planches sont assemblées à rainures et languettes, ces dernières étant rapportées et exécutées en bois plus dur. Trois boulons traversent les planches dans leur épaisseur et dans leur hauteur. L'un de ces boulons porte un crochet et l'autre un anneau. Un autre type de bat-flanc est représenté (fig. 1059). Dans cet exemple, les boulons sont remplacés par des ferrures à fourchettes, soit droites, soit obliques, dont la surface extérieure est arrondie de façon à éviter les arêtes sur lesquelles le cheval pourrait se blesser en se heurtant.

La figure 1060 donne un croquis de bat-flanc généralement adopté dans les écuries militaires. Il porte à la partie supérieure une feuille de tôle épaisse, arrondie et demi-cylindrique, assujettie au moyen de vis à têtes fraisées.

Les bois généralement employés pour la construction des bat-flancs sont : le grisard, le sapin et le chêne. Certains constructeurs accordent la préférence au platane.

## STALLES POUR CHEVAUX

**703.** Dans les écuries particulières, on se sert de stalles pour séparer les chevaux. Ces stalles, dont nous donnons (fig. 1061) l'installation complète, s'établissent en planches plus ou moins élégamment disposées. Leur longueur moyenne est de 2<sup>m</sup>,50. Leur hauteur, de 4<sup>m</sup>,30 à la partie antérieure, est de 2 mètres auprès du râtelier.

La figure faisant facilement comprendre l'ensemble de l'installation, il est inutile d'insister. Enfin, les séparations nécessaires dans les écuries disposées en *boxes* (1) sont des cloisons de 2 mètres environ de hauteur, avec porte de 1 mètre de largeur. Les chevaux se trouvent alors complètement isolés.

Les boxes ne sont, en un mot, que des écuries divisées en compartiments dans lesquels les chevaux sont laissés sans attaches et libres de leurs mouvements. Si elles offrent quelque avantage au point de vue de la santé du cheval, elles ont l'inconvénient d'exiger une grande surface.

Voici les dimensions les plus ordinaires qu'elles comportent :

3 <sup>m</sup> ,00	×	4 <sup>m</sup> ,00	=	12 m. car.
3,00	×	5,00	=	15 —
4,00	×	4,00	=	16 —
4,00	×	5,00	=	20 —
4,00	×	6,00	=	24 —
5,00	×	5,00	=	25 —

Les écuries avec boxes se disposent de diverses manières, variant avec le local qu'on leur consacre. Elles sont isolées ou bien groupées avec couloir central, latéral ou longitudinal. On distingue les boxes en *boxes d'entretien* et *boxes d'élevage*.

Indépendamment des boxes dont nous venons de dire quelques mots, on construit, dans les haras, des loges destinées à réunir quelques élèves et à côté desquelles sont des enclos pour leur promenade. Ce sont ordinairement de petites constructions isolées qui se partagent en deux ou en quatre écuries, si l'on suppose le bâtiment double en profondeur. Chacune d'elles ayant 5 mètres de longueur sur 5

(1) De l'anglais *box*, boîte, case.

mètres de largeur, peut suffire à quatre poulains. On y ajoute quelquefois une chambre pour un surveillant.

#### XIV. — Guérites.

**704.** Nous donnons (*fig. 1062 et 1063*) les deux formes de guérites les plus em-

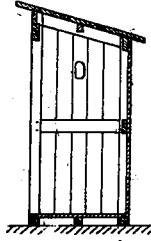


Fig. 1062.

ployées dans l'armée. La plus simple (*fig. 1062*) a son toit à un seul égout; elle est portée sur une enrayure formant un patin qui assure sa stabilité.

La figure 1063 donne le croquis d'une guérite avec toit à deux égouts pouvant

être couvert en planches avec couvre-joints ou en zinc. Cette guérite est portée sur quatre pieds formés par le pron-

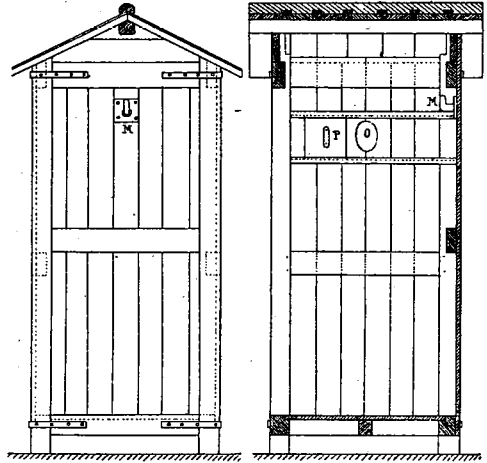


Fig. 1063.

gement des poteaux d'angle. C'est la disposition généralement adoptée dans les villes.



# TABLE DES MATIÈRES

## DE LA CHARPENTE EN BOIS

CHAPITRE I <sup>er</sup>		
§	I. — Définition et notions générales....	3
	I. — Comparaisons des mesures anciennes et nouvelles.	4
	II. — Opérations préliminaires.	6
	III. — Bois qui doivent être re- jetés des travaux.....	10
	IV. — Bois du commerce.....	11
	V. — Mode de livraison des bois dans le commerce.....	12
	VI. — Cubature des bois.....	12
	VII. — Classification des ouvrages de charpenterie.....	13
	VIII. — Expressions diverses em- ployées.....	13
§	II. — Outillage du charpentier.....	16
	I. — Instruments servant au débit des bois et au tracé des épures.....	16
	II. — Compas.....	18
	III. — Niveaux.....	19
	IV. — Équerres.....	20
	V. — Trusquins.....	22
§	III. — Assujettissement et travail des pièces de bois.....	23
§	IV. — Outils employés pour débiter les bois.....	24
§	V. — Outils tranchants par percussion..	28
§	VI. — Outils tranchants servant à corroyer et à planer les bues.....	30
§	VII. — Outils servant à percer et à creuser.	32
§	VIII. — Machines et appareils divers.....	34
§	IX. — Marques employées par les char- pentiers.....	43
CHAPITRE II		
<i>Des assemblages</i>		
§	I. — Tracé et exécution des différents assemblages.....	47
	I. — Définition et notions gé- nérales.....	47
	II. — Assemblage de deux pièces de bois perpendiculairement l'une à l'autre....	48
	III. — Les pièces se rencontrent en formant un angle droit.....	59
	IV. — Les pièces se rencontrent en formant un angle quelconque.....	61
	V. — Les pièces se croisent...	64
	VI. — Entures.....	68
	VII. — Assemblages des planches et des madriers.....	75
	VIII. — Assemblage des bois cylin- driques.....	75
§	II. — Différentes pièces métalliques em- ployées.....	76
	I. — Définition et notions gé- nérales.....	76
	II. — Clous et broches.....	76
	III. — Vis.....	77
	IV. — Clameaux.....	73
	V. — Boulons.....	79
	VI. — Frettes.....	81
	VII. — Liens et étriers.....	83
	VIII. — Scellements.....	84
	IX. — Ancres.....	85
	X. — Plates-bandes.....	86
	XI. — Harpons.....	87
	XII. — Équerres.....	87
	XIII. — Tirants.....	88
	XIV. — Chaines.....	88
	XV. — Manchons, sabots, cha- peaux, etc.....	88
CHAPITRE III		
<i>Planchers en bois et pans de bois</i>		
I. — PLANCHERS EN BOIS		
§	I. — Définition et notions générales....	90
§	II. — Noms des différentes pièces de bois employées dans les planchers..	92
§	III. — Différents types de planchers en bois.....	95
	I. — Planchers simples.....	95
	II. — Planchers simples soute- nus par des poutres....	106
	III. — Planchers d'enrayure....	116
	IV. — Types anciens de plan- chers.....	120
	V. — Disposition des planchers dans un terrain irrégulier.....	121
	VI. — Consolidation des vieux planchers.....	121

§ IV. — Exécution des hourdis..... 122

§ V. — Des poutres armées..... 133

    I. — Définitions et notions générales..... 133

    II. — Types de poutres armées..... 134

§ VI. — Stabilité des planchers en bois... 142

    I. — Définitions et notions générales..... 142

    II. — Moments d'inertie..... 142

    III. — Poids des matériaux qui composent ordinairement les planchers en bois..... 146

    IV. — Calcul des solives et des poutres d'un plancher en bois. — Formules empiriques..... 148

    V. — Calcul des solives d'un plancher en se servant des tableaux donnés... 149

        Résistance des bois à la flexion..... 151

    VI. — Calcul des solives en se servant des formules de résistance des matériaux. 153

        II. — PANS DE BOIS

    I. — Définitions et notions générales... 158

§ II. — Noms des différentes pièces d'un pan de bois..... 160

§ III. — Dispositions diverses des pans de bois..... 161

§ IV. — Dispositions spéciales pour les appuis et les baies..... 165

§ V. — Dimensions pratiques adoptées... 168

§ VI. — Ferrures des pans de bois..... 169

§ VII. — Remplissage des pans de bois... 171

§ VIII. — Des lucarnes en bois..... 174

        CHAPITRE IV

*Escaliers en bois*

§ I. — Définitions et notions générales... 182

§ II. — Termes employés..... 184

    I. — Marches..... 184

    II. — Limons et faux limons.. 186

    III. — Paliers..... 188

    IV. — Giron..... 189

    V. — Ligne de giron et de foulée. 189

    VI. — Emmarchement. — VII. Échappée..... 190

    VIII. — Cage d'escalier. — IX. Volée. — X. Rampe d'escalier. — XI. Jour. — XII. Échiffre. — XIII. Balancement. — XIV. Calibres. 191

§ III. — Dimensions et proportions des marches. — Formule simplifiée... 192

§ IV. — Escaliers très simples..... 193

    I. — Plan incliné. — II. Échelle. — III. Échelle de meunier..... 193

§ V. — Différents types d'escaliers..... 195

    I. — Définitions et notions générales..... 195

    II. — Escaliers sans limons. — III. Escaliers à limons.. 197

IV. — Escaliers à crémaillère ou escaliers anglais..... 203

V. — Escaliers à jour circulaire. 209

§ VI. — Différentes formes des marches d'escaliers..... 211

    Marches primitives..... 211

    Marches actuellement employées..... 213

§ VII. — Escaliers divers..... 214

    I. — Escaliers droits. — II. Escaliers en limaçon et à noyau plein. — Escaliers à vis..... 214

    III. — Escaliers à plusieurs noyaux..... 215

§ VIII. — Indication d'un escalier dans les plans à petite échelle..... 218

§ IX. — Rampes des escaliers en bois... 219

§ X. — Tracé d'un escalier. — Épure... 221

    Épure d'un escalier à crémaillère, dit à l'anglaise..... 221

    Épure d'un escalier à limon, dit à la française..... 224

    Escalier à limon à la française. — Jour à quatre centres..... 228

    Épure d'un escalier à base triangulaire..... 229

    Escalier circulaire..... 232

    Escalier circulaire à deux limons. 236

CHAPITRE V

*Des combles*

I. — Définitions et notions générales... 237

II. — Noms des pièces d'un comble... 238

III. — Hauteur des combles..... 240

IV. — Dispositions diverses des combles. 242

V. — Étude des appentis..... 243

§ VI. — Combles à deux pentes..... 249

    I. — Combles sur pignons... 249

    II. — Combles sur fermes... 252

    Comble sans panne intermédiaire. — Comble à une panne. — Comble à forte pente..... 252

    Comble à faible pente sans contrefiches..... 253

    Comble ordinaire avec contrefiches. — Comble avec grenier.. 254

    Comble de chalet. — Comble avec lanterne vitrée..... 255

    Comble à une panne pour halle aux marchandises. — Comble à charpente apparente..... 256

    Combles à deux pannes..... 258

    Combles à deux pannes de forme curviligne et sans entrail..... 268

    Combles relevés ou combles retroussés..... 269

    Combles à trois pannes..... 273

    Combles à trois paires de pannes sans entrail..... 277

    Combles à quatre pannes..... 278

    Fermes en bois à grande portée avec poteaux intermédiaires... 281

    Principaux assemblages des combles à deux versants égaux.... 293

Comble à deux versants inégaux. — Étude des sheds.....	298	1° Pression du vent....	386
Shed à trois pannes.....	302	2° Poids de la neige...	387
Shed en bois sur poteaux.....	308	3° Surcharge due au poids des ouvriers et des matériaux.....	387
Shed en bois sur colonnes en fonte. — Shed pour tissages et filatures.	311	§ III. — Différentes pièces d'un comble à soumettre au calcul.....	388
Combles à deux versants inégaux dont la base est un trapèze....	313	§ IV. — Répartition des forces dans les fer- mes les plus simples.....	390
§ VII. — Combles brisés ou combles à la Mansard.....	315	I. — Ferme sans panne.....	390
Combles à la Mansard sans entrait intérieur.....	319	II. — Ferme à une paire de pan- nes avec contre-fiches..	391
Combles en impériale.....	324	III. — Ferme à deux paires de pannes.....	394
Combles sans panne. — Fermes du moyen âge.....	326	IV. — Ferme à trois paires de pannes.....	395
§ VIII. — Combles à plus de deux pentes. — Études des croupes.....	327	V. — Ferme à quatre paires de pannes.....	398
I. — Définitions et notions gé- nérales.....	327	Appentis.....	399
II. — Croupes droites.....	329	Formules pour le calcul des pannes et des arba- létriers.....	400
III. — Croupes biaises.....	335	V. — Répartition des forces dans les di- vers types de fermes.....	405
IV. — Croupes dans les combles dont la base est un tra- pèze. — Combles à ver- sants gauches.....	337	I. — Ferme à versants inégaux. — Épure et détermination des efforts.....	405
Noues et noulets.....	339	II. — Ferme à versants égaux avec contre-fiche et faux entrait.....	412
§ IX. — Divers types de combles.....	344	III. — Calcul direct d'un comble en bois.....	415
I. — Combles pyramidaux ou à plusieurs pentes. — Combles en pavillon... ..	344	IV. — Comble à la Mansard. — Détermination des efforts	419
II. — Des combles en dôme et des combles à surfaces courbes formées par des planches.....	347	V. — Calcul d'un comble en forme de poutre armée.	421
III. — Combles coniques.....	355	VI. — Calcul d'un comble en arc, système Philibert De- lorme.....	423
IV. — Combles à base circulaire ou elliptique. — Cou- poles.....	357	VII. — Combles en arc de diverses formes.....	424
V. — Combles composés de sur- faces courbes, etc.....	359	VIII. — Combles retroussés, etc..	426
VI. — Combles de clochers. — Flèches. — Beffrois. — Clochers.....	359	IX. — Fermes à grande portée..	427
Intersection des combles à surfaces courbes.....	369	X. — Calcul de résistance d'un comble démontable....	428
§ X. — Ouvertures pratiquées dans les combles.....	374	XI. — Stabilité d'une flèche d'é- glise.....	432
§ XI. — Construction des hangars.....	374	XII. — Stabilité d'un beffroi en charpente.....	433
Hangars économiques, système Pombla.....	375	§ VI. — Calcul des supports verticaux....	435
Comble démontable, système Petit- jean.....	378		
§ XII. — Ferrures des combles en bois....	379		

CHAPITRE VI

Stabilité et résistance des combles

§ I. — Définitions et notions générales... Glissement des pièces de bois l'une sur l'autre.....	381
§ II. — Différents effets à considérer dans l'établissement d'un comble....	385
I. — Poids des diverses cou- vertures.....	385
II. — Poids de la charpente...	386
III. — Charges accidentelles....	386

CHAPITRE VI bis  
Exécution des ouvrages en charpente. — Épures

§ I. — Définitions et notions générales. .	441
§ II. — Exécution des ouvrages en char- pente.....	442
I. Dessins. — II. Procédés d'exé- cution, piqué des bois....	442
III. Ételon. — IV. Trait rame- neret.....	443
V. Mise sur ligne de l'ételon. — VI. Lignage et contre-lignage des bois.....	446
VII. Mise de niveau.....	448

VIII. Reconnaissance des figures.		faudages suspendus.....	506
— IX. Tracé des assemblages		5° Échafaudages tournants.....	507
X. Coupe des assemblages.	449		
XI. Marques des bois.....	450		
ÉPURES			
§ I. — Définitions et notions générales...	451	I. — Définitions et notions générales.....	508
Échelles à adopter.....	452	II. — Différents types de cintres.....	509
§ II. — Application des épures aux diffé-		1° Cintres formés de planches.....	509
rentes parties d'un comble.....	452	2° Cintres sans fermes.....	510
I. — Épure d'une coupe droite.	453	3° Cintres avec fermes. — 4° Cintre	
II. — Détails et épure d'une		fixe pour arc surbaissé. — 5°	
coupe biaise.....	459	Cintre pour arc en ogive.....	511
III. — Détails et épures d'une		6° Cintres sans entrails. — 7° Cin-	
noue droite et d'une		tres de plus grande portée. —	
noue biaise.....	475	8° Cintres de coupoles.....	512
IV. — Noulets.....	481	9° Cintres divers. — 10° Cintres	
1° Épure d'un noulet droit.	481	pour les tunnels.....	513
2° Épure d'un noulet biais.	486	Décintrement des voûtes.....	513
V. — Pannes et barreaux.....	489	Résistance des cintres.....	517
CHAPITRE VII			
<i>Étais et étaitements</i>			
I. — Définitions et notions générales....	490	I. — Définitions et notions générales....	519
II. — Noms et définitions des pièces de bois		II. — Charpente des portes d'écluses.....	519
employées.....	491	Calcul des portes d'écluses.....	521
III. — Bois employés pour les étais et étaie-		III. — Estacades. — Différents types.....	522
ments.....	492	IV. — Ponts provisoires et passerelles.....	522
IV. — Différents types d'étaitements....	492	V. — Portes roulantes pour halles à mar-	
1° Étaïement des murs.....	492	chandises.....	528
2° Étaïement des baies de croisées		VI. — Portes et contrevents en madriers...	528
ou de portes. — Étrésillons...	494	VII. — Charpentes des grues fixes, roulantes	
3° Étaïement par chevilletments...	495	et tournantes.....	529
4° Étaïement des planchers.....	496	VIII. — Clôtures et barrières.....	536
5° Étaïement pour déblais.....	497	IX. — Monte-charges.....	541
6° Étaïement des voûtes.....	498	X. — Caissons pour piles de ponts.....	541
7° Étaïement d'une maison incen-		XI. — Baraques et baraquements pour les	
diée.....	498	troupes.....	541
Échafauds et échafaudages.....	500	XII. — Constructions rustiques.....	543
1° Echafaudages fixes.....	502	XIII. — Mangeoires, râteliers, séparations et	
2° Echafaudages roulants.....	503	stalles pour chevaux.....	544
3° Echafaudages volants. — 4° Echa-		VXI. — Guérites.....	547

