

MANUELS - RORET

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DU

CHARPENTIER

OU

TRAITE ELEMENTAIRE ET PRATIQUE DE CET ART

CONTENANT

les principes de Géométrie, l'Art du Trait,
la structure, la conservation et le débitage des Bois,
la résistance des Bois et de leurs assemblages,
l'Outillage du Charpentier et la description des Travaux
de Charpente de toutes sortes

Par **BISTON, HANUS, BOUTEREAU & GAUCHÉ**

Nouvelle édition

REFONDUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE

**de la Charpente en fer et de la série des Prix
pour les Travaux de Charpente**

Par **N. CHRYSOCHOÏDÈS**

Ingénieur des Arts et Manufactures

*Ouvrage accompagné d'un Atlas de 22 planches et orné
de 94 figures dans le texte*

TOME PREMIER

PARIS

ENCYCLOPÉDIE-RORET

L. MULO, LIBRAIRE-ÉDITEUR

12, RUE HAUTEFEUILLE, VI^e

1903

AVIS

Le mérite des ouvrages de l'**Encyclopédie-Roret** leur a valu les honneurs de la traduction, de l'imitation et de la contrefaçon. Pour distinguer ce volume, il porte la signature de l'Éditeur, qui se réserve le droit de le faire traduire dans toutes les langues, et de poursuivre, en vertu des lois, décrets et traités internationaux, toutes contrefaçons et toutes traductions faites au mépris de ses droits.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roret', with a large, decorative flourish underneath. The signature is written in a cursive style.

INTRODUCTION

Dans ses *Essais sur l'enseignement*, M. Lacroix, membre de l'Institut et de la Légion d'honneur, a dit :

« Il faut à la plupart des artistes des livres et des leçons uniquement dirigés vers l'application, et bornés, par conséquent, à l'exposition claire et précise des préceptes. Les meilleurs traités sont ceux qui renferment le plus d'exemples et le moins de raisonnements : cette espèce de livres, qu'on doit considérer comme des Manuels dont il faut se rendre l'usage familier, est très propre à répandre l'instruction parmi ceux qui pratiquent les arts. »

Nous avons fait tous nos efforts pour nous conformer aux idées de ce savant. Tout, dans cet ouvrage, est dirigé vers la pratique ; et, lorsque les théories n'ont pu être expliquées par de simples figures de géométrie, nous nous sommes bornés à ne donner que l'énoncé des résultats obtenus par des considérations mathématiques trop élevées pour être comprises par tous les lecteurs. Cependant, pour abréger, nous n'avons pas cru devoir rejeter les signes algébriques, pour indiquer des opérations arithmétiques, parce qu'il est bon d'ailleurs que les praticiens s'en rendent l'usage familier. Nos lecteurs en trou-

veront l'explication immédiatement après cette courte introduction.

Bien qu'il soit facile de se rendre compte de l'ensemble de notre Manuel par la seule inspection de la Table des matières, nous dirons quelques mots du plan que nous avons adopté pour cette nouvelle édition.

Nous entrons en matière par un résumé complet des notions de la géométrie élémentaire, suivies de quelques définitions sur la géométrie descriptive, science pratiquée de tout temps par les charpentiers, et dont nous ne saurions trop leur recommander l'étude. Nous avons pensé que ces notions devaient trouver place ici, parce qu'il est indispensable de posséder les connaissances qu'elles renferment, pour lire avec fruit cet ouvrage; mais nous les avons simplifiées autant que possible, en nous bornant à l'exposition des principales propriétés des figures de géométrie : cependant, nous y avons ajouté un grand nombre d'applications au dessin géométrique et au tracé des figures sur le terrain.

Ce premier chapitre est suivi de considérations générales sur les diverses espèces de bois et sur leurs différentes qualités. Nous avons donné aussi quelques notions sur leur abatage, leur dessiccation, leur conservation, etc.

Viennent ensuite les chapitres consacrés à la résistance ou à la force des bois et des assemblages, dans les différentes positions où ils peuvent se trouver placés. Cette partie de notre Manuel a été traitée d'une manière assez étendue, pour ne rien laisser à désirer sur cette branche si importante de l'art de la charpenterie. Nous avons insisté sur ce que, dans les constructions, la condition d'une solidité durable exige qu'on ne calcule pas la résistance des bois, en les considérant dans l'état qui précède immédiatement la rupture, mais, au contraire, lorsqu'ils n'ont pu prendre encore qu'une flexion qui ne soit pas assez grande pour altérer sensiblement leur élasticité.

Ici se termine notre premier volume, qui est presque entièrement consacré à la théorie. Le second, au contraire, traite des divers travaux de charpente en bois et en fer, tels que les pans de bois, les planchers, les escaliers, les combles, les cintres, les étais, les échafaudages, les ponts en charpente, les portes d'écluses, etc. Ce qui distingue cette édition des précédentes, c'est surtout la charpente en fer qui y a été ajoutée, ainsi que les travaux de même nature que le charpentier exécute souvent, tels que les planchers en fer et les pans de fer, fort employés depuis quelque temps dans la construction.

Ces divers travaux ont été décrits avec toute l'étendue que pouvait comporter le cadre de cet ouvrage, et leurs dimensions ont été déterminées d'après le degré de résistance qu'ils doivent opposer. Les procédés graphiques servant au tracé des épures ont été rigoureusement indiqués; enfin nous avons donné tout ce qui est nécessaire pour en faire l'application immédiate, sans avoir recours à d'autres traités.

Le nombre des planches, déjà très considérable dans la dernière édition, a encore été augmenté dans celle-ci, et les figures qu'elles contiennent ont été dessinées avec un soin tout particulier, parce que nous sommes convaincus que ce qui parle aux yeux est préférable aux dissertations. Dans un ouvrage de technologie, des figures correctement dessinées sont au moins aussi utiles qu'un texte, celui-ci ne devant en être, comparativement aux figures, qu'un complément : complément, il est vrai, souvent indispensable pour dire ce qui ne peut être qu'imparfaitement exprimé par un tracé graphique.

Cependant on doit comprendre que dans un cadre aussi restreint, avec des planches aussi exiguës que celles qui composent notre Atlas, il nous était physiquement impossible de représenter tous les détails relatifs à la pratique de la charpente. C'est d'ailleurs dans un ouvrage spécial que doivent être minutieusement consignés tous les moyens pratiques employés pour le tracé détaillé des

épures, pour le piquage des bois, pour la coupe des pièces qui doivent être employées, etc., etc. Nous renvoyons donc le lecteur aux deux traités que nous avons composés pour servir de guides aux charpentiers maîtres, ainsi qu'aux appareilleurs. Dans l'un, le *Vignole du Charpentier*, il trouvera tout ce que le charpentier doit savoir pour confectionner les diverses pièces dont il peut avoir besoin. Dans l'autre, le *Manuel de la Construction des escaliers en bois*, il trouvera tous les détails relatifs à la construction des escaliers en bois, travail excessivement varié, qui mérite une étude toute spéciale de la part des ouvriers qui s'en occupent. Ces deux ouvrages sont accompagnés d'Atlas dessinés et gravés avec le plus grand soin.

Cette édition, ainsi que les précédentes, se termine par un Vocabulaire donnant la véritable signification de certains mots et de certaines locutions dont se servent les ouvriers en bâtiment et spécialement les charpentiers.

EXPLICATION DES SIGNES ALGÈBRIQUES

Le signe $+$ marque l'addition et se prononce *plus*. Au lieu d'écrire 5 plus 4, on écrit $5 + 4$.

Le signe $-$ indique la soustraction et se prononce *moins*. Au lieu d'écrire 5 moins 3, on écrit $5 - 3$.

Le signe \times marque la multiplication et se prononce *multiplié par*. Au lieu d'écrire 5 multiplié par 3, on écrit 5×3 .

Le signe $-$ placé entre deux nombres écrits l'un au-dessous de l'autre marque la division et se prononce *divisé par*. Au lieu d'écrire 12 divisé par 4, on écrit

$$\frac{12}{4}$$

Le signe $=$ marque que le nombre placé à gauche est égal au nombre placé à droite : il se prononce *est égal à*. Au lieu d'écrire 5 + 7 est égal à 8 + 4, on écrit $5 + 7 = 8 + 4$.

Pour marquer qu'un nombre doit être élevé au carré ou au cube, on écrit le chiffre 2 ou 3 au-dessus de ce nombre, un peu vers la droite. Au lieu d'écrire le carré de 12, on écrit 12^2 . Au lieu d'écrire le cube de 12, on écrit 12^3 .

Nota. — Quand les nombres sont exprimés par des lettres, il est permis de supprimer le signe de multiplication entre les lettres.

NOUVEAU MANUEL COMPLET
DU
CHARPENTIER

TOME PREMIER

CHAPITRE PREMIER

Principes géométriques

SOMMAIRE. — I. Géométrie élémentaire. — II. Art du trait. — III. Notions de géométrie descriptive.

I. GÉOMÉTRIE ÉLÉMENTAIRE

Premières notions

La *géométrie* est la science de l'étendue.

L'*étendue* dans les corps a trois dimensions. Les deux premières sont : la *longueur* et la *largeur*. La troisième s'appelle *épaisseur*, *hauteur* ou *profondeur*, selon la nature du corps que l'on considère.

La *surface* d'un corps n'a pas d'épaisseur. Quand une règle peut exactement s'y appliquer dans toutes

les positions imaginables, c'est une *surface plane* ou un *plan*.

Toute partie d'une surface qui n'est pas plane est une *surface courbe*. Il y a une infinité de surfaces courbes différentes; mais on ne s'occupe guère en géométrie que du petit nombre de celles qu'on peut définir.

De même qu'il existe deux sortes de surfaces, il existe aussi deux sortes de lignes : la *ligne droite* $a b$ (fig. 1, planche d'introduction) et la *ligne courbe* $a m n b$ (même figure).

On appelle *ligne droite* le plus court chemin d'un point à un autre. On nomme au contraire *ligne courbe* toute ligne qui n'est ni droite, ni composée de lignes droites.

Une ligne *polygonale* ou *brisée* est celle qui se compose de plusieurs droites qui se succèdent dans des directions différentes.

Une courbe peut être regardée comme une ligne polygonale composée de droites d'une petitesse indéfinie.

Qu'elle soit droite, ou courbe, ou brisée, une ligne n'a jamais qu'une seule dimension : la longueur.

Deux droites $c a$, $a b$ (fig. 2) qui partent d'un point a dans des conditions différentes, y forment ce que l'on appelle un *angle*, dont elles sont les deux côtés : leur point de rencontre ou de départ a est ce que l'on appelle le sommet de l'angle.

La *grandeur d'un angle* ne dépend que de l'écartement des côtés, qu'on peut toujours supposer d'une longueur indéfinie.

Quand plusieurs angles ont leur sommet au

même point, on les distingue par des numéros ou par des lettres que l'on place entre les côtés; quelquefois aussi on les désigne au moyen de trois lettres, dont celle du sommet doit occuper le milieu. De cette manière, l'angle n° 1 (fig. 3) se nommera *a o d*, ou bien *d o a*, et il en sera de même pour les trois autres.

Quand deux droites se coupent (fig. 3), elles forment évidemment quatre angles, dont les *opposés* 1 et 3 *sont égaux*. Il en est de même des angles 2 et 4.

S'il arrive à l'un des angles d'être égal à son voisin, qu'on appelle aussi son *adjacent*, les quatre angles de la figure sont égaux, et les droites sont dites *perpendiculaires* l'une à l'autre.

Deux droites qui se coupent sans être perpendiculaires l'une à l'autre se coupent *obliquement*, et les angles qu'elles forment ne sont plus égaux qu'alternativement, le premier au troisième, et le second au quatrième.

On distingue trois sortes d'angles :

L'angle droit, l'angle aigu et l'angle obtus.

Un *angle droit* est celui qui est formé par deux droites perpendiculaires l'une à l'autre. Tel est l'angle K (fig. 4).

Un *angle aigu* est celui qui est moins ouvert qu'un droit. Tel est l'angle L (fig. 5).

Un *angle obtus* est celui qui est plus ouvert qu'un droit. Tel est l'angle M (fig. 6).

L'angle droit est l'unité d'angle : on le subdivise en 90 *degrés*, qui se divisent chacun en 60 *minutes*, et chacune de ces 60 minutes se subdivise en 60 *secondes*.

Pour indiquer qu'un angle X contient 45 degrés plus 48 minutes plus 25 secondes, on écrit :

$$X = 45^{\circ} 48' 25''$$

Quand une droite ab tombe perpendiculairement sur une autre, chacun des angles adjacents 1 et 2 égale 90° : donc la somme des deux angles $= 180^{\circ}$ (fig. 7).

Quand la droite ab tombe obliquement sur cd , comme dans la figure 8, ce que l'angle aigu abc a de degrés de moins que 90 , son adjacent abd les a de plus que 90 ; ainsi encore dans ce cas, la somme des deux angles adjacents est égale à celle de deux droits ou à 180° .

Quand on connaît la valeur d'un angle, on peut donc aisément avoir celle de son adjacent.

Deux angles sont supplémentaires l'un de l'autre, quand leur somme $= 180^{\circ}$: le supplément d'un angle de $28^{\circ}47'$ est de $180^{\circ} - (28^{\circ}47')$ ou $151^{\circ}53'$.

La somme de tous les angles que l'on peut former sur un plan autour d'un point est invariablement égale à 360° ou 4 angles droits.

L'excès d'un droit ou de 90° sur un angle aigu est le complément de cet angle : l'excès d'un angle obtus sur un droit est le complément (*soustractif*) de cet angle obtus.

On appelle *triangle* une surface plane terminée par trois droites se coupant deux à deux.

Si les trois côtés sont égaux, le triangle est *équilatéral*, tel est abc (fig. 9).

Dans un triangle quelconque, la somme des trois angles $= 180^{\circ}$ ou 2 droits.

Dans le triangle équilatéral, chaque angle vaut donc 60° ou $\frac{2 \text{ droits}}{3}$ ou $\frac{2}{3}$ d'un angle droit.

Si deux côtés seulement sont égaux, le triangle est *isocèle* (fig. 10).

Dans un triangle isocèle, les angles opposés aux côtés égaux sont égaux, et la droite qui joint le sommet au milieu de la base, après avoir divisé l'angle du sommet en deux parties égales, tombe perpendiculairement sur la base.

Un triangle dont les trois côtés sont inégaux se nomme *scalène* : tel est abc (fig. 11).

Dans un triangle scalène, l'ordre de grandeur des côtés se retrouve dans l'ordre de grandeur des angles opposés.

En général, dans tout triangle, à un angle égal est opposé un côté égal ; à un angle plus grand, un côté plus grand ; à un angle petit, un côté plus petit ; et réciproquement.

Un triangle dont un angle est droit s'appelle *triangle rectangle*. Tel est bac (fig. 12) ; le côté bc qui est opposé à l'angle droit est ce que l'on appelle l'*hypothénuse* du triangle rectangle.

Les deux angles aigus d'un triangle rectangle valent ensemble 1 droit ou 90° ; chacun d'eux est donc le complément de l'autre ; ainsi $b = 90^\circ - c$ et $c = 90^\circ - b$.

Deux triangles quelconques sont égaux :

1° Quand ils ont leurs trois côtés respectivement égaux ;

2° Quand ils ont deux côtés respectivement égaux et que l'angle compris par les côtés du pre-

mier est égal à l'angle compris par les côtés du second ;

3° Quand ils ont un côté égal compris entre deux angles respectivement égaux ;

4° Quand ils sont rectangles, et qu'ils ont l'hypothénuse égale et un côté de l'angle droit égal.

Lorsque deux triangles ont deux côtés respectivement égaux, si l'angle compris par les côtés du premier est plus grand que l'angle compris entre les côtés du second, le troisième côté du premier triangle est plus grand que le troisième côté du second.

Si d'un point o (fig. 13), pris hors d'une droite ab , on mène une perpendiculaire et différentes obliques :

1° La perpendiculaire oi est moindre que chacune des obliques ;

2° Deux obliques cm et on dont les pieds m et n sont à une égale distance du pied i de la perpendiculaire, sont deux obliques de même longueur ;

3° De deux obliques op et om ou bien op et on dont les pieds s'écartent inégalement de la perpendiculaire, celle dont le pied s'en écarte le plus est la plus longue.

Si l'on élève une perpendiculaire indéfinie ab (fig. 14) sur le milieu i d'une droite cd , cette perpendiculaire est le lieu de tous les points du plan qui sont à une égale distance des deux extrémités c et d de la droite cd .

La ligne qui divise un angle en deux parties égales est pareillement le lieu des points également distants des deux côtés de l'angle.

On nomme *parallèles*, deux droites qui, quoique

situées sur un même plan, ne se rencontrent jamais.

Si du point o (fig. 15) on mène oi perpendiculairement sur ab ; puis mn perpendiculairement à oi , les deux lignes mn et ab sont parallèles.

On reconnaît deux parallèles à ce qu'une droite oi perpendiculaire à l'une, est aussi perpendiculaire à l'autre.

Quand on mène une sécante ou transversale (fig. 16) à travers deux parallèles, les quatre angles aigus a, b, c, d sont égaux, et il en est de même des quatre angles obtus leurs voisins.

On reconnaîtra donc le parallélisme de deux droites :

1° A l'égalité de deux angles *correspondants* comme c et a ;

2° A l'égalité de deux angles *alternes internes* comme c et b ;

3° A l'égalité de deux angles *alternes externes* comme a et d ;

4° A l'égalité de la somme de deux internes du même côté, $b + x$ par exemple, avec celle de deux droits ou 180° .

Deux angles sont égaux lorsque leurs côtés sont respectivement parallèles et qu'ils ont leur ouverture dans le même sens, ou dans le sens tout à fait inverse.

Deux angles de la même espèce, c'est-à-dire aigus tous deux, ou obtus tous deux, sont encore égaux quand ils ont leurs côtés respectivement perpendiculaires.

Les parties ab, cd de deux parallèles (fig. 17) comprises entre deux parallèles mn, pq sont égales

entre elles, et comme ces lignes pourraient être perpendiculaires aux droites mn et pq , on voit que deux parallèles sont partout également distantes.

Si, par les sommets d'une ligne polygone $ABCDEF$ on mène les droites Aa, Bb, Cc, Dd, Ee, Ff , égales et parallèles, les extrémités a, b, c, d, e, f déterminent une ligne égale en tout à la ligne $ABCDEF$.

Il est facile de comprendre qu'en multipliant suffisamment le nombre des parallèles on pourra utiliser cette observation pour reproduire une ligne ou une figure quelconque à côté d'elle-même.

Figures ayant plus de trois côtés. — Les figures réctilignes ayant plus de trois côtés se nomment en général *polygones*. Cependant on emploie plus généralement le nom de *quadrilatère* pour indiquer les figures de quatre côtés. On se sert également des mots *pentagone, hexagone, octogone, décagone*, etc., pour indiquer abrégativement les polygones de cinq, de six, de huit et dix côtés.

On appelle *périmètre* l'ensemble de tous les côtés d'un polygone, et *diagonale*, toute droite qui unit deux sommets non contigus.

On décompose un polygone en autant de triangles qu'il a de côtés, en joignant un point intérieur avec chacun des sommets; et en autant de triangles qu'il y a de côtés moins deux, quand on joint un de ses sommets à tous les autres non contigus.

La somme de tous les angles d'un polygone s'obtient en multipliant deux droits ou 180° par le nombre des côtés moins deux; ainsi, la somme des angles est de 4 droits dans le quadrilatère; elle est

de 6 droits dans le pentagone; de 8 droits dans l'hexagone, etc.

Un quadrilatère se nomme *trapèze*, quand il n'a que deux côtés parallèles, et *parallélogramme*, quand il a les côtés parallèles deux à deux. Les côtés parallèles d'un trapèze en sont les *bases*, et leur perpendiculaire commune, la *hauteur*. Dans le parallélogramme, on nomme *base* indistinctement, un des côtés, et *hauteur* la perpendiculaire abaissée de l'un quelconque des trois sommets sur le côté opposé pris pour base. La hauteur d'un triangle tombe quelquefois, hors du triangle, sur la base prolongée.

Dans tout parallélogramme, les côtés et les angles opposés sont égaux deux à deux, et les diagonales se coupent mutuellement en deux parties égales.

Un quadrilatère est un parallélogramme, quand il a deux côtés égaux et parallèles, ou bien lorsque chaque côté est égal à son opposé.

Un parallélogramme se nomme *rhombe* ou *losange*, lorsque ses côtés sont tous égaux; *rectangle*, quand ses angles sont droits, et *carré* quand ses quatre côtés sont égaux et que ses quatre angles sont droits.

Du cercle et des polygones réguliers. — On appelle *circonférence de cercle*, une ligne courbe dont tous les points sont également distants d'un point intérieur appelé *centre*. On nomme *rayon*, la distance d'un point quelconque de la circonférence au centre; *corde*, la distance d'un point quelconque de la circonférence à un autre point de la même ligne; *diamètre*, toute corde qui passe par le centre; *sé-*

cante, toute corde prolongée hors du cercle; *arc*, une partie quelconque de la circonférence; *quadrant*, la quatrième partie ou le quart de la circonférence; *degré*, la 90^e partie d'un quadrant; *minute*, la 60^e partie d'un degré; *seconde*, la 60^e partie d'une minute, etc. Ce sont enfin les mêmes subdivisions pour le quadrant que pour l'angle droit.

Tout diamètre divise la circonférence en deux arcs égaux et la surface du cercle en deux parties égales.

Lorsque deux arcs sont égaux, leurs cordes sont égales; et lorsque deux arcs de même espèce et de même rayon sont inégaux, le plus grand arc est sous-tendu par la plus grande corde. Il suit de là que deux arcs de même espèce et de même rayon sont toujours égaux, quand ils sont sous-tendus par des cordes égales.

La droite qui joint le centre d'un cercle avec le milieu d'une corde est toujours perpendiculaire à la corde; elle divise l'arc sous-tendu en deux parties égales, et est quelquefois appelée *apothème* de la corde; c'est sur elle que se mesure la distance de la corde au centre.

Les cordes égales sont également distantes du centre et réciproquement. Les plus grandes cordes sont plus près du centre que les plus petites.

Une perpendiculaire à l'extrémité d'un rayon est une tangente à la circonférence.

Deux cercles se touchent quand la tangente à l'un est aussi tangente à l'autre : il suit de là que quand deux cercles se touchent, les deux centres et le point de contact sont en ligne droite. Si les cercles se touchent en dehors, la distance des centres

est égale à la somme des deux rayons : quand les cercles se touchent en dedans, la distance des centres est égale à la différence des rayons.

Deux cordes parallèles interceptent sur la circonférence des arcs égaux. Quand une corde et une tangente sont parallèles, le point de contact de la tangente est à égale distance des extrémités de la corde. Enfin, quand deux tangentes sont parallèles, les deux points de contact sont diamétralement opposés.

L'angle de deux rayons a pour mesure l'arc compris entre ses côtés, c'est-à-dire le rapport de cet arc au quadrant. Si l'arc vaut les $\frac{3}{4}$ du quadrant, l'angle vaut les $\frac{3}{4}$ d'un droit; si l'arc vaut $15^{\circ}8$, l'angle vaut $13^{\circ}8$, etc.

L'angle formé par deux cordes et dont le sommet est sur la circonférence, se nomme *angle inscrit*; il a pour mesure la moitié de l'arc compris entre ses côtés. Si l'arc vaut 40° , l'angle en vaut 20 . Tous les angles inscrits dans le même arc sont égaux, et ils sont droits quand cet arc est égal à une demi-circonférence.

Un angle formé par une corde avec une tangente menée à l'une de ses deux extrémités a pareillement pour mesure la moitié de l'arc compris entre ses côtés.

Toutes les fois qu'un polygone a tous ses sommets sur la circonférence d'un cercle, on l'appelle polygone inscrit : le cercle s'appelle alors cercle circonscrit.

Si les sommets d'un polygone divisent une circonférence en parties égales, ce *polygone est régulier*.

lier, c'est-à-dire qu'il a ses angles égaux et ses côtés égaux.

Pour obtenir un polygone régulier, il suffit donc de diviser une circonférence en autant de parties égales que le polygone doit avoir de côtés ; et cela peut toujours se faire par tâtonnement.

Lorsqu'un polygone est régulier et qu'on fait passer une circonférence par trois sommets consécutifs, cette circonférence passe par tous les autres sommets du polygone régulier, qui se trouve alors inscrit dans le cercle.

Si du centre du cercle, qu'on nomme aussi centre du polygone, on mène une perpendiculaire sur le milieu d'un des côtés et que l'on trace un nouveau cercle ayant pour rayon cette perpendiculaire, le nouveau cercle touchera les milieux de tous les côtés du polygone qui sera circonscrit au nouveau cercle.

Un polygone est donc inscriptible et circonscriptible. Les droites menées du centre d'un polygone à ses sommets en sont les rayons, et celles qui vont du centre au milieu des côtés en sont les apothèmes.

L'angle formé par deux rayons consécutifs est l'*angle au centre du polygone* ; sa valeur s'obtient en divisant 360° par le nombre des côtés. Dans le triangle il vaut donc $\frac{360^\circ}{3}$ ou 120 ; dans le carré, $\frac{360^\circ}{4}$ ou 90° ; dans le pentagone $\frac{360^\circ}{5}$ ou 72° ; dans l'hexagone, $\frac{360^\circ}{6}$ ou 60 , etc.

Mesure et comparaison des lignes et des surfaces

Mesurer une surface, c'est chercher combien de fois elle contient le carré de l'une des lignes qui servent à mesurer les longueurs : le résultat de l'opération est ce que l'on appelle l'*aire* de la figure mesurée.

L'aire d'un rectangle s'obtient en multipliant le nombre qui mesure la base, par le nombre qui mesure la hauteur.

Exemple : La base = 341 centimètres;
La hauteur = 228 centimètres;

L'aire ou la surface = 341×228 ou 77748 centimètres carrés ou encore 7 mètres, 77 décimètres, 48 centimètres carrés; puisque les mesures carrées sont de 100 en 100 fois plus grandes ou plus petites, selon la manière dont on les compare.

L'aire d'un carré est égale à la deuxième puissance, ou, comme on dit aussi, au carré du nombre qui mesure un de ses côtés.

Exemple : Le côté d'un carré = 54 décimètres; l'aire du carré, sa surface = $(54)^2$ ou 54×54 ou 2916 décimètres carrés, c'est-à-dire 29 mètres carrés, 16 décimètres carrés.

L'aire d'un parallélogramme s'obtient en multipliant le nombre qui mesure sa base, par celui qui mesure la perpendiculaire qu'on appelle hauteur.

Soit la base $B = 4^m5$ et la hauteur $H = 2.3$; l'aire = $B \times H$, c'est-à-dire 4.5×2.3 ou 10^m35 , autrement dit 10 mètres carrés, 35 décimètres carrés, et non centimètres carrés, si l'on a bien compris l'observation précédemment faite, que les subdivi-

sions du mètre carré sont de 100 en 100 fois plus petites.

L'aire d'un triangle s'obtient en prenant la moitié du produit des nombres qui mesurent la base et la hauteur.

Exemple : $B = 13$ mètres; $H = 5$ mètres; l'aire $A = \frac{13 \times 5}{2} = 32^m5$, c'est-à-dire 32 mètres carrés 50 décimètres carrés.

L'aire d'un trapèze s'obtient en multipliant la demi-somme des nombres mesurant les deux bases, par le nombre qui mesure la hauteur.

Soit la grande base $B = 12$ mètres; la petite base $b = 8$ mètres, et la hauteur $H = 7$; l'aire $A = \frac{B+b}{2} \times H$ ou $\frac{12+8}{2} \times 7 = 70$; le trapèze contient donc 70 mètres carrés.

L'aire d'un polygone s'obtient en le décomposant en triangles que l'on additionne, ou bien encore en tirant une diagonale d'un sommet au sommet le plus éloigné, et en abaissant sur cette ligne une perpendiculaire de chacun des autres sommets B, C, D, F, G (fig. 19). On multiplie alors, pour chaque parcelle de la figure, la demi-somme des perpendiculaires par leur écartement; de cette manière on a :

$$\text{Pour la parcelle II, l'aire} = \frac{Bb + Cc}{2} \times bc;$$

$$\text{Pour la parcelle III, l'aire} = \frac{Cc + Dd}{2} \times cd;$$

$$\text{Pour la parcelle VI, l'aire} = \frac{Gg + Ff}{2} \times gf.$$

Pour les parcelles I, IV, V, VII, il faut regarder comme nulles les perpendiculaires abaissées de A et de E sur A G ; alors on a pour ces parcelles triangulaires :

$$\text{L'aire de la parcelle I. . .} = \frac{a + Bb}{2} \times A b;$$

$$\text{L'aire de la parcelle IV. . .} = \frac{Dd + a}{2} \times dE;$$

et de même pour les deux autres.

Toutes les parcelles mesurées ainsi, d'après la même règle, comme si toutes étaient des trapèzes, il ne reste plus qu'à faire l'addition de leurs aires.

On emploie le même procédé pour avoir l'aire de la figure formée par une droite et une courbe qui se terminent aux mêmes extrémités ; mais il faut alors, pour avoir une approximation convenable, multiplier les perpendiculaires au point que les arcs compris entre les points successifs d'où on les abaisse puissent, sans trop d'erreur, être regardés comme des lignes droites.

Pour avoir l'aire d'un polygone régulier, on multiplie le périmètre par l'apothème, et l'on prend la moitié du produit.

Pour avoir l'aire d'un cercle, on multiplie la circonférence par le rayon, et l'on prend la moitié du produit. Mieux encore, on multiplie le carré du rayon par le nombre décimal 3.1415927, dont on ne conserve que 2 ou 4 décimales quand le calcul n'exige pas une très grande précision.

Ce nombre décimal, que l'on remplace quelquefois par $\frac{22}{7}$ dans les calculs qui n'ont pas besoin d'une grande exactitude, est la valeur invariable

du rapport de la circonférence d'un cercle à son diamètre : c'est par lui, le nombre 3.1415926, que le double du rayon doit être multiplié pour avoir la mesure de la circonférence.

Il résulte des deux paragraphes précédents qu'en désignant le nombre 3.1415926 par la lettre π (prononcez *pi*), la mesure du rayon par la lettre R, celle de la circonférence par C et celle de la surface par S, on pourra exprimer abrégativement les deux règles précédentes par les deux formules :

$$C = 2 R \times \pi \qquad S = R^2 \times \pi$$

La longueur d'un arc, dont on connaît la graduation, s'obtient en multipliant la circonférence entière par la graduation de l'arc et en divisant le produit par la graduation correspondante de la circonférence. Si l'arc avait 22°, on multiplierait la circonférence par 22 et on diviserait le produit par 360, puisqu'il y a 360° dans la circonférence.

On appelle *secteur* la partie d'un cercle comprise entre deux rayons et l'arc qu'ils interceptent.

Pour avoir l'aire d'un secteur, on multiplie la surface entière du cercle par la graduation de l'angle de ses deux rayons, et on divise le produit par la graduation de quatre angles droits, c'est-à-dire par 360°, si l'angle est exprimé en degrés, et par le nombre 60 fois plus grand, si l'angle est exprimé en minutes.

On nomme *segment* l'espace compris entre un arc et sa corde. Cette figure est facile à évaluer, puisque c'est la différence entre un secteur et le triangle isocèle formé par les mêmes rayons.

L'espace compris entre deux circonférences con-

centriques est la différence entre deux cercles que l'on peut mesurer facilement.

Deux lignes sont proportionnelles à deux autres quand le rapport des nombres qui mesurent les deux premières est égal au rapport de ceux qui mesurent les deux autres. Les lignes proportionnelles ont toutes les propriétés des nombres proportionnels.

Toute ligne $O I$ (fig. 20) parallèle à un côté d'un triangle divise les deux autres côtés en segments proportionnels, c'est-à-dire que les quatre lignes $A O$, $O B$, $A I$ et $I C$ étant mesurées, les quatre nombres obtenus donnent la proportion numérique

$\frac{A O}{O B} = \frac{A I}{I C}$ (prononcez $A O$ divisé par $O B$ égale $A I$ divisé par $I C$, ou $A O$ sur $O B$ égale $A I$ sur $I C$).

On nomme *polygones semblables* ceux dont les côtés correspondants sont proportionnels et dont les angles homologues sont égaux. Pour que deux quadrilatères, que nous appellerons $A B C D$ et $a b c d$, soient semblables, il faut donc que l'on ait $\frac{A B}{a b} = \frac{B C}{b c} = \frac{C D}{c d} = \frac{D A}{d a}$ et que l'angle $A = a$, l'angle $B = b$, l'angle $C = c$, et l'angle $D = d$.

Deux triangles sont semblables quand ils sont équiangles entre eux; quand ils ont un angle égal compris entre des côtés proportionnels, et enfin quand ils ont tous leurs côtés proportionnels.

Il suit de là que deux triangles sont semblables : quand ils ont leurs côtés respectivement parallèles; quand ils les ont respectivement perpendiculaires; quand ils ont deux de leurs trois angles

respectivement égaux ; quand, étant rectangles, ils ont un angle aigu égal ; quand, étant isocèles, ils ont des angles égaux à leur sommet.

Si du sommet a de l'angle droit d'un triangle rectangle abc (fig. 21), on mène, sur l'hypothénuse, une perpendiculaire ao :

1° Les deux triangles partiels sont semblables au triangle entier, et, partant, semblables entre eux, quoique différemment placés par rapport au grand.

2° Le carré du nombre qui mesure la perpendiculaire est égal au produit des nombres qui mesurent les deux segments bo et co , c'est-à-dire que $\overline{ao}^2 = bo \times co$. Si $bo = 7$ mètres, que co égalât 13 mètres, on trouverait que $\overline{ao}^2 = 7 \times 13$ ou 91 ; d'où $ao = \sqrt{91} = 9.59$, c'est-à-dire 9 mètres 60 centimètres, approximativement.

3° Chaque carré d'un des côtés de l'angle droit est égal au produit de l'hypothénuse multipliée par le segment adjacent au côté que l'on considère. On a donc ici $\overline{ab}^2 = bc \times bo$ et $\overline{ac}^2 = bc \times co$, ou en mettant les nombres : $\overline{ab}^2 = 20 \times 7 = 140$, puis $\overline{ac}^2 = 20 \times 13 = 260$; de là $ab = \sqrt{140}$ et $ac = \sqrt{260}$, quantités bien faciles à calculer.

4° Et ceci est beaucoup plus important. Le carré fait sur le nombre qui mesure l'hypothénuse est égal à la somme des carrés des deux nombres qui servent de mesure aux côtés de l'angle droit. On a donc ici $\overline{ab}^2 + \overline{ac}^2 = \overline{bc}^2$, d'où $\overline{ab}^2 = \overline{bc}^2 - \overline{ac}^2$ et aussi $\overline{ac}^2 = \overline{bc}^2 - \overline{ab}^2$; ce qui prouve que quand on connaît deux des trois côtés d'un triangle rec-

tangle, on peut aisément trouver le troisième, quand on sait extraire une racine carrée.

Lorsque l'un des côtés d'un triangle est aigu, le carré du côté opposé s'obtient en ôtant de la somme des carrés des côtés de l'angle deux fois le produit de l'un de ses côtés par la projection de l'autre sur lui. Si l'angle était obtus, ce double produit, au lieu d'être retranché, devrait être ajouté à la somme des deux carrés de l'angle obtus.

Deux polygones formés d'un même nombre de triangles semblables et disposés de même sont deux polygones semblables.

Les polygones semblables ont leurs périmètres proportionnels à leurs côtés : ceux qui sont réguliers ont leurs périmètres proportionnels à leurs rayons. Les circonférences des cercles sont aussi dans le même rapport que leurs rayons ou que leurs diamètres.

Les rectangles, ou parallélogrammes de même base, sont comme leurs hauteurs : ceux de même hauteur sont comme leurs bases. Deux triangles qui seraient dans ces deux mêmes cas jouissent des mêmes propriétés.

Toutes les figures semblables ont leurs aires comme les carrés des nombres qui mesurent leurs lignes homologues.

Quand deux cordes se coupent dans un cercle, le produit des segments de l'une est égal au produit des segments de l'autre.

Si d'un point pris hors d'un cercle, on mène une tangente et une sécante quelconque, le produit de la sécante par sa partie hors du cercle est invariablement égal au carré de la tangente.

De l'avant-dernière propriété résulte enfin que le carré de toute perpendiculaire MP (fig. 22) comprise entre un diamètre AB et l'un ou l'autre des deux points correspondants M ou M' de la circonférence, est toujours égal au produit des deux segments du diamètre; car, puisque $MP = M'P$ et que $MP \times M'P = AP \times PB$, on voit que $\overline{M'P}^2 = AP \times PB$; ce qu'il fallait démontrer. Ceci est une des propriétés caractéristiques du cercle, qu'il est bon de ne pas oublier.

Lignes et plans dans l'espace

L'intersection de deux plans est toujours une ligne droite : car dès que deux plans ont trois points communs, non en ligne droite, ils coïncident ou se confondent dans toute leur étendue : trois points non en ligne droite, ou deux droites qui se coupent, ou deux droites qui sont parallèles déterminent donc la position d'un plan.

Une droite qui tombe sur un plan et qui est perpendiculaire à deux droites, passant par son pied dans le plan, est perpendiculaire à ce plan, c'est-à-dire qu'elle est perpendiculaire à toute droite qui passe par son pied dans le plan.

Une ligne est parallèle à un plan quand elle ne peut jamais rencontrer le plan, à quelque distance qu'on les prolonge, elle et lui. Toute droite qui est parallèle à une droite située dans un plan est parallèle à ce plan.

Quand d'un point pris hors du plan, on mène à ce plan une perpendiculaire et des obliques, cette perpendiculaire est plus courte que chacune des

obliques; les obliques dont les pieds sont à des distances égales du pied de la perpendiculaire, sont égales entre elles, et, de deux obliques inégalement éloignées à leurs pieds du pied de la perpendiculaire, celle-là est la plus longue qui s'en écarte le plus.

La perpendiculaire élevée au centre d'un cercle, sur le plan de cette figure, a chacun de ses points à une distance égale de tous les points de la circonférence; c'est ce que l'on appelle l'axe du cercle.

Si par le pied B d'une droite A B (fig. 23) perpendiculaire à un plan M N, on mène une perpendiculaire B O, sur une droite C D tracée dans le plan, et que l'on joigne le point O avec le point A, ou avec tout autre point de la droite A B, cette droite A O est perpendiculaire à la droite C D, qui elle-même est perpendiculaire au plan du triangle A B O.

Cette proposition sert à prouver que, quand deux droites sont parallèles, tout plan perpendiculaire à l'une est perpendiculaire à l'autre; que deux droites perpendiculaires à un même plan sont parallèles, et enfin, que deux droites parallèles à une troisième, sont parallèles entre elles.

Deux plans sont dits parallèles quand ils ne peuvent se rencontrer à quelque distance qu'on les prolonge. Pour que deux plans soient parallèles, il suffit qu'ils soient perpendiculaires à une même droite.

Quand deux plans sont parallèles, toute droite perpendiculaire à l'un est perpendiculaire à l'autre, et s'ils sont rencontrés par un troisième plan, leurs

intersections avec celui-ci sont des droites parallèles.

Deux droites parallèles, comprises entre deux plans parallèles, sont toujours égales. Si deux angles ont leurs côtés respectivement parallèles, ils sont égaux ou supplémentaires, et leurs plans sont parallèles entre eux; il en est de même de ceux des triangles égaux qui sont déterminés par les extrémités supérieures et inférieures de trois lignes égales et parallèles.

Angles polyèdres

On appelle angle dièdre, l'inclinaison de deux plans. Tout angle dièdre est mesuré par l'angle que forment entre elles deux droites menées dans chacun des plans nommés faces du dièdre, perpendiculairement à leur intersection et en un même point de cette ligne, qui est ce que l'on appelle l'arête du dièdre. Quand l'angle de ces lignes est droit, le dièdre est également droit, et les deux plans sont dits perpendiculaires l'un à l'autre.

Deux plans qui se traversent mutuellement offrent les mêmes propriétés que deux lignes qui se coupent; et deux plans parallèles, coupés par un troisième plan, ont pareillement toutes les propriétés de deux droites parallèles coupées par une transversale.

Pour que deux plans soient perpendiculaires, il suffit que l'un d'eux contienne une perpendiculaire à l'autre.

Si deux plans qui se coupent sont perpendiculaires à un troisième, celui-ci est perpendiculaire à l'intersection des deux autres.

On appelle angle solide ou angle polyèdre, l'espace indéfini compris entre plusieurs plans, qui se réunissent en un point, qui est le sommet de l'angle solide. Les intersections des plans d'un angle solide en sont les arêtes, et les angles des arêtes en sont les faces. Un angle solide à trois faces s'appelle angle trièdre. Dans tout angle solide à trois faces, chacun des angles appelé face est moindre que la somme des deux autres.

Deux angles trièdres qui ont les mêmes faces, ont leurs plans homologues également inclinés.

La somme des faces ou des angles plans d'un angle solide quelconque est toujours moindre que 360° , ou 4 droits.

Si l'on prolonge au delà du sommet toutes les arêtes d'un angle solide, ces droites prolongées forment un second angle, qui ne diffère du premier que par l'ordre inverse de ses faces; c'est ce que l'on appelle un angle symétrique du premier.

Le charpentier qui veut se faire une idée juste des opérations graphiques qui servent de base à la disposition et à la coupe des bois, doit avoir au moins la connaissance parfaite de la véritable signification de toutes les propositions rappelées ci-dessus, indispensables même à ceux qui possèdent déjà bien leurs éléments de géométrie.

Des polyèdres ou des corps terminés par des plans; propriétés principales des plus employés d'entre eux.

Un espace fermé en tous sens par plusieurs plans se nomme un polyèdre. Le polyèdre qui a le moins de faces en a quatre; on l'appelle tétraèdre.

On appelle prisme un polyèdre P (fig. 24) compris entre deux faces A B C D E, F G H I K qui sont opposées, égales et parallèles. Ces deux faces sont les bases du prisme qui prend la qualification de triangulaire, quadrangulaire, pentagonal, etc., selon que ses bases se nomment elles-mêmes triangles, quadrilatères, pentagones.

Un prisme (fig. 25) dont les bases sont des parallélogrammes est un parallélipède, qu'on appelle parallélipède rectangle quand toutes les faces sont des rectangles, et cube quand toutes les faces sont des carrés. Une poutre ordinaire est un parallélipède rectangle dont la longueur dépasse de beaucoup les deux autres dimensions.

Un parallélipède ou prisme s'appelle droit, quand ses arêtes sont perpendiculaires aux plans des bases. La hauteur du parallélipède ou du prisme peut alors se mesurer sur une de ses arêtes latérales. Quand le prisme ou parallélipède est oblique, il faut, pour avoir la hauteur, mener de l'un des points de la face supérieure une perpendiculaire sur la base parallèle.

Dans un parallélipède quelconque, les faces opposées sont égales et parallèles; les diagonales ont toutes leur milieu au même point; les angles solides opposés sont symétriques l'un de l'autre, et le plan A B C D ou tout autre qui serait mené par deux arêtes opposées, divise la figure en deux prismes triangulaires qui sont équivalents, quoique les faces de l'un soient disposées dans un ordre inverse des faces de l'autre.

Tout corps S A B C D (fig. 26) dont une des faces est un polygone quelconque et dont toutes les au-

tres sont des triangles ayant leur sommet au même point, est une pyramide. Le tétraèdre est donc une pyramide triangulaire. Les pyramides sont quadrangulaires ou polygonales, selon que leurs bases sont des quadrilatères ou des polygones. La perpendiculaire Si menée du sommet sur le plan de la base ou son prolongement, est ce que l'on appelle la hauteur.

Quand la base d'une pyramide est un polygone régulier et que la hauteur tombe au centre, les arêtes latérales sont égales, les triangles qui forment la surface convexe sont égaux et isocèles, et la pyramide s'appelle pyramide régulière.

Une pyramide est déterminée quand on connaît sa base, une face latérale et l'inclinaison de cette face sur le plan de cette face.

Un prisme ou parallépipède est déterminé dans le même cas.

Un parallépipède est encore déterminé quand on connaît les longueurs et les directions des trois arêtes qui aboutissent à un même sommet.

Toute section $abcde$ (fig. 24) faite dans un prisme par un plan parallèle à la base est un polygone égal à cette base.

Dans une pyramide $SABCD$ (fig. 26), la section $abcd$, parallèle à la base $ABCD$, est un polygone semblable à la base, et le plan de ce polygone divise les arêtes latérales ainsi que la hauteur en parties proportionnelles, c'est-à-dire que $\frac{Sa}{Aa}$,

$\frac{Sb}{bB}$, $\frac{Sc}{cC}$ et $\frac{Sd}{dD}$ sont des rapports égaux : il en

est de même des rapports $\frac{S a}{S A}$, $\frac{S b}{S B}$, $\frac{S c}{S C}$ et $\frac{S d}{S D}$

Le polyèdre $a b c d A B C D$ compris entre le plan sécant et la base, est ce que l'on appelle un tronc de pyramide à bases parallèles ou une pyramide tronquée.

Corps ronds élémentaires

La *sphère* (fig. 27), est un solide dans l'intérieur duquel se trouve un point qui est à une distance égale de tous les points de la surface. Toute droite, allant du centre de la sphère à un point de sa surface, est un rayon. Toute droite $A B$ qui a ses extrémités sur la surface est une corde. Toute corde $C O$ qui passe par le centre est un diamètre. Tous les diamètres sont égaux et doubles du rayon. Toute section $C O E$ faite dans la sphère au moyen d'un plan qui passe par le centre, est un grand cercle de même rayon que la sphère. Toute section faite par un plan qui ne passe pas par le centre est un petit cercle dont le rayon est d'autant plus petit que le plan sécant est à une distance plus grande du centre de la sphère.

Le diamètre $H K$, qui est perpendiculaire au plan d'un grand cercle $C O E$, en est ce que l'on appelle l'axe. L'axe d'un grand cercle $C O E$ est aussi l'axe de tout petit cercle qui est parallèle au grand cercle.

Les extrémités du diamètre, qui est l'axe d'un cercle grand ou petit, sont les deux *pôles* de ce cercle. Tous les points d'un cercle sur la sphère sont à une égale distance de chacun de ses pôles; aussi se sert-on du pôle d'un cercle comme centre,

quand on veut tracer un cercle sur une sphère.

L'angle BAC (fig. 28) de deux arcs de grands cercles AB , AC , qui se rencontrent en A sur une sphère, est l'angle DAE des tangentes menées en A aux deux arcs AB et AC , et, si sur les deux arcs on prend chacun des arcs AB et AC égal à un quart de circonférence, l'arc BC , qui est la mesure de l'angle des rayons OB et OC , sera aussi la mesure de l'angle curviligne BAC .

On appelle *fuseau* la partie $ABFCA$ de la surface d'une sphère qui se trouve comprise entre deux demi-circonférences de grands cercles terminées aux extrémités d'un diamètre AF . L'angle d'un fuseau est l'angle des arcs qui le terminent. Le rapport d'un fuseau à la surface de la sphère est donné par le rapport de son angle à 4 droits.

On nomme *onglet sphérique* la partie de la sphère qui est comprise entre deux demi-grands cercles et le fuseau qu'ils déterminent. Le rapport d'un onglet au volume entier de la sphère est donné par le rapport de l'angle du fuseau à 4 droits, ou encore par le rapport de l'arc BC à la circonférence dont cet arc fait partie.

On appelle *zone* la partie de surface d'une sphère (fig. 27) comprise entre les deux plans parallèles CEO , $A'FB$ qui la terminent. Quand l'un des plans est tangent à la sphère, la zone n'a qu'une base et se nomme *calotte sphérique*.

On nomme *segment sphérique* la partie de sphère comprise entre deux plans parallèles et la zone qu'ils déterminent. Les plans parallèles sont les deux bases du segment. Lorsqu'un des plans est tangent à la sphère, le segment n'a qu'une base.

La hauteur d'une zone ou d'un segment est la distance des deux plans parallèles qui déterminent la zone ou le segment.

Tout plan perpendiculaire à l'extrémité de l'un des rayons d'une sphère est tangent à cette sphère.

Quand deux sphères se coupent, l'intersection de leurs surfaces est une circonférence, dont le plan est perpendiculaire à la ligne des centres qui est l'axe indéfini de la section.

Du cylindre. — Le cylindre est le solide engendré par un rectangle $ABCD$ (fig. 29) qui fait une révolution entière autour de l'un de ces côtés. Le côté immobile AB est l'axe du cylindre. Les bases du cylindre sont les cercles parallèles décrits par les côtés AD , BC , qui sont perpendiculaires à l'axe. Le quatrième côté DC , qui tourne autour de l'axe, est la génératrice de la surface latérale du cylindre. L'axe du cylindre en est la hauteur. Le cylindre doit être regardé comme un prisme droit à base ronde.

On donne en général le nom de *surface cylindrique* à toute surface qu'engendrerait une génératrice indéfinie qui se mouvrait en restant parallèle à sa position primitive, tout en passant successivement par les différents points d'une ligne qui en dirigerait le mouvement, et que pour cela on appelle directrice.

Du cône. — Le cône est un solide engendré par un triangle BSC qui fait une révolution entière autour de l'un de ses côtés droits. Le côté immobile est l'axe du cône ou sa hauteur. Le cercle engendré par BC est la base du cône, et la surface engendrée par l'hypothénuse SC est la surface laté-

rale du cône ayant cette hypothénuse pour génératrice. Le cône doit être regardé comme une pyramide régulière à base ronde.

On donne en général le nom de *surface conique* à toute surface engendrée par une droite indéfinie qui tourne autour d'un point fixe S, en s'appuyant constamment sur une directrice quelconque. Les surfaces coniques, ainsi considérées, ont deux parties que l'on appelle nappes et qui sont symétriques par rapport au point S, centre des deux nappes.

Pour qu'un plan soit tangent à un cylindre ABCD (fig. 29), il faut qu'il contienne une génératrice EG ainsi que la tangente MN menée à la base du corps par le point E, pied de cette génératrice. Pour qu'un plan soit tangent à un cône SBC (fig. 30), il faut pareillement qu'il contienne à la fois une génératrice SE, ainsi que la droite MN menée, tangentielllement à la base, par le point E où cette base est rencontrée par la génératrice du contact.

Le cylindre et le cône sont deux solides de révolution. La sphère en est un troisième ; car on peut la supposer engendrée par un demi-cercle qui aurait fait une révolution entière autour de son diamètre comme axe.

Mesure et comparaison des corps

Mesurer un corps, c'est chercher combien de fois son étendue contient l'étendue du cube construit sur une arête égale à l'unité linéaire employée. Le résultat de l'opération est le *volume* du corps. Si, par exemple, un corps contient 12 fois la dixième

partie d'un mètre cube, le volume de ce corps sera exprimé par $\frac{12}{10}$ ou 1,2, c'est-à-dire que le corps en question contient un mètre cube, plus 2 dixièmes de ce cube, et comme chaque mètre cube vaut 1000 décimètres cubes, on pourra dire que le corps mesuré a un volume de 1200 décimètres cubes, si l'on veut exprimer tout en unités de la même espèce.

Quand le corps à mesurer est un parallépipède rectangle, ce qui est le cas le plus ordinaire, on obtient directement son volume en faisant le produit de ses trois dimensions. Quand le parallépipède n'est pas rectangle, on cherche l'aire de la base et l'on multiplie le nombre trouvé par la hauteur du parallépipède. Soit l'une des dimensions de la base = 2^m04 ; la seconde dimension = 2 mètres, et la hauteur = 7^m6, on aura pour l'aire A :

$$A = 2,04 \times 2 = 4,08,$$

et par suite on aura pour le volume V :

$$V = 4,08 \times 7,6 = 31,008,$$

c'est-à-dire 31 mètres cubes, 8 décimètres cubes.

Tous les prismes se mesurent comme les parallépipèdes, de sorte que V étant le volume d'un prisme, A l'aire de la base, et H la hauteur, on a toujours :

$$V = A \times H.$$

On peut prendre aussi pour mesure d'un parallépipède ou d'un prisme, le produit d'une arête par la surface de la *section droite* : on appelle ainsi

la section faite perpendiculairement à la direction des arêtes latérales.

Une pyramide quelconque a pour mesure le tiers du produit de sa base par sa hauteur.

Un prisme triangulaire tronqué a pour mesure le produit de sa section droite par le tiers de la somme des trois arêtes latérales.

Un parallépipède tronqué a pour mesure le produit de sa section droite par le quart de la somme de ses quatre arêtes latérales.

Quand une pyramide tronquée T a sa section b parallèle à sa base B , si on appelle H la hauteur du tronc, on a le volume T par la formule

$$T = \frac{H \times (B + b + \sqrt{B \times b})}{3}$$

cela tient à ce qu'un tronc de pyramide à bases parallèles équivaut toujours à trois pyramides de même hauteur que le tronc, et dont les bases seraient : la base inférieure B , la base supérieure b , et une base moyenne géométrique $\sqrt{B \times b}$ entre les deux bases du tronc.

Les pyramides, prismes ou parallépipèdes de même base, sont comme leurs hauteurs.

Les pyramides, prismes ou parallépipèdes de même hauteur, sont comme leurs bases.

Les corps semblables, c'est-à-dire ceux qui ont toutes leurs faces semblables et pareillement inclinées deux à deux, ont leurs volumes dans le rapport des cubes de leurs arêtes homologues. Leurs faces homologues sont seulement comme les carrés des mêmes arêtes.

Les corps qui ne sont ni des pyramides, ni des prismes, se décomposent en pyramides, ou prismes

tronqués, que l'on mesure isolément et que l'on additionne.

Surfaces et volumes des trois corps ronds

La surface convexe d'un cylindre est mesurée par la formule $S = 2\pi R \times G$, parce qu'elle équivaut à un rectangle ayant pour hauteur la génératrice G et pour base la longueur de la circonférence $2\pi R$ qui sert de base au corps.

La surface convexe d'un cône est mesurée par la formule $S = \frac{2\pi R \times G}{2}$, ou mieux $S = \pi R \times G$, parce que cette surface équivaut à un secteur dont le rayon serait G et dont l'arc vaudrait $2\pi R$.

La surface de la sphère est mesurée par la formule $S = 4\pi R^2$, parce qu'elle équivaut à 4 cercles de même diamètre.

Le volume d'un cylindre est exprimé par la formule $V = \pi R^2 \times H$ qui donne le produit de la base par la hauteur.

Le volume d'un cône considéré comme pyramide est donné par la formule

$$V = \frac{\pi R^2 \times H}{3}.$$

Si le cône est tronqué,

$$V = \frac{\pi H (R^2 + r^2 + R \times r)}{3}.$$

Le volume de la sphère est le produit de la surface multipliée par le tiers du rayon. On peut donc employer la formule $V = \frac{4\pi R^3}{3}$, ou mieux

$V = \frac{1}{6}$ de πD^3 , la lettre D représentant le diamètre.

Une zone a pour mesure sa hauteur multipliée par la circonférence de l'un des grands cercles de la sphère dont elle fait partie.

Un segment de sphère a pour mesure sa hauteur multipliée par la demi-somme de ses bases, plus le volume d'une sphère dont le diamètre serait égal à la hauteur du segment

$$V = \frac{\pi R^2 + \pi r^2}{2} \times H + \frac{1}{6} \pi H^3.$$

Opérations graphiques

Lorsqu'il s'agit de tracer une épure qui doit servir à la confection d'un ouvrage de charpente, on ne saurait donner trop d'exactitude à l'épure destinée à la confection des pièces qui devront être réunies et concourir à la formation d'un tout régulier. Les méthodes géométriques indispensables pour arriver à ce but peuvent se résumer dans les constructions suivantes.

Tracer une ligne droite. — Pour tirer une ligne droite, on se sert d'une règle sur le bord de laquelle on fait glisser un crayon, une plume ou tire-ligne, etc. L'instrument doit suivre le bord de la règle sans en être écarté ; car, dans le cas contraire, la ligne serait tortueuse et tremblée.

On peut s'assurer de l'exactitude d'une règle, en traçant d'abord une ligne, puis retournant cette règle bout pour bout, et l'appliquant le long de la ligne ; la règle doit, si elle est bonne, coïncider juste avec ce trait.

Si la ligne que l'on veut tirer est trop longue pour qu'il soit possible d'employer une règle, ce

qui arrive fréquemment dans le tracé des épures de maçonnerie, de charpente, etc.; on se servira d'un cordeau frotté de craie et tendu par les deux bouts ; puis, pinçant le cordeau vers le milieu de sa longueur, en l'élevant perpendiculairement, et le lâchant tout à coup, la corde va frapper la surface, en laissant l'empreinte de la ligne droite demandée.

Tracer une circonférence. — On se sert d'un compas armé d'un tire-ligne ou d'un crayon, et posant la pointe sèche de ce compas sur le point qui doit être le centre du cercle demandé, on fait tourner l'autre branche sans secousses, également et sans appuyer; la ligne tracée par le tire-ligne ou le crayon, doit se confondre entièrement avec la circonférence, si le cercle est bien tracé.

Trouver le milieu d'une droite. — On sait qu'un point quelconque, pris sur une perpendiculaire élevée au milieu d'une ligne, est toujours à une distance égale des deux extrémités de cette ligne. D'après cette propriété : soit demandé de tracer une ligne perpendiculaire sur le milieu de la ligne AB (fig. 31). Des points A et B comme centres, avec un rayon plus long que la moitié de AB , on tracera en dessus et en dessous de AB deux arcs de cercle qui se couperont au point C , au-dessus de AB , et au point D , au-dessous de cette ligne. Si par les deux points C et D , on tire la droite CD , elle sera la perpendiculaire demandée et coupera AB dans son milieu.

Tel est le procédé qui sert à trouver le milieu d'une longueur AB , c'est-à-dire à couper la droite AB en deux parties égales.

Par un point pris sur une droite, élever une perpendiculaire à cette droite. — Soit (fig. 32) le point C donné, il faut marquer de chaque côté de ce point, sur la ligne AB, et à des distances égales de C, deux nouveaux points D et E; puis, avec un rayon égal à DE, ou à toute autre ligne notablement plus grande que DC, décrire deux arcs qui se coupent, appliquer la règle contre ce point et contre le point C, puis tirer la perpendiculaire demandée.

Mener une perpendiculaire à l'extrémité d'une droite sans la prolonger. — Posez la pointe d'un compas en un point quelconque C (fig. 33) hors de la ligne AB; puis ouvrant les branches de la quantité CB, décrivez la portion de circonférence DBF, menez le rayon DC qui, prolongé jusqu'à la rencontre de la circonférence, deviendra le diamètre DF; en joignant les points F et B par la droite FB, on aura la perpendiculaire cherchée. Cela tient à ce que l'angle DBF et tout autre qui, comme lui, a son sommet B sur la circonférence, et dont les deux côtés DB, FB s'appuient sur un diamètre, est un angle droit.

Toutes les fois que le point donné par lequel on doit élever une perpendiculaire, n'est pas l'extrémité d'une ligne que l'on ne peut prolonger, on peut se servir du tracé précédent.

D'un point donné hors d'une droite, abaisser une perpendiculaire sur cette droite. — Soit A (fig. 34) le point duquel il s'agit de baisser une perpendiculaire sur la droite donnée MN. Après avoir marqué sur MN les deux points quelconques B et C, de chacun de ces points comme centre, décrivez, tant

au-dessus qu'au-dessous de MN , des arcs de cercle passant tous deux par le point A , ces arcs se couperont une seconde fois en D de l'autre côté de MN . Donc, si vous joignez le point A au point D , vous aurez dans AD la perpendiculaire exigée. On sait en effet que quand deux cercles se coupent, la droite qui joint ces centres est perpendiculaire sur le milieu de la corde commune.

Par un point donné mener une parallèle à une droite. — Pour mener du point o (fig. 15) une ligne mn parallèle à la droite ab , on mènera oi perpendiculaire à ab ; puis, par le même point o , on mènera mn perpendiculaire à oi ; la droite mn sera la parallèle demandée.

Il existe beaucoup d'autres procédés pour mener des parallèles : sur le terrain on obtient la parallèle mn en la faisant passer par le point o et par un autre point aussi éloigné de ab . Dans les épures ou dessins sur le papier, on se sert presque toujours de l'instrument qu'on appelle équerre du dessinateur. On appelle ainsi une petite planchette ayant la figure d'un triangle rectangle.

Emploi de l'équerre. — Supposons qu'on veuille mener, par un point que nous appellerons A , une perpendiculaire à une droite MN , voici ce qu'il faudra faire. On fera coïncider avec MN un des côtés droits de l'équerre; puis, ayant appliqué une règle ou une autre équerre contre le second côté droit de l'instrument, on fera glisser l'équerre jusqu'à ce que le côté qui coïncidait avec MN ait rencontré le point O . Il ne restera plus qu'à faire glisser le crayon ou le tire-ligne contre le bord de l'équerre, qui passe alors par le point O ; ce sera la parallèle

demandée. Ce procédé est avantageux à employer, surtout quand on a beaucoup de parallèles à mener à la même droite.

La pratique apprendra comment il faut poser les doigts de la main gauche sur la règle et sur l'équerre pour tenir la règle fixe et faire glisser l'équerre à volonté.

Nous croyons devoir remarquer ici qu'on ne doit jamais se servir de l'équerre pour élever des perpendiculaires, comme on a souvent la négligence de le faire : il est vrai que ce moyen est expéditif, mais il est très rare qu'il soit juste; d'ailleurs les opérations graphiques de la perpendiculaire sont si promptes, qu'il n'y a que la paresse qui puisse en dispenser, quand le dessin demande un peu de précision.

On donne souvent à l'équerre la forme d'un triangle isocèle, de manière que le grand côté oblique sur celui de l'angle droit, fasse un angle juste de 45 degrés; et comme il est d'usage, dans les dessins graphiques, de supposer la direction des ombres à 45 degrés, cette équerre sert à mener les parallèles qui déterminent les ombres; l'équerre isocèle donne ainsi à la fois, par ses trois côtés, l'horizontale, la verticale et l'oblique de 45 degrés.

Diviser une ligne en parties égales. — Si la ligne a une longueur connue, 25 centimètres par exemple, et qu'on ait à la diviser en cinq parties égales, le cinquième de 25 étant 5, on prendra sur le double décimètre une ouverture de compas de 5 centimètres, et l'on portera cette ouverture de compas cinq fois sur la ligne que l'on veut diviser : les points qui en résulteront marqueront la division cher-

chée. Si une ligne de 42 centimètres de longueur doit être divisée en trente, c'est-à-dire en cinq fois six parties égales, on commencera par prendre sur le double décimètre une ouverture de compas de 7 centimètres qui divisera la ligne en six parties ; il ne restera plus qu'à diviser chacune de ces parties en cinq. Mais alors comme le cinquième de 7 centimètres n'est pas une quantité entière, on est obligé de recourir à des divisions plus petites ; 7 centimètres valent 70 millimètres dont le cinquième est 14 millimètres. Ainsi on prendra sur la règle une ouverture de 14 millimètres qui sera le cinquième demandé ou le trentième de la ligne proposée.

La division géométrique d'une ligne A B en cinq parties égales s'exécute par le procédé suivant (fig. 35) : par l'extrémité A, on tirera une ligne indéfinie A X dans une direction *prise à volonté* sur laquelle on portera cinq parties égales quelconques grandes ou petites ; on aura ainsi les points de division 1, 2, 3, 4 et 5. Joignant le point C avec l'extrémité B, puis menant par tous les autres points des parallèles à C B, ces droites couperont A B en cinq parties égales. On peut encore (fig. 36), pour diviser la ligne A B en dix parties égales, par exemple, tirer par les extrémités A et B les parallèles indéfinies A C, B D, puis, avec une ouverture de compas toujours la même, marquer les deux séries de points 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, et 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, et joindre les points porteurs des mêmes numéros par des droites, la ligne A B sera divisée par ces droites en dix parties égales.

On a recours à ce moyen lorsqu'on n'a pas

d'équerre, mais comme l'opération qu'il exige est longue et quelquefois embarrassante, il est peu employé par celui qui a l'habitude du compas ; car, en ouvrant cet instrument d'une quantité qu'il juge à l'œil être la fraction demandée, et portant plusieurs fois successivement cette mesure, il arrive promptement, en la diminuant ou en l'augmentant, à obtenir l'ouverture convenable.

Il faut en général éviter de vouloir du premier coup diviser une ligne en un trop grand nombre de parties: On obtiendra un résultat plus exact et une perte de temps moins grande en opérant par subdivisions, quand cela sera possible, c'est-à-dire quand le nombre de parties égales demandé sera le produit de la multiplication de deux autres. Par exemple, pour partager une ligne en 28 parties, comme 28 est 2 fois 14 ou 2 fois 7 multipliés par 2, on la divisera en 2 parties et chacune d'elles en 7 parties ; puis enfin chacune de ces 14 parties en 2.

Diviser un arc en deux parties égales. — Des extrémités de l'arc comme centres, et avec un rayon indéterminé, tracez deux arcs de cercle qui se coupent en deux points; la droite qui joindra ces deux points divisera l'arc en deux parties égales.

Diviser un angle en deux parties égales. — Du sommet comme centre avec un rayon quelconque, décrivez un arc entre les côtés; puis faites comme si vous aviez à diviser cet arc en deux parties égales; car la droite qui le divisera ainsi divisera pareillement l'angle en deux parties égales.

Faire un arc double d'un arc donné. — Deux arcs décrits avec le même rayon étant égaux, lorsqu'ils

ont leurs cordes égales, si l'on porte la corde d'un arc deux fois de suite sur un arc indéfini appartenant à un cercle de même rayon, on aura un arc double du premier. Ce procédé sert à faire un arc triple, quadruple, quintuple, etc., d'un arc donné.

Faire un angle double, triple, quadruple, etc., d'un angle donné. — Pour obtenir cet angle, il suffit de tracer un cercle dont le sommet de l'angle soit le centre, et de prendre un arc double de celui qu'embrasse l'angle donné. On obtient de même un angle triple, quadruple, etc., d'un angle donné. C'est ainsi (fig. 37) qu'on obtiendrait l'angle $C O B$ double de $A O B$. Pour avoir un angle $C' O' B'$ (fig. 38) égal à $C O B$ (fig. 37), du point O' , sommet futur de l'angle, tracez un arc indéfini avec un rayon égal à celui de l'arc $m n$; prenez l'arc $m' n'$ égal à $m n$, et tirez les rayons $O' m' C'$ et $O' n' B'$, et l'angle de la figure 38 sera égal à celui de la figure 37.

Faire passer une circonférence par trois points donnés. — Soient les points A, B, C (fig. 39). Il faut tirer les lignes droites AB, BC et sur les milieux de ces lignes, élever les perpendiculaires DE et FG ; le point H où elles se couperont sera le centre du cercle demandé, car les distances de ce point H aux points donnés A, B, C , étant égales entre elles, chacune d'elles pourra être prise pour le rayon de la circonférence. La même opération sert aussi à circonscrire un cercle à un triangle, ou même à un polygone régulier quelconque.

On peut trouver par le même moyen le centre d'un arc donné : il faut y marquer trois points

et se proposer de tracer la circonférence qui les unit.

Mener une tangente à un cercle par un point donné.

— Lorsque le point donné est sur la circonférence, joignez le centre au point donné, et menez une perpendiculaire à l'extrémité du rayon que vous venez de mener au point de contact.

Lorsque le point donné A (fig. 40) est situé hors du cercle, il faut du point A comme centre tracer un arc indéfini O B passant par le centre O ; puis porter sur cet arc une corde O B égale au diamètre du cercle donné : cette corde coupera la circonférence en un point C qui sera le milieu de la corde et le point de contact de la tangente qu'on obtiendra en tirant la ligne indéfinie A C D.

On aurait pu mener une autre tangente de l'autre côté du point O.

Reproduction, réduction et amplification des figures

Si l'on a bien compris les notions de géométrie qui précèdent, on doit pressentir qu'un tracé rectiligne n'est exactement reproduit que quand chacune des lignes de la copie correspond à une ligne égale sur le modèle et qu'en même temps les lignes successives de la copie font entre elles des angles égaux à ceux que font sur le modèle les lignes qui leur correspondent. Par exemple, pour que le quadrilatère A' B' C' D' (fig. 42) soit la reproduction fidèle du quadrilatère A B C D (fig. 41), il faut que les droites A' B', B' C', C' D', D' A' soient respectivement égales aux droites A B, B C, C D, D A, et

qu'en même temps les différents angles A' , B' , C' , D' , soient respectivement égaux aux angles A , B , C , D formés par les droites correspondantes ou homologues, comme on les appelle aussi quelquefois.

La reproduction exacte des lignes successives ne présente aucune difficulté : celle des angles n'en présente pas plus, quand on sait se servir du *rapporteur* ou que l'on a fait attention à ce que nous venons de dire tout récemment sur la manière de faire un angle égal à un autre ; mais il existe un autre moyen plus rapide et qui donne des résultats plus satisfaisants.

Supposons que la figure à copier soit un triangle $A B C$ (fig. 41). Prenez d'abord $B' C'$ (fig. 42) égale à $B C$ (fig. 41) ; puis, du point B' comme centre, avec un rayon égal à $B A$, tracez convenablement un premier petit arc. Du point C' comme centre, avec un rayon égal à $C' A'$, tracez un nouveau petit arc qui coupera le premier au point A' . Tirez enfin $A' B'$, ainsi que $A' C'$ et vous aurez dans $A' B' C'$ la reproduction du triangle $A B C$.

Faire un polygone qui soit égal à un autre. — Pour faire un polygone qui soit égal au polygone $A B C D$ (fig. 41), décomposez ce polygone en triangles, et prenez $B' C'$ (fig. 42) égale à $B C$ (fig. 41) ; puis, après avoir fait le triangle $A' B' C'$ égal à $A B C$, faites sur $A' C'$ un triangle égal à $A C D$.

Si le polygone contenait plus de deux triangles, l'opération serait plus longue, mais elle ne serait pas plus difficile.

Il est bon de remarquer qu'il est parfaitement inutile de tracer réellement les diagonales, tant sur

le modèle que sur la copie; mais il faut opérer comme si elles existaient sur le modèle.

Autre procédé applicable aux figures curvilignes.

— Quand la figure à copier se termine par une ligne courbe ou par une ligne polygonale compliquée de côtés nombreux et d'angles, tantôt saillants, tantôt rentrants, voici comment il convient d'opérer. Des points $a, b, c, d, \dots i, k, l$ (fig. 43), qui seront les sommets de la ligne polygonale, ou si l'on aime mieux, des points suffisamment nombreux et convenablement choisis pour déterminer complètement la figure, on abaisse sur une droite $O X$, prise pour base des perpendiculaires $a1, b2, c3, \dots k10, l11$; puis ayant tracé pour la copie une nouvelle ligne, que nous appellerons $O' X'$, on porte sur cette ligne, à partir de O' , des lignes $O'1, O'2, O'3, \dots$, respectivement égales aux distances $O1, O2, O3$, qui sont ce que l'on appelle les *abscisses* des points a, b, c, d, \dots , du modèle. Ensuite, ayant élevé une perpendiculaire à chacun des points $1, 2, 3, \dots 10, 11$, de l'axe, on donne sur la copie, aux perpendiculaires successives, des longueurs respectivement égales aux droites $1a, 2b, 3c, \dots$, qui sont ce que l'on appelle les *ordonnées* déterminantes des points $a, b, c, \dots i, k, l$. On joint enfin tous ces points par des droites ou par une courbe continue, suivant la nature du modèle, et l'on a évidemment une reproduction d'autant plus fidèle qu'on aura employé un plus grand nombre de points dans sa construction.

Renversement et réduction des figures. — Deux figures dites inverses ou renversées, ne différant de deux figures égales que par la disposition con-

traire des angles et des côtés successifs, on doit comprendre que les procédés employés pour l'imitation parfaite des figures, pourront être employés de même pour leur renversement.

On doit comprendre aussi que la réduction des figures et leur agrandissement proportionnel, autrement dit amplification, s'exécuteront par des moyens analogues, quand on connaîtra un procédé géométrique, soit pour réduire, soit pour augmenter, dans un rapport toujours le même, les droites diverses qui se trouvent sur le modèle qu'il s'agit de réduire ou d'augmenter.

Construction d'un angle de réduction. — Supposons qu'ayant une figure à réduire, on veuille que la ligne $A B$ (fig. 44) se réduisant à $B C$, toutes les autres droites de la figure donnée soient réduites dans le même rapport.

Du point A , comme centre, avec $A B$ pour rayon, décrivez un arc de cercle; du point B , comme centre, avec $B C$ pour rayon, décrivez un second arc de cercle, et joignez le point A au point D , où les deux arcs de cercle se seront rencontrés, vous aurez ainsi l'angle $D A B$ qui sera votre angle de réduction.

Cela posé, supposons qu'on veuille réduire, dans le rapport de $A B$ à $B C$, une ligne égale à $A n$. Du point A comme centre avec $A n$ pour rayon, décrivez un arc de cercle qui coupera les deux côtés de l'angle $D A B$ en deux points n et m : leur distance prise au compas sera la valeur de la droite $A n$ réduite dans le rapport de $A B$ à $B C$.

Levé d'un terrain. — Un charpentier a rarement à lever des plans de terrain autres que des quadri-

latères. Pour lever un quadrilatère, ce qu'il aura de mieux à faire, sera de le décomposer en triangles et de mesurer les côtés de chaque triangle dont il consignera les valeurs numériques ou cotes sur un croquis qu'il transformera en un plan rigoureux en faisant la réduction à l'échelle qu'il voudra de son croquis coté, puisque les valeurs vraies des lignes y étant indiquées, c'est exactement comme s'il s'agissait de réduire une figure rigoureusement faite.

Quand le quadrilatère $ABCD$ (fig. 45) est occupé par un bâtiment et qu'on ne peut pas le décomposer en triangles, il faut remplacer la mesure de la diagonale AC , par celle de la mesure de l'angle CBO . On pourra, par exemple, prolonger le côté AB d'une longueur quelconque BO , que l'on figurera sur le croquis avec sa valeur à côté; on prendra aussi une distance quelconque BE que l'on indiquera et figurera de même: on mesurera enfin EO que l'on fera figurer aussi sur le croquis. Cela ayant été fait sur le terrain, le charpentier rentré chez lui, tracera d'abord une droite ayant à l'échelle la valeur de AB , puis l'ayant prolongée d'une quantité ayant à l'échelle la valeur de BO , il construira d'après ses cotes un triangle égal à BOE ; il prolongera BE de manière à ce que BC ait à l'échelle la longueur indiquée au croquis, et il joindra, s'il le veut, le point A au point C : s'il ne le faisait pas, il n'en pourrait pas moins construire le triangle ACD , puisqu'il en connaît les trois côtés.

Ce que nous avons dit doit suffire pour faire comprendre au lecteur ce qu'il y aurait à faire

pour lever et reproduire le plan d'un polygone de plus de quatre côtés. Hâtons-nous de terminer ces notions de géométrie par l'indication des propriétés de quelques courbes qu'il n'est pas inutile aux charpentiers de connaître.

Sections coniques

De l'ellipse. — L'ellipse (fig. 46) est une courbe telle, que la somme $MF + MF'$ des distances de chacun de ses points, à deux points fixes ou foyers F, F' , est une quantité constante.

La corde AA' qui passe par les deux foyers est le grand axe de l'ellipse; la corde perpendiculaire au milieu du grand axe est le petit axe de l'ellipse; le point de rencontre O des deux axes est le centre de l'ellipse; toute corde qui passe par le centre de l'ellipse est un diamètre de l'ellipse. On appelle sommets les extrémités des axes, et les deux sommets qui appartiennent au même axe sont à une distance égale des foyers.

Quand on connaît les axes d'une ellipse, on en trouve les foyers en prenant une ouverture de compas égale à la moitié du grand axe, et en décrivant du point B , comme centre, un arc de cercle qui coupe le grand axe aux points F et F' .

Toute ligne qui passe par le milieu de deux cordes parallèles est un diamètre, dont le milieu est le centre : rien n'est donc plus aisé que de trouver le centre inconnu d'une ellipse donnée.

Toute circonférence qui a pour diamètre un diamètre de l'ellipse, coupe cette courbe en quatre points, ce qui détermine un rectangle, aux côtés

duquel les axes sont toujours parallèles : rien n'est donc plus aisé que d'avoir les deux axes d'une ellipse.

Deux diamètres sont dits conjugués l'un de l'autre, quand chacun d'eux divise en deux parties égales les cordes qui sont parallèles à l'autre.

Si par le centre d'une ellipse, on tire une droite quelconque OK , égale au demi-grand axe OA , et qu'ayant pris sur cette ligne une longueur OL égale à OB , on abaisse de K une perpendiculaire KP au grand axe, et qu'on mène ensuite par le point L une nouvelle droite LM parallèle au grand axe, le point M , où la parallèle rencontrera la perpendiculaire KP , sera un point de l'ellipse.

De là, un moyen très commode pour obtenir autant de points qu'on veut d'une ellipse dont on connaît les axes.

On peut encore trouver autant de points qu'on veut d'une ellipse, au moyen de la définition de cette courbe. En effet, soit AA' (fig. 46) le grand axe d'une ellipse dont on connaît les foyers F et F' , on commence par marquer un point m entre F et F' puis de chacun des points F et F' , avec un rayon égal à Am , on décrit un arc de cercle. On prend alors un rayon égal à mA' , reste du grand axe, et l'on décrit encore des foyers F et F' , deux nouveaux arcs de cercle qui coupent les premiers en quatre points C, C', D, D' , qui sont quatre points de l'ellipse. En prenant un autre point m différent du premier, on obtiendrait évidemment quatre nouveaux points ; puis en continuant ainsi, on en trouverait quatre autres, etc. Quoique ce procédé donne quatre points à la fois, on préfère le procédé qui résulte de la

remarque précédente, parce que les points obtenus par son moyen, le sont d'une manière plus régulière : il est facile de s'en assurer en construisant successivement une ellipse par les deux procédés.

Tracé du jardinier. — Ayant fixé des piquets AA' , et tendu une ficelle entre les deux piquets, les jardiniers attachent leur ficelle aux piquets, qu'ils enlèvent des sommets pour les planter aux foyers : alors, au moyen d'un troisième piquet, ils tracent successivement leurs deux moitiés d'ellipse, en faisant glisser le piquet qu'ils tiennent le long du cordeau, dont ils ont soin de tenir les deux parties également bien tendues.

Si l'on divisait en parties égales l'angle $F'MF$ (fig. 47), ainsi que son adjacent FMR , l'une des deux bissectrices NMX serait normale, et l'autre TMP tangente à l'ellipse au point M . On voit donc que rien n'est plus facile que de mener en un point d'une ellipse, une tangente ou une normale.

Pour mener une tangente à une ellipse, par un point extérieur M (fig. 48), de ce point comme centre, avec un rayon égal à MF' , qui est la distance de M au foyer le plus voisin, on décrit un arc de cercle $CF'C'$; puis de F' , comme centre, avec $A'A$ pour rayon, on décrit un autre arc CC' qui coupe le premier en C et C' ; tirant ensuite FC et FC' , on obtient, en passant sur la courbe, les points N et M' qui sont les points de contact par lesquels il faut mener les tangentes.

La surface d'une ellipse est égale au produit du nombre $\pi = 3,1416$, multiplié successivement par la moitié du grand axe et par la moitié du petit, C'est-à-dire que si la moitié du grand axe

$= a$, et que la moitié du petit axe $= b$, en appelant S la surface de l'ellipse, on a $S = \pi \times ab$.

Le corps produit par la complète révolution d'une moitié d'ellipse autour de son axe, s'appelle *ellipsoïde*. Le volume de l'ellipsoïde est représenté par $\frac{4}{3}\pi \times b^2 a$, quand l'ellipse a tourné autour de son grand axe. Quand l'ellipse a tourné autour de son petit axe, son volume est exprimé par

$$\frac{4}{3}\pi \times a^2 b.$$

De l'hyperbole

Définition de l'hyperbole. — L'hyperbole est une courbe à deux branches non fermées (fig. 49), telle que la différence des distances de chacun de ses points à deux points fixes ou *foyers* F, F' est une quantité constante.

La droite qui passe par les foyers F, F' de l'hyperbole est l'*axe transverse* de cette courbe. — Les points A, A' où l'axe transverse rencontre les branches de la courbe sont les sommets de l'hyperbole. — La perpendiculaire menée sur le milieu de AA' est l'*axe déclinant*. — Le point O , rencontre des axes, est le *centre* de l'hyperbole.

Propriétés principales de l'hyperbole. — Les distances des sommets aux foyers voisins sont égales : $AF = A'F'$. — Chacun des axes de l'hyperbole divise cette courbe en deux parties symétriques. — Les parties OM, OM' d'une droite MM' qui va d'une branche à l'autre en passant par le centre, sont d'égale longueur : $OM = OM'$. — Les droites

telles que MOM' sont des diamètres. — Toute ligne qui passe par les milieux de deux cordes parallèles est un diamètre, comme dans l'ellipse. — Deux diamètres sont dits conjugués quand chacun d'eux divise en parties égales les parallèles à l'autre. — Etant donnée une hyperbole, on en trouve le centre, les axes ou les foyers en opérant comme il a été dit à l'occasion de l'ellipse. Il y a dans une hyperbole des diamètres limités et des diamètres illimités. — Les deux lignes qui séparent les diamètres infinis de ceux qui ne le sont pas, sont les *asymptotes* de l'hyperbole. — Les asymptotes de l'hyperbole sont des espèces de tangentes, qui, partant du centre, rencontreraient les deux branches à une distance infinie.

Tracé de l'hyperbole. — Etant donnés les sommets A et A' , ainsi que ses foyers F et F' , pour tracer cette courbe, des points F et F' comme centre, avec un rayon quelconque, mais plus grand que AF , avec $A m$, par exemple, décrivez des arcs de cercle; puis des mêmes points comme centre, avec un rayon égal à $A'm$, décrivez de nouveaux arcs : ces nouveaux arcs couperont les premiers en quatre points qui appartiendront tous quatre aux branches de la courbe. En déplaçant le point m , on obtiendra de même quatre autres points, puis quatre autres, et on continuera ainsi jusqu'à ce que les points soient assez nombreux et assez rapprochés pour que les branches de l'hyperbole puissent se tracer à la main ou au *pistolet*.

Tangente à l'hyperbole. — La tangente à l'hyperbole par un point donné de la courbe s'obtient en tirant les deux rayons vecteurs de ce point et en

divisant leur angle en deux parties égales. La normale du même point doit diviser en parties égales l'angle que fait l'un des rayons vecteurs avec le prolongement de l'autre rayon. Si l'on voulait mener une tangente à une hyperbole par un point extérieur, que nous appellerons le point M , il faudrait opérer ainsi : du point M comme centre, avec un rayon égal à sa distance au foyer voisin que nous supposerons être le point F' , on trace d'abord une circonférence ; ensuite, du foyer F' , avec un rayon égal à l'axe transverse AA' , on décrit un autre cercle qui coupe le premier en des points que nous appellerons C et C' ; on tire $F'C$, ainsi que $F'C'$, et l'on joint le point M avec les milieux de ces deux lignes par deux droites qui sont les tangentes qu'on voulait trouver.

Observation. — L'hyperbole est une espèce d'ellipse à l'envers : c'est à cause de cela que nous avons retrouvé dans l'hyperbole presque toutes les propriétés de l'ellipse. Si l'on s'est moins étendu sur l'hyperbole que sur l'autre courbe, c'est parce que l'ellipse est beaucoup plus nécessaire à connaître que l'hyperbole, que l'on ne rencontre presque jamais dans les épures de charpente.

De la parabole

La *parabole* est une courbe à une branche non fermée, dont tous les points sont également distants d'un point fixe, ou foyer F , et d'une droite fixe ou directrice DD (fig. 50).

La perpendiculaire FX menée par le foyer sur la directrice, est l'axe de la parabole. — Le point A où l'axe rencontre la courbe, est le sommet de la

parabole. Le double de la distance FO du foyer F à la directrice est le paramètre de la parabole. — La corde menée par le foyer perpendiculairement à l'axe est égale au paramètre. L'ordonnée de chacun des points d'une parabole est une moyenne proportionnelle entre l'abscisse du même point et le paramètre. On nomme diamètre de la parabole toute droite qui passe par le milieu de deux cordes parallèles. Toute parallèle à l'axe est un diamètre dans la parabole.

Quand on ne connaît ni l'axe, ni le foyer, ni la directrice d'une parabole, on peut aisément trouver tout cela. En effet, menez d'abord deux cordes parallèles CC' , EE' (fig. 51), et marquez-en les milieux I et K : en faisant passer une droite par ces deux points, vous aurez un diamètre BB' . Ce diamètre étant trouvé, menez une corde LM qui lui soit perpendiculaire, et, par le milieu N de cette nouvelle corde, menez une parallèle ONX au diamètre BB' précédemment trouvé : ce nouveau diamètre AX sera l'axe de la parabole.

Pour avoir maintenant le paramètre, joignez le sommet A avec un point quelconque L , menez LR perpendiculaire sur AL et abaissez l'ordonnée LN du point L : la distance NR sera le paramètre.

Pour avoir la directrice, prolongez l'axe d'une quantité AO égale au quart du paramètre et menez par le point O une droite DOD perpendiculaire à l'axe.

Pour avoir le foyer F , prenez $AF = AO$.

Construction de la parabole. — Soit F le foyer et DD la directrice (fig. 50).

Menez d'abord du point F la droite OFX per-

pendiculaire sur la directrice : ce sera l'axe.

Prenez le point A au milieu de FO, ce sera le sommet.

Par un point B pris sur l'axe, menez à cet axe une perpendiculaire indéfinie ; puis, avec une ouverture de compas égale à BO, en prenant pour centre le foyer, décrivez des arcs de cercle qui coupent votre perpendiculaire en C et C', l'un au-dessus et l'autre au-dessous de l'axe : ces deux points C et C' seront deux points de la courbe.

En répétant la même opération pour un nouveau point B, pour un troisième, pour un quatrième, etc., vous finirez par avoir assez de points pour ne plus éprouver d'incertitude sur la direction de votre parabole.

On pourrait encore tracer une parabole en cherchant pour chaque abscisse une moyenne proportionnelle entre cette abscisse et le paramètre, car cette moyenne ferait connaître la grandeur de l'ordonnée qui correspond, de chaque côté de l'axe, à chacune des abscisses sur laquelle on a opéré. En cherchant, par exemple, une moyenne proportionnelle entre l'abscisse AB et le paramètre, c'est-à-dire le double de FO, on trouverait pour cette moyenne une ligne qui serait égale à BC : cette ligne, portée au-dessus et au-dessous de l'axe sur la perpendiculaire indéfinie du point B, donnerait les deux points symétriques C et C'.

Pour les tracés en grand, quand l'on connaît la corde finale BB' qui correspond à l'abscisse AO (fig. 52), on divise en un même nombre de parties égales l'abscisse AO et l'une des moitiés BO de la corde finale, en numérotant les points de division

comme on le voit sur la figure. Alors ayant mené par les points de division de OB des parallèles à l'axe, on mène par le point B' et par chacun des points de division AO des transversales qui, rencontrant chacune la parallèle qui porte le même numéro, déterminent un point de la courbe. Quand un point est trouvé au-dessus de AO , on obtient aisément son symétrique au-dessous.

Tangente à la parabole

Pour mener une tangente à une parabole par un point C pris sur la courbe (fig. 50), on divise en deux parties égales l'angle FCY que forme le rayon vecteur du point C avec le prolongement CY du diamètre CP du même point.

Quand la tangente doit partir d'un point que nous appellerons M , donné hors de la parabole, on opère ainsi : avec MF comme rayon, du point M comme centre, on décrit un arc de cercle qui coupe la directrice en deux points que nous désignerons par les lettres D et D' ; on mène FD et FD' , et alors les perpendiculaires menées de M sur ces deux lignes sont les deux tangentes.

La surface d'un segment de parabole BAB' (fig. 51), qui se termine à une corde perpendiculaire à l'axe, est égale aux deux tiers du rectangle qui aurait la corde pour base et la partie limitée AO de l'axe pour hauteur.

Construction de l'hélice

L'hélice est une ligne courbe tracée sur un cylindre à base quelconque, de manière qu'en déve-

loppant ce cylindre elle devienne une ligne droite : telle est la ligne acb (fig. 53).

Construction de l'hélice. — Soit 0, 1, 2, 3, 4, etc., 8, 12 et 0, la circonférence de la base d'un cylindre droit : on la divise en parties égales à partir du point 0, origine de l'hélice. Ensuite le pas de l'hélice, ou la distance ab de deux points consécutifs de la courbe, placé sur une même génératrice du cylindre, étant donné, on le partage en un même nombre de parties égales que la base, et on porte ces parties sur les droites du cylindre qui passent par les points de divisions 1, 2, 3, 4, etc., de la circonférence, savoir : une partie sur la droite qui correspond au point 1; deux parties sur la droite qui correspond au point 2, et ainsi de suite.

On fait enfin passer une courbe par les extrémités de toutes ces droites : cette courbe est l'hélice demandée, dont l'origine est au point 0.

De la courbe dite anse de panier

L'anse de panier est une courbe composée de plusieurs arcs de cercle : elle ressemble à une demi-ellipse, et son tracé, qui est très simple, a fait souvent, dans les constructions, substituer cette courbe à l'ellipse pour former des cintres. Voici la manière de la tracer au moyen de trois centres : soient AB (fig. 54) le diamètre, et LC la *montée* de la courbe ; joignez les points A et C par une droite ; portez LC de L en E , et faites CG égal à AE . Ensuite sur le milieu N de la droite AG , élevez la perpendiculaire NO , qui déterminera sur le diamètre AB le centre H de l'arc extrême AO , qui doit passer par le point A , et sur le prolonge-

ment de la montée CL, le centre D de l'arc du milieu OCK. Pour déterminer le point I, il faut porter AH de B en I, et pour avoir le point de raccordement K, il faut joindre D et I par une droite prolongée jusqu'en K. Cela fait, des points H et I comme centres, et avec un rayon égal à HA, décrivez les arcs AO et BK : ensuite du point D, comme centre, et avec une longueur DO ou DK pour rayon, décrivez l'arc OCK, qui complètera le tracé de l'anse de panier.

II. ART DU TRAIT

Pour faire le trait, le *tracé* ou l'*épure* de l'ensemble et des détails nécessaires pour la construction d'un bâtiment, d'une charpente, d'une voûte, etc., les architectes, les charpentiers et les tailleurs de pierre font usage de procédés connus depuis longtemps, mais qui n'ont été débarrassés de tout empirisme que depuis que le célèbre *Monge* les a réunis en un corps de science, auquel il a donné le nom de *Géométrie descriptive*.

Le but de la géométrie descriptive est : 1^o de représenter sur une surface plane, qui n'a que deux dimensions, longueur et largeur, sur une feuille de papier, par exemple, les corps qui en ont trois : longueur, largeur et hauteur ou profondeur, lorsque leurs formes sont susceptibles de définitions rigoureuses ; 2^o de résoudre, par le seul secours de la règle et du compas, une foule de questions qui se rapportent à ces corps. La base de cette science repose sur la méthode des *projections*.

On appelle projection d'un point sur un plan, le

piéd ou la rencontre de la perpendiculaire abaissée du point sur le plan, qu'on nomme alors *plan de projection*.

La perpendiculaire s'appelle *ligne* ou *droite projetante* du point, et la projection d'une droite s'obtient en déterminant les projections de deux de ses points.

Pour compléter la représentation d'un corps, on le rapporte à deux plans perpendiculaires entre eux, dont l'un est *horizontal* et l'autre, par conséquent, *vertical*. Les projections tracées sur des plans horizontaux se nomment *projections horizontales*, et les projections tracées sur les plans verticaux s'appellent *projections verticales*. Dans les arts, les projections horizontales se nomment *plans*, et les projections verticales se nomment *élévations*.

Lorsqu'on veut faire voir l'intérieur d'un bâtiment, etc., on le suppose coupé par un plan; alors la projection prend le nom de *coupe*: elle s'appelle *coupe verticale* si le plan sur lequel se fait la projection est vertical, et *coupe horizontale* si ce plan est horizontal. En général, les plans, coupes, élévations et projections quelconques s'appellent *dessins géométraux*.

Les deux plans de projection se coupent ou se rencontrent suivant une droite qui est leur commune intersection, et qu'on nomme *ligne de terre*; parce que, dans les applications, on prend le sol pour plan horizontal, et que cette droite représente le terrain sur le plan vertical.

Pour opérer sur une seule surface plane, telle qu'une feuille de papier, on suppose que le plan horizontal et le plan vertical ont été placés dans le

prolongement l'un de l'autre, en faisant tourner celui-ci autour de la ligne de terre.

Lorsque des droites projetées, les arêtes d'une pyramide, par exemple, ne se trouvent pas dans une situation parallèle à l'un des plans de projection, elles sont représentées plus courtes que leurs grandeurs réelles : alors on les projette sur un plan auxiliaire qu'on suppose ensuite amené sur l'un des plans de projection : cette opération est ce qu'on appelle un *rabattement* : les charpentiers la désignent sous le nom de *développement* ou de *herse*. Nous verrons des exemples de ces rabattements, particulièrement dans le chapitre qui traite des intersections des combles.

Les figures A', A, B, C de la planche 1, à droite sur cette planche, sont différents dessins géométraux de maisons.

A est le plan d'une petite maison dont A' est l'élévation. Cette maison est à pignon. On voit au plan les projections du faitage et des pannes.

B est le plan d'une maison plus grande ayant deux travées pour supporter les pannes conjointement avec les poinçons. La figure A' peut encore être regardée comme l'élévation de la figure B.

Enfin, la figure C est le plan non détaillé de la toiture d'une maison à quatre versants, dont les deux triangulaires se nomment croupes.

Le cadre de cet ouvrage nous prescrit de nous arrêter à ces notions, parce que nous ne pourrions leur donner plus d'étendue sans être entraîné à embrasser toute la géométrie descriptive, qui est assez importante pour exiger un traité à part ; et que d'ailleurs, on peut avoir recours aux excellents

ouvrages qui ont été publiés sur cette matière par MM. *Monge, Hachette et Vallée*; notre but a été seulement de faire connaître ici ce qui était indispensable pour entendre la description des planches de cet ouvrage. Cependant, comme il existe un grand nombre de lecteurs qui seront bien aises de ne pas recourir aux ouvrages spéciaux sur la géométrie descriptive, nous avons décrit dans le paragraphe suivant les principales opérations de la science graphique dont on peut avoir besoin pour la pratique de la charpenterie.

III. NOTIONS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

(Planche xiv)

1. Le charpentier qui veut exécuter une charpente, doit commencer par la dessiner; mais ce que son dessin doit lui représenter, ce n'est pas l'aspect qu'aura la charpente quand elle sera faite; c'est l'ensemble des dimensions de toutes les pièces qui la composeront, exprimées rigoureusement jusque dans leurs moindres détails. Le procédé qu'il emploie pour atteindre ce but consiste, ainsi que nous venons de le dire, à remplacer le dessin ordinaire ou la vue naturelle de la charpente par le dessin des projections de ses différentes pièces sur deux plans. L'un de ces plans est horizontal; l'autre est vertical: tous les deux se nomment plans coordonnés.

2. Voici le premier et le plus important de tous les principes de la méthode des projections: *toute ligne qui joint les deux projections coordonnées (la projection verticale et la projection horizontale) d'un*

même point, est dirigée perpendiculairement à la ligne de terre. En effet, soit TRH (fig. 1, pl. XIV) le plan horizontal de projection, TRV le plan vertical, TR la ligne de terre, et les perpendiculaires Aa' , Aa , les droites qui projettent le point A sur les deux plans coordonnés : il serait facile de démontrer que les perpendiculaires menées sur la ligne de terre, du point a et du point a' doivent rencontrer cette ligne au même point x , où la rencontrerait le plan des deux perpendiculaires Aa , Aa' . Par conséquent, lorsque le plan TRH , ayant fait un quart de révolution autour de la ligne TR , est venu se placer en TRI , au-dessous et sur le prolongement du plan vertical, il est évident que, si le point a' s'est rabattu en a'' , la ligne $a''x$ doit être sur le prolongement de ax .

3. D'après cela, connaissant les deux projections d'une ligne quelconque, si l'on veut connaître la projection horizontale coordonnée avec un des points de la projection verticale, il faut de ce point abaisser sur la ligne de terre une perpendiculaire, et la prolonger jusqu'à ce qu'elle rencontre la projection horizontale en un point qui sera la projection demandée.

4. Un simple coup d'œil jeté sur la figure 1 fera comprendre au lecteur que la partie ax de la droite aa'' , qui joint les deux projections du point A , est exactement égale à l'élévation Aa' du point A , au-dessus du plan horizontal.

La partie $a''x$ de la même droite aa'' est de même exactement égale à la distance Aa qui sépare le point A du plan vertical.

C'est parce que la hauteur de la projection ver-

ticale de chaque point, au-dessus de la ligne de terre, est toujours égale à l'élévation de ce point au-dessus du plan horizontal, que l'on a donné le nom vulgaire d'élévation à la projection verticale d'un objet.

5. Quand un point est sur un des plans coordonnés, il se confond avec sa projection sur ce plan, et sa projection sur l'autre est un des points de la ligne de terre.

6. Ces principes posés, *cherchons les projections de la droite qui joint le point a (fig. 2) du plan vertical, au point b' du plan horizontal.* En menant, des points a et b' les droites aa' , $b'b$ perpendiculaires à la ligne de terre, nous aurons d'abord a' pour projection horizontale du point a , et b pour projection verticale du point b' : or, comme la projection d'une ligne droite est elle-même une ligne droite, si l'on trace les droites ab , $a'b'$, ces deux droites seront évidemment les deux projections cherchées.

7. *Si l'on connaissait (même figure) les deux projections ab , $a'b'$ d'une droite et qu'on voulût trouver ses deux traces, c'est-à-dire les deux points a et b' , où elle rencontre les plans coordonnés,* il faudrait, après avoir prolongé les projections jusqu'à la ligne de terre, en b et en a' , mener par ces points, à la ligne de terre, les perpendiculaires bb' , $a'a$, qui, par leurs rencontres avec les projections, aux points b' et a , feraient connaître les traces demandées.

8. Quand la perpendiculaire menée par le point a' (fig. 3) rencontre la projection verticale au-dessous de la ligne de terre, la droite donnée rencontre le plan vertical en un des points de son prolonge-

ment TRI (fig. 1), c'est-à-dire au-dessous du plan horizontal. De même, quand la perpendiculaire menée par le point b (fig. 4) rencontre la projection horizontale au-dessus de la ligne de terre, la droite dont on cherche les traces rencontre le plan horizontal en un des points de son prolongement TRK (fig. 1), situé derrière le plan vertical.

En général, toute projection verticale au-dessous de la ligne de terre appartient à un point situé sous le plan horizontal; toute projection horizontale au-dessus de la même ligne appartient à un point situé derrière le plan vertical.

9. Lorsqu'une droite est parallèle à l'un des plans coordonnés, sa projection sur l'autre est parallèle à la ligne de terre, puisque tous ses points sont à la même distance du premier plan : si donc les deux projections d'une droite étaient parallèles à la ligne de terre, cette droite le serait aussi, puisqu'elle serait parallèle aux deux plans de projection.

10. Toutes les fois qu'une droite est perpendiculaire à l'un des plans coordonnés, sa projection sur ce plan se réduit à un point, et sa projection sur l'autre est perpendiculaire à la ligne de terre. La figure 5 représente une ligne (ab, b') perpendiculaire au plan horizontal, et une autre droite $(m, m'n)$ perpendiculaire au plan vertical.

Ce qui précède compris, voyons les applications qu'on en peut faire.

Premiers exercices

11. Trouver les traces d'un plan passant par deux droites $(ab, a'b')$ $(cd, c'd')$ qui se coupent en un

point (o, o') (fig. 6). — Déterminez les traces a et b' de la première droite, ainsi que les traces c et d' de la seconde. En joignant alors le point c au point a , et le point b' au point d' , vous obtiendrez les droites $xca y, z b' d' y$, qui, si l'on a bien opéré, doivent rencontrer la ligne de terre au même point : ces droites sont les deux traces du plan demandé.

Le problème serait impossible, si les points o et o' où les projections des deux droites se rencontrent, ne déterminaient pas une perpendiculaire à la ligne de terre ; car alors les deux droites n'appartiendraient pas à un même plan. Il se résoudrait de la même manière, si les droites données étaient parallèles, ce que l'on reconnaîtrait au parallélisme de leurs projections sur chacun des deux plans coordonnés.

12. Lorsque la trace d'un plan sur l'un des plans coordonnés est perpendiculaire à la ligne de terre, ce plan est lui-même perpendiculaire sur l'autre plan coordonné.

Le plan abc (fig. 7) est perpendiculaire sur le plan horizontal : il est donc vertical. Le plan def (même figure) est perpendiculaire au plan vertical ; quant au plan ghi (toujours même figure), il est perpendiculaire à la fois aux deux plans de projection.

13. Lorsque la trace d'un plan sur l'un des plans coordonnés est parallèle à la ligne de terre, et qu'il n'a pas de trace sur l'autre plan, il lui est parallèle. Si les deux traces d'un plan étaient parallèles à la ligne de terre, ce plan le serait aussi.

Le plan qui a pour trace unique kl (fig. 7), est

parallèle au plan horizontal : il est horizontal. Le plan qui a pour trace unique mn (même figure), est parallèle au plan vertical. Enfin, le plan qui a pour trace les droites pq, sx (toujours même figure), est parallèle à la ligne de terre.

14. Le lecteur remarquera donc, et il ne faut pas qu'il l'oublie, que *tout plan parallèle à l'un des plans coordonnés n'a qu'une trace, qui est située sur l'autre plan coordonné où elle est parallèle à la ligne de terre.*

Passons à d'autres exercices.

15. *Trouver les traces d'un plan qui passe par trois points dont les projections sont données.* — Les trois points donnés, pris deux à deux, déterminent les projections de trois droites ; or, ces droites se coupant deux à deux, nous retombons évidemment dans le cas du n° 11.

16. Quoique nous n'ayons pas donné l'épure relative à l'exercice qui précède, nous invitons le lecteur à en faire la construction, et nous l'engageons à agir de même toutes les fois que, pour éviter de multiplier les planches de cet ouvrage, nous nous contenterons d'indiquer des opérations à faire, sans montrer sur une figure le résultat de ces opérations.

17. *Connaissant l'une des projections a (fig. 8) d'un point situé sur le plan ikl dont on a les traces, trouver l'autre projection du même point.* — Par le point a , menez la ligne ab parallèle à la ligne de terre, projetez le point b en b' , sur cette droite ; puis, après avoir mené $b'x'$ parallèlement à la droite kl , menez du point a , sur la ligne de terre, une perpendiculaire qui, par sa rencontre avec $b'x'$, au

point a' , déterminera le point a' , projection horizontale cherchée.

18. Pour se rendre compte de cette construction, il faut savoir qu'une droite parallèle à l'une des traces d'un plan sur un des plans coordonnés, a sa projection sur ce plan parallèle à la trace du plan qui lui est elle-même parallèle. Si donc, par le point qui se projette verticalement au point a , on conçoit une droite qui soit parallèle à la trace kl , cette droite, qui est horizontale, aura pour projection verticale la ligne ab , et par conséquent pour trace verticale le point b . Or, le point b a été projeté horizontalement en b' ; donc la droite verticalement projetée suivant ab est horizontalement projetée suivant $b'x'$, menée parallèlement à kl ; donc la projection horizontale cherchée, devant être sur $b'x'$ et sur la ligne menée du point a perpendiculairement à la ligne de terre, est déterminée, au point a' , par l'intersection de $b'x'$ avec aa' .

19. *Les projections abc , $a'b'c'$ (fig. 9), d'une figure plane étant données, ainsi que l'une des projections o , d'un point situé sur le plan de cette figure, trouver la seconde projection de ce point.* — On pourrait commencer par déterminer les traces du plan de la figure, et exécuter ensuite les opérations indiquées dans le numéro précédent; mais on peut encore opérer de la manière suivante : par le point o , menez à la ligne de terre une parallèle; elle rencontrera en général les côtés du triangle ou leurs prolongements en deux points m et n . Déterminez les secondes projections m' , n' de ces deux points; puis joignez le point m' au point n' : vous aurez une droite $m'n'$, qui, par son intersection avec la

perpendiculaire à la ligne de terre menée par le point o , vous déterminera le point o' , qui est la seconde projection demandée.

20. S'il s'agissait de toute autre figure que d'un triangle, et si la parallèle à la ligne de terre, menée par le point o , ne devait pas rencontrer le périmètre de la projection verticale de la figure, il faudrait d'abord choisir, sur ce périmètre, que nous ne supposons pas rectiligne, trois points à volonté, et tracer le triangle qu'ils déterminent ; construire ensuite la projection horizontale du même triangle ; puis enfin, au moyen de deux projections du triangle construit, terminer l'opération, comme dans l'exemple qui précède.

21. *Trouver les projections de l'intersection de deux plans dont on connaît les traces abc , def (fig. 10).*

— Le point m est la trace verticale de cette intersection ; le point n' est la trace horizontale du même point ; donc (n° 6) les droites mn , $m'n'$ sont les deux projections demandées.

Si l'on ne connaissait pas les points m et n , ou s'ils étaient trop éloignés de la ligne de terre pour qu'on pût s'en servir, il faudrait recourir à un, ou à deux plans auxiliaires, sur lesquels on transporterait les traces des plans ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

22. *Trouver l'intersection de la droite $(ab, a'b')$ avec le plan ikl (fig. 11).* — Prolongez jusqu'à la ligne de terre la projection horizontale de la droite, et, par le point de rencontre c' , menez une verticale : vous aurez de cette manière les deux traces du plan qui projette horizontalement la droite donnée. Il vous sera facile alors de déterminer la projection

verticale mc de l'intersection de ce plan avec le plan ikl : cette projection, par son intersection avec la ligne ab , déterminera le point o , projection verticale du point demandé. La projection horizontale du même point s'obtiendra ensuite en abaissant, du point o , une verticale, jusqu'à la rencontre de $a'b'$ au point o' .

23. *Etant donnés une droite et un point, mener par ce point une parallèle à la droite donnée.* — Les projections de la nouvelle droite devant passer par les projections du point connu ou être parallèles aux projections de la droite donnée, on ne saurait éprouver aucune difficulté à résoudre le problème.

24. *Etant données les projections d'un point et les traces d'un plan, construire les projections de la droite menée par le point donné perpendiculairement au plan connu.* — Il suffit, pour résoudre ce problème, de savoir que les projections de la droite doivent être perpendiculaires aux traces du plan.

25. *Trouver le pied de la perpendiculaire abaissée d'un point sur un plan.* — Par le point donné, menez (n° 24) une droite qui soit perpendiculaire au plan donné ; puis cherchez (n° 22) la rencontre de cette droite avec un plan.

26. *Etant donnés une droite et un plan, mener par la droite un second plan perpendiculaire au premier.* — Par un point quelconque de la droite donnée, menez (fig. 24) au plan donné, une perpendiculaire, et faites passer (n° 11) un plan par cette perpendiculaire et par la droite donnée : l'intersection de ce second plan avec le premier sera la projection de la droite donnée sur le plan donné.

27. *Par un point donné (a, a'), mener un plan pa-*

rallèle à un plan donné ikl (fig. 12). — Par le point a , menez une horizontale ab , et par le point a' une parallèle $a'b'$ à la trace kl ; prolongez $a'b'$ jusqu'à la ligne de terre au point b' , et menez, par le point b' , une verticale qui rencontrera l'horizontale ab au point b ; il ne vous restera plus qu'à mener, par le point b , une ligne mn parallèlement à la trace ik , et, par le point n , une autre ligne no parallèlement à la trace bl ; car alors le plan mno sera le plan demandé.

28. *Par un point donné ($a a'$), mener un plan perpendiculaire à une droite ($mn, m'n'$) connue par ses projections (fig. 13).* — Par le point a , menez une horizontale ab , et par le point a' , une perpendiculaire $a'b'$, à la projection $m'n'$: prolongez $a'b'$ jusqu'à la rencontre de la ligne de terre au point b' , et, par le point b' , menez une verticale qui rencontrera l'horizontale ab au point b : il ne vous restera plus qu'à mener d'abord par le point b la ligne ik perpendiculairement sur mn , et, par le point k , la ligne kl perpendiculairement sur $m'n'$.

29. *Diviser une droite en parties égales ou en parties proportionnelles.* — Quand une droite est divisée dans un certain rapport, ses deux projections sont divisées dans le même rapport: donc, pour diviser une ligne d'une manière quelconque, il suffit de diviser ses projections de la manière voulue.

30. Il a été dit (n° 1), que la méthode des projections avait pour objet de représenter les corps, non tels qu'ils nous apparaissent perspectivement, mais de manière à en exprimer graphiquement toutes les dimensions, jusque dans leurs moindres détails. Or, ces dimensions, que le charpentier a besoin de

connaître, pour travailler d'après son épure, dépend évidemment de la distance de certains points, des angles formés par de certaines lignes ou de l'inclinaison mutuelle de certains plans, etc. Il importe donc que le charpentier qui possède des projections de points, de lignes, ou de plans divers, soit en état de résoudre les problèmes suivants.

31. Deux points (a, a') (b, b') étant donnés par leurs projections, trouver la véritable longueur de la droite qui en exprime la distance (fig. 14). — Pour résoudre ce problème, faites un angle droit xoy (fig. 15), et sur l'un des côtés, prenez une longueur oy égale à la projection horizontale $a'b'$ de la droite qui joint les deux points ; sur l'autre côté, prenez une longueur ox égale à la différence bm des lignes aa'' , bb'' , qui représentent les élévations des deux points : il ne vous restera plus qu'à joindre le point x au point y , pour avoir la distance que vous cherchez.

32. La construction du triangle xoy peut être exécutée de la manière suivante : par le point le moins élevé (le point a), menez am (fig. 14) parallèlement à la ligne de terre ; vous aurez ainsi la ligne bm qui sera perpendiculaire sur am , et qui sera égale à la différence des deux élévations : il suffira donc de prendre, à partir du point m , une longueur mn égale à $a'b'$, et de joindre le point b au point n , pour avoir la ligne bn , dont la longueur est évidemment égale à celle de l'hypoténuse du triangle rectangle dont on voulait éviter la construction.

33. Il est aisé de se rendre compte des opérations qui précèdent. En effet, soit A et B (fig. 16), deux

points qui se projettent en a' et b' sur un plan horizontal XY . Il est évident, si l'on mène AM parallèlement à $a'b'$, que cette ligne sera égale à $a'b'$, que ce sera la base d'un triangle rectangle, que la hauteur BM du même triangle sera égale à la différence de hauteur des points A et B , et que la ligne AB est l'hypothénuse du même triangle.

34. *Proposons-nous maintenant de prendre (fig. 17), sur une droite donnée ($ab, a'b'$) et à partir d'un point (a, a'), une longueur donnée.* — En prenant à volonté sur la droite donnée un second point (m, m'), il sera facile d'exécuter les opérations suivantes : on mènera d'abord, par le point m et par le point a' , des parallèles à la ligne de terre ; puis, après avoir pris la ligne $a'p'$ égale à $a'm'$, on mènera par le point p' une verticale $p'p$, jusqu'à sa rencontre au point p avec l'horizontale qu'on vient de mener par le point m . Joignant alors le point a au point p , et prenant sur la droite ap , prolongée si cela est nécessaire, une longueur ar , qui soit égale à la longueur donnée, il ne restera plus qu'à mener par le point r , une horizontale rx ; car cette horizontale, par sa rencontre avec la droite ab , déterminera le point x , qui a pour projection horizontale coordonnée le point x' , et ces deux points x et x' sont les projections demandées de celui des points de la droite donnée, dont la distance au point (a, a') est précisément égale à la longueur donnée.

35. *Deux droites qui se coupent étant données, trouver l'angle qu'elles font entre elles.* — Sur la première ligne, prenez un point que nous appellerons (a, a') ou A , et sur la seconde ligne, un point que nous appellerons (b, b') ou B : déterminez ensuite

la distance AB , puis chacune des distances AO , BO des points A et B au point de rencontre des droites que nous appelons le point (o, o') ou le point O : il ne restera plus qu'à construire un triangle dont les côtés soient respectivement égaux aux lignes AB , AO , et BO ; l'angle opposé au premier côté sera l'angle cherché.

36. En choisissant les points A et B de façon que la projection ab soit parallèle à la ligne de terre, on simplifie les opérations, parce qu'alors la ligne AB , qui est parallèle au plan horizontal, est précisément égale à sa projection $a'b'$.

37. On reconnaît que deux lignes se coupent, quand les projections se coupent sur chacun des plans coordonnés, et qu'en même temps les deux points d'intersection sont sur une même perpendiculaire à la ligne de terre.

38. *Trouver l'inclinaison mutuelle de deux plans.*
— On sait (*géométrie*) que l'inclinaison de deux plans a pour mesure l'angle que forment les intersections de ces deux plans avec un troisième plan qui leur est perpendiculaire à tous les deux. Cela posé, en nommant A et B les deux plans, on commencera par construire l'intersection des deux plans A et B (n° 24); puis, par un point quelconque de cette intersection, on lui mènera (n° 28) un plan perpendiculaire que nous nommerons le plan C : il ne restera plus qu'à construire les intersections du plan C avec chacun des plans A et B , et à déterminer l'angle que ces deux intersections font entre elles.

39. Les constructions précédentes sont beaucoup simplifiées, quand l'un des deux plans se confond

avec un des plans coordonnés ou quand il lui est parallèle.

40. *Trouver l'inclinaison d'une droite et d'un plan.* — Prenez à volonté un point sur la droite donnée et abaissez de ce point (n° 24) une perpendiculaire sur le plan. Cherchez ensuite (n° 35) l'angle que cette perpendiculaire fait avec la droite donnée, et retranchez cet angle d'un angle droit : le reste sera l'inclinaison demandée.

41. Quand le plan donné se confond avec un des plans coordonnés, ou qu'il lui est parallèle, les constructions s'exécutent plus rapidement que quand il occupe une position différente. Au reste, ce que nous venons de voir suffit pour faire comprendre à l'opérateur comment, au moyen des projections des corps, on peut trouver la véritable forme de ces corps, et combien cette manière de les dessiner peut être utile aux charpentiers.

Rabattements des plans

42. *Construire le rabattement d'un plan sur un des plans coordonnés.* — Soit ikt (fig. 18) le plan donné : pour avoir le rabattement de ce plan sur le plan horizontal, prenez sur la trace ik un point quelconque a ; de ce point, menez sur la ligne de terre la perpendiculaire aa' : du point a' , menez sur la trace kt la perpendiculaire indéfinie $a'b'$, a'' ; menez sur cette dernière ligne et par le point a' , la perpendiculaire $a'a''$; prenez sur cette perpendiculaire la distance $a'a''$ égale à la hauteur a' du point a ; joignez le point a'' au point b' ; prenez la distance $b'a''$ égale à $b'a''$, et joignez le point a'' au point k : le point a'' sera le rabattement du point a ,

et l'angle lkm sera ce que devient l'angle ikt rabattu sur le plan horizontal.

Le rabattement du même angle sur le plan vertical s'obtiendrait de la même manière.

On peut remarquer que l'angle $a'b'a''$ est lui-même le rabattement d'un angle qui mesure l'inclinaison du plan ihl sur le plan horizontal. Rien n'est donc plus facile que d'avoir l'inclinaison d'un plan quelconque sur un des plans coordonnés.

43. *Construire les projections d'un point d'un plan dont on connaît le rabattement sur un des plans coordonnés.* — Soit lkm (fig. 19) le rabattement du plan dont la trace horizontale est lk : pour avoir les projections du point o''' , menez par ce point sur lk la perpendiculaire $a'a'''$; par le point a' , menez une verticale $a'z$; du point k comme centre, avec un rayon égal à ka''' , décrivez un arc de cercle qui rencontrera la verticale $a'z$ en un point a ; joignez enfin le point a au point k : la droite iak sera la trace verticale du plan. Menez alors par le point a' , sur $a'a'''$, une perpendiculaire $a'y'$; prenez sur cette perpendiculaire une longueur $a'a''$, égale à la ligne aa' ; joignez le point a'' au point b' ; prenez sur $b'a''$ une longueur $b'o''$ égale à $b'o'''$, et du point o'' menez sur $a'a''$ une perpendiculaire $o''o'$: le pied o' de cette perpendiculaire sera la projection horizontale du point o''' . Pour avoir la projection verticale du même point, prolongez la ligne $o''o'$ jusqu'à la ligne de terre au point t' ; menez par ce point t' une verticale, jusqu'à sa rencontre avec la trace ik , au point t ; par le point t menez l'horizontale tv , et du point o' abaissez sur cette horizontale la perpendiculaire $o'o$: le pied o de cette

perpendiculaire sera la projection verticale demandée.

44. Ce qui précède compris, on doit comprendre également que, connaissant les projections o et o' (même figure) d'un point quelconque situé sur un plan ikl , pour avoir la position de ce point dans l'angle lkm , rabattement de lki , il faut exécuter les opérations suivantes : mener par le point o' sur la trace lk , une perpendiculaire indéfinie $o'b'o''$ qui rencontrera cette trace en un point b' et la ligne de terre en un point a' ; élever au point a' une perpendiculaire à la ligne de terre, jusqu'à sa rencontre avec la trace verticale en un point a ; élever au même point a , mais à la ligne $a'b'$, une autre perpendiculaire $a'a''$, qui soit égale à $a'a$; joindre le point b' au point a'' , et mener par le point o' , à la perpendiculaire $a'a''$, une parallèle $o'o''$ qui rencontrera $b'a''$ en un point o'' ; prendre enfin, sur le prolongement de $o'b'$, une longueur $b'o'''$ égale à $b'o''$: le point o''' ainsi trouvé sera le rabattement du point (oo').

Projections auxiliaires

45. On a souvent besoin de connaître la projection, sur un plan auxiliaire, d'un point ou d'une figure dont on connaît les projections sur les deux plans coordonnés. Il faut pour cela : 1° du point donné (nous supposons que la figure soit réduite à un point), abaisser une perpendiculaire sur le plan auxiliaire ; 2° déterminer les projections du pied de cette perpendiculaire ; 3° rabattre le plan auxiliaire ; 4° construire enfin, sur ce rabattement, la position du point cherché.

Soient a et a' (fig. 20), les deux projections d'un point, et la droite mn la ligne de terre. Si l'on veut avoir la projection du même point sur le plan vertical ikl , on abaissera du point (a, a') , une perpendiculaire sur le plan ikl , et le pied de cette perpendiculaire sera la projection demandée. Ce point se projette horizontalement en x' , et verticalement au point x .

46. Pour connaître la véritable position du point (x, x') dans l'angle ikl , on supposera que cet angle tourne autour de la droite ik comme charnière, pour se rabattre sur ikn . Dans ce mouvement, le point x' décrit un arc de cercle et vient se rabattre en c' : la verticale qui passe par le point x' passe alors par le point c' , et son extrémité supérieure, c'est-à-dire le point (x, x') , tombe en un certain point y , que l'on obtient évidemment (1) en menant, par le point a , une parallèle à la ligne de terre, jusqu'à sa rencontre avec la verticale qui passe par le point c' .

47. Soient maintenant a, a' (fig. 21), les projections du point connu, et ikl , un plan *recto-normal* (2) sur lequel on veut construire les projections du point (a, a') . Menez, par le point a , la ligne ax perpendiculairement à la droite ik ; par le point a' , menez une parallèle à la ligne de terre, et, du point x' , avec l'horizontale que vous venez de mener : le point x sera la projection verticale,

(1) Cela tient à ce que le point (x, x') reste à la même hauteur pendant toute la révolution de l'angle ikl .

(2) On nomme quelquefois *recto-normal* un plan perpendiculaire au plan vertical coordonné, lorsque sa trace, sur ce plan, n'est pas horizontale ; car alors il est horizontal lui-même.

et le point x' , la projection horizontale du point où, sur le plan ikl , se projette le point (a, a') .

48. Pour connaître la véritable position du point (x, x') dans l'angle ikl , du point k , comme centre avec kx pour rayon, décrivez l'arc xc' ; menez par le point c' , une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre au point y avec l'horizontale qui passe par le point a' : le point y ainsi obtenu sera situé dans l'angle $c'kl$; comme le point (x, x') est situé dans l'angle ikl , ce serait celui sur lequel le point (x, x') viendrait se rabattre, si l'angle ikl tournant autour de kl , comme charnière, venait lui-même se rabattre sur le plan horizontal.

49. En comparant l'une à l'autre les figures 20 et 21, on doit voir que, pour transporter sur un plan recto-normal les projections d'un point, il faut exécuter les opérations semblables à celles qu'on emploie pour transporter, d'un plan vertical sur un autre, l'élévation d'un point. Cela tient à ce que les plans recto-normaux sont, par rapport au plan vertical sur lequel le point connu est projeté, ce que tous les plans verticaux sont par rapport au plan horizontal.

Utilité des plans auxiliaires

50. Il arrive fréquemment que l'on n'est pas maître de choisir pour plans coordonnés le système de plans sur lesquels la figure à projeter se projetterait avec le plus de facilité. Ce qu'il y a de mieux à faire, quand on se trouve dans une circonstance semblable, c'est de construire, sur les plans coordonnés dont on doit se servir, les traces du plan particulier qu'on regarde comme le plus

avantageux pour recevoir la projection dont on a besoin : on rabat ensuite le plan auxiliaire sur l'un des plans coordonnés ; puis, au moyen de ce rabattement, on construit (n° 43) les projections qu'on voulait avoir. Expliquons ceci par un exemple.

51. Supposons que la figure à projeter soit un cercle, dont on connaît le rayon, et dont on a projeté le centre sur les deux plans coordonnés : il est évident que si l'un des plans coordonnés était parallèle au plan du cercle, il suffirait, pour avoir la projection de la circonférence sur ce plan, de décrire, autour de la projection connue du centre, un cercle égal à celui qu'on veut projeter. Pour avoir l'autre projection de la même figure, on prendrait sur une ligne parallèle à la ligne de terre, menée par la seconde projection du centre, et de part et d'autre de ce point, des longueurs égales au rayon.

52. *Construire les projections d'un cercle dont le plan vertical n'est pas parallèle au plan coordonné.*
 — Soient st (fig. 22) la ligne de terre, o et o' les projections du centre, et ikl le plan du cercle. Du point k , avec un rayon égal à ko' , décrivez l'arc $o'r$; élevez au point r une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre, au point o'' , avec une horizontale menée par le point o : ce point o'' sera ce que devient le centre du cercle, quand l'angle ikl se rabat sur ikt . Cela posé, tracez autour du point o'' le cercle dont vous voulez établir les projections, et, prenant un point m'' sur la circonférence, abaissez du point m'' la verticale $m''p$; décrivez, du point k comme centre, l'arc pm' ; menez par le

point m' une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre au point m , avec l'horizontale qui passe par le point m'' : les points m et m' seront les deux projections du point de la circonférence qui se rabattrait au point m'' . Les projections des autres points de la circonférence se déterminent de même, le problème ne saurait offrir aucune difficulté.

53. *Déterminer les projections d'un cercle situé dans un plan perpendiculaire au plan vertical de projection.* — Soient st la ligne de terre (fig. 23), o et o' les projections du centre et ikl le plan du cercle. Du point k , avec un rayon égal à ko , décrivez l'arc or ; menez par le point r une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre, au point o'' avec une horizontale menée par le point o' : ce point o'' sera ce que devient le centre du cercle quand l'angle ikl , tournant autour de kl , se rabat sur $lk l$. Cela posé, tracez autour du point o'' le cercle dont vous voulez établir les projections, et, prenant un point m'' sur la circonférence, menez par le point m'' la verticale $m''p$; décrivez, du point k comme centre, l'arc pm ; menez par le point m une verticale, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre, au point m' , avec l'horizontale qui passe par le point m'' : les points m et m' seront les deux projections d'un point de la circonférence. Les projections des autres points se déterminent de la même manière.

54. *Trouver les projections d'un cercle dont le plan n'est perpendiculaire à aucun des plans coordonnés.* — Soient xy (fig. 24) la ligne de terre, o et o' les projections du centre, et ikl le plan du cercle. Déterminez, comme il a été dit n° 42, le rabatte-

ment $l k m$ du plan $i k l$ sur le plan horizontal; élevez au point o' , sur $b' a'$, une perpendiculaire que vous prolongerez jusqu'à la ligne $b' a'$, au point z , et prenez sur $b' a''$, la ligne $b' o''$ égale à la ligne $b' z$: le point o'' sera le centre du cercle rabattu sur le plan horizontal. Cela fait, décrivez autour du point o'' une circonférence égale à celle dont il faut trouver les projections; il ne vous restera plus qu'à trouver les projections des différents points de cette conférence. Pour trouver la projection horizontale du point n'' , abaissez de ce point, sur $k l$, une perpendiculaire $n'' p f$; du point p , menez une ligne $p q$ parallèle à $b' a''$; prenez sur cette ligne une longueur $p s$ égale à $p' n''$; abaissez enfin du point s , sur $n'' p f$, une perpendiculaire $s n'$, dont le pied n' sera la projection horizontale demandée. Pour avoir la projection verticale du même point, menez par le point n' la ligne $n' t'$ parallèle à la trace $l k$; par le point t' , menez une verticale jusqu'à sa rencontre avec la trace $k i$, au point t ; par le point t menez l'horizontale $t v$, et du point n' abaissez sur cette horizontale la perpendiculaire $n' n$, dont le pied n sera la projection verticale demandée. Les projections horizontales et verticales de tous les autres points s'obtiennent de la même manière.

Projection des corps et de leurs intersections

33. Il y a plusieurs espèces de corps. Les uns sont terminés par des surfaces planes : ce sont les polyèdres. Les autres ont leurs surfaces courbes, et se distinguent par la nature de cette surface : tels

sont les cylindres, les cônes, les solides de révolution, etc. Quelquefois la surface d'un corps a des parties planes et des parties courbes.

Projections des polyèdres

36. Pour projeter un polyèdre, il suffit de projeter tous ses sommets ; car la position des sommets déterminera celle des arêtes, et les arêtes détermineront les faces. Considéré d'une manière générale, le choix des plans coordonnés est une chose indifférente ; mais comme il s'agit ici, non pas de généralités, mais d'applications, on conçoit qu'il faut chercher à profiter de toutes les circonstances qui peuvent abrégier le travail de l'opérateur. Ainsi, par exemple, si le polyèdre contient un grand nombre de lignes parallèles entre elles, comme cela arrive fréquemment aux pièces de charpente, on conçoit qu'en choisissant un plan de projections parallèle à la direction de ces lignes, il y aura un avantage réel pour le charpentier, puisque toutes ces lignes seront projetées sur ce plan dans leur véritable grandeur.

37. *Supposons qu'on veuille construire les projections d'un prisme oblique ayant pour base un pentagone.* — On placera (fig. 23) la base du prisme dans le plan horizontal de projection, et l'on choisira pour plan vertical coordonné un plan parallèle aux arêtes latérales. Alors, si a', b', c', d', e' est la place occupée par la base inférieure du prisme, il est évident que la base supérieure étant parallèle au plan horizontal, il suffira, pour avoir sa projection verticale, de mener d'abord à la ligne de terre une parallèle xy qui en soit éloignée d'une

quantité égale à la hauteur du prisme ; de projeter ensuite les points a', b', c', d', e' , sur la ligne de terre, et de mener enfin par les points a, b, c, d, e , ainsi obtenus, des parallèles am, bn, co, dp, eq , qui soient inclinées sur la ligne de terre, comme les arêtes qu'elles représentent le sont sur les bases du prisme. Ces parallèles rencontrent la ligne xy en des points m, n, o, p, q , qui seront les projections verticales des sommets de la base supérieure. Pour avoir les projections horizontales correspondantes m', n', o', p', q' , par les points m, n, o, p, q , menez des verticales, jusqu'à leurs rencontres en m', n', o', p' et q' , avec les horizontales parties respectivement des points a, b, c, d, e .

58. Les projections d'un corps peuvent être regardées comme deux perspectives, dont les points de vue seraient à des distances infiniment grandes, l'un en deçà du plan vertical, l'autre au-dessus du plan horizontal. Considérées ainsi, on est convenu de tracer en lignes pleines les lignes qui sont censées être vues, et d'exprimer par des lignes ponctuées celles que l'on regarde comme cachées.

La figure 26 représente les projections d'une pyramide. Comme toutes les arêtes de ce corps concourent à un même point, tout ce que l'on a pu faire pour en simplifier les projections, c'est de prendre, pour y projeter la pyramide, un plan vertical parallèle à une des arêtes latérales. Cette arête que l'on reconnaît à sa projection horizontale qui est parallèle à la ligne de terre, est la seule qui ne se dessine pas en raccourci sur le plan vertical de projection.

59. Si la pyramide, au lieu d'avoir sa base sur le

plan horizontal, l'avait sur un plan incliné, ses projections pourraient s'obtenir de la manière suivante.

— Prenez d'abord pour plan vertical coordonné un plan perpendiculaire au plan de la base, et construisez les traces ik , kl (fig. 27) de ce plan que vous avez rendu recto-normal, puis, dans l'angle lkm , rabattement supposé du plan ikl , dessinez exactement la base a'' , b'' , c'' , d'' de votre pyramide, ainsi que la projection t'' de son sommet.

Alors, pour avoir la projection verticale a du point a'' , projetez ce point a'' , en a''' , sur la ligne de terre, et prenez la distance ka égale à ka''' .

Pour avoir la projection horizontale a' du même point, abaissez, du point a , une perpendiculaire à la ligne de terre, et prolongez-la jusqu'à sa rencontre, en a' , avec une autre perpendiculaire suffisamment prolongée et menée du point a'' sur la trace kl .

Les projections verticales et horizontales des autres sommets de la base ayant été construites de la même manière, pour obtenir celles du sommet, projetez le point t'' sur la ligne de terre en t''' ; prenez la distance kt égale à kt''' ; élevez au point t une perpendiculaire ts égale à la hauteur de votre pyramide, et prolongez, jusqu'à leur rencontre mutuelle en s' , deux perpendiculaires respectivement abaissées, des points s et t'' , sur la ligne de terre et sur la trace lk : les points s et s' ainsi obtenus seront les deux projections du sommet de la pyramide, dont les projections se complètent en joignant, sur chaque plan coordonné, la projection du sommet aux projections des différents sommets de la base.

60. *Supposons maintenant que le plan de la base de la pyramide ne soit perpendiculaire à aucun des plans coordonnés, et soient ik, kl (fig. 28) les traces du plan de la base, lkm le rabattement de ce plan, $a'' b'' c'' d''$ la position de la base dans l'angle ikl , et t'' la projection du sommet de la pyramide sur le plan de la base. Pour avoir les deux projections, déterminez d'abord, comme dans le n° 43, les projections horizontale et verticale a' et a , b' et b , c' et c , d' et d de chacun des points $a'' b'' c'' d''$; puis les projections t' et t du point t'' . Alors, des points t' et t menez respectivement, sur les traces kl et ik , les perpendiculaires $t'x'$ et tx : il ne vous restera plus qu'à chercher, d'après le n° 34, les projections $s's$ d'un point (s, s) de la droite $(tx, t'x')$, qui soit distant du point (t, t') d'une quantité égale à la hauteur de la pyramide; car, en joignant le point s à chacun des points a, b, c, d , l'opération sera terminée.*

61 *Projection d'un prisme à base inclinée. — Soient ik, kl (fig. 29) les traces du plan de la base, lkm le rabattement supposé de l'angle ikl ; $a'' b'' c'' d''$ la place occupée dans cet angle par la base du prisme, et t'' la projection, sur le même plan, de l'extrémité de l'arête latérale qui se termine au point a'' . Pour avoir les deux projections du prisme, déterminez, comme dans le n° 43, les projections verticale et horizontale des points $a'' b'' c'' d''$, puis la projection verticale t du point t'' ; élevez ensuite au point t , sur ik , une perpendiculaire ts égale à la hauteur du prisme; menez, par le point s , la ligne gh parallèle à ik : joignez le point a au point s , et, par les points b, c, d , menez à la ligne*

as , des parallèles qui, par leur rencontre avec gh , aux points u, v, x , détermineront les projections verticales des sommets situés sur la base supérieure du prisme : ils compléteront l'élévation de ce corps. Pour avoir la projection horizontale de la même base supérieure, il suffit de déterminer le point s' comme dans le numéro précédent ; de joindre le point a' au point s' , et de mener par les points $b'c'$ et d' des lignes $b'u', c'v', d'x'$, toutes égales et parallèles à la ligne $a's'$. Le polygone $s'u'v'x'$ sera la projection horizontale demandée. Si l'on a bien opéré, les points u et u', v et v', x et x' doivent déterminer trois parallèles perpendiculaires à la ligne de terre.

62. Si le plan de la base du prisme n'était perpendiculaire à aucun des plans coordonnés, pour en construire les projections, il faudrait, outre les traces du plan et de la base et la position de la base sur ce plan, connaître au moins la hauteur du prisme, ainsi que la direction des arêtes latérales ; ou bien la projection d'un des sommets de la base supérieure sur le plan de la base inférieure, ainsi que l'élévation de ce point au-dessus de la base. Supposons que ce soit ceci que l'on connaisse : déterminez (fig. 30), de la même manière que dans le n° 60, les projections $a'b'c'd'$ et $abcd$ de la base du prisme, ainsi que les projections s' , et s du point (s, s') , comme si ce devait être le sommet d'une pyramide. Ensuite si le point (s, s') est le sommet de la base supérieure qui correspond au point (a, a') , tirez as et $a's'$: il ne vous restera plus qu'à mener par les points bcd , des lignes bu, cv, dx , égales et parallèles à as ; et par les points $b'c'd'$, d'autres

lignes $b'u'$, $c'v'$, $d'x'$, égales et parallèles à $a's'$: les points s , u , v , x , ainsi que s' , u' , v' , x' , seront les projections des sommets de la face supérieure du prisme, et, quand on aura tiré su , uv , vx , xs , ainsi que $s'u'$, $u'v'$, $v'x'$, et $x's'$, l'opération sera terminée.

Projection du cylindre, du cône et de la sphère

63. *Projection du cylindre.* — Supposons d'abord (fig. 31) que la base $a'b'c'd'$ soit horizontale, et que le cylindre soit droit ; on pourra prendre le plan de la base pour plan horizontal coordonné : alors cette base $a'b'c'd'$ sera elle-même la projection horizontale du cylindre. Pour avoir son élévation, menez les deux tangentes verticales $a'A$, $c'C$, s'élevant au-dessus de la ligne de terre, de quantités aA , cC , qui soient égales à la hauteur du cylindre ; puis joignez le point A au point C : vous obtiendrez ainsi le rectangle $AacC$, qui est la projection verticale demandée.

64. *Si la base était horizontale et que le prisme ne fût pas droit, il faudrait opérer de la manière suivante.* — Sur le plan horizontal coordonné, dessinez exactement (fig. 32) la base $a'b'c'd'$ de votre cylindre ; puis, après avoir indiqué l'extrémité inférieure a' de l'une des génératrices, déterminez la projection horizontale m' de l'extrémité supérieure de la même droite et mesurez l'élévation de ce point, c'est-à-dire la hauteur du corps. Ensuite, par le point m' , menez sur la ligne de terre une perpendiculaire, et prolongez-la sur le plan vertical, d'une quantité égale à la hauteur trouvée ; menez, par le point m , une horizontale xy ; puis, après avoir mené, dans le plan horizontal,

les tangentes verticales $c'c$, $b'b$, projetez le point a' sur la ligne de terre, au moyen de la verticale $a'a$; joignez le point a au point m , et, par les points c et b , menez à la ligne am des parallèles cr , bs , qui, par leur rencontre avec la ligne xy , détermineront l'horizontale limitée rs , projection verticale de la base supérieure du cylindre.

Pour avoir la projection horizontale de la même base, prenez sur la base inférieure un point (d, d') ; tirez dn parallèle à am , et $d'z'$ parallèle à $a'm'$: le point n sera la projection verticale de l'extrémité supérieure de la génératrice qui passe par le point (d, d') ; et si l'on abaisse, du point n , une perpendiculaire à la ligne de terre, cette perpendiculaire prolongée rencontrera la droite $d'z'$ en un point n' , qui sera la projection horizontale de l'un des points de la base supérieure. Les autres points de la même projection se déterminent de la même manière.

65. On eût pu se contenter de mener la ligne $d'n'$ égale et parallèle à la ligne $a'm'$; mais en indiquant la construction précédente, nous avons voulu mettre le lecteur en état de construire, quand bon lui semblera, les projections coordonnées d'une même génératrice. Il les obtiendra toujours en menant, par des projections coordonnées d'un même point de la base, des droites parallèles à la direction des projections des génératrices sur des plans correspondants.

66. Si l'on compare les opérations à faire pour avoir les projections d'un cylindre, avec celles qui sont nécessaires pour obtenir les projections d'un prisme, il est impossible de ne pas remarquer

l'analogie presque complète qui existe entre les deux systèmes d'opérations. Cela tient à ce qu'un cylindre est un véritable prisme dont la base est un polygone d'un nombre infini de côtés; par conséquent, si le lecteur a bien compris les numéros 61 et 62, il n'éprouvera aucune difficulté pour *obtenir les deux projections d'un cylindre à base inclinée*. Nous l'invitons à essayer cette nouvelle épure sans modèle, en supposant cette base située d'abord sur un plan recto-normal, puis sur un plan vertical, puis enfin sur un plan incliné d'une manière quelconque.

67. *Projections du cône*. — L'analogie qui existe entre le cylindre et le prisme, existe pareillement entre le cône et la pyramide, puisqu'un cône est une véritable pyramide dont la base est un polygone d'un nombre infini de côtés. Consigner ici ce qu'il faut faire, pour obtenir les projections d'un cône, ainsi que la manière d'avoir les projections coordonnées d'une même génératrice, serait donner au lecteur des indications dont il n'a pas besoin, s'il a bien compris ce qui précède. Nous l'engageons toutefois à chercher les projections d'un cône, en supposant sa base successivement située sur le plan horizontal coordonné, sur un plan recto-normal, sur un plan vertical non parallèle à la ligne de terre, et enfin sur un plan incliné d'une manière quelconque.

68. *Projections de la sphère et des solides de révolution*. — Quels que soient les plans coordonnés qu'on choisisse, la projection d'une sphère sur chacun d'eux est un cercle dont le rayon est égal à celui de la sphère. Rien n'est donc plus facile que

d'obtenir les projections de ce corps, puisqu'il suffit de connaître son rayon et les deux projections de son centre. Ainsi, par exemple, les deux cercles égaux o et o' seront, si l'on veut, les deux projections d'une sphère dont le diamètre serait égal à az .

69. Si nous supposons que le demi-cercle abd (fig. 33) tourne autour de l'axe vertical az , la sphère se confondant avec le solide engendré par cette révolution, on pourra regarder la surface comme entièrement recouverte par les circonférences parallèles que décrivent les différents points de la demi-circonférence génératrice. Ces circonférences parallèles ont pour projections verticales des droites parallèles à la ligne de terre; et pour projections horizontales, des circonférences concentriques qui ont pour rayons les distances à l'axe de leurs points générateurs. Ainsi, la circonférence décrite par le point d a pour projection verticale l'horizontale de , et pour projection horizontale la circonférence $o'd'$ dont le rayon $o'd'$ est égal à la distance di . On peut remarquer que les circonférences parallèles engendrées par deux points d et m , également éloignés de l'axe, ont la même circonférence pour projection horizontale.

70. *Cela posé, soit proposé de trouver la projection verticale du point de la surface d'une sphère qui se projette horizontalement au point p' .* — Du point o' comme centre, décrivez d'abord un cercle qui ait pour rayon la distance $o'p'$: ce sera la projection horizontale de la circonférence parallèle, sur laquelle est situé le point dont on cherche la projection verticale. Menez ensuite au cercle $o'p'$ des tan-

gentes verticales, jusqu'à leurs rencontres aux points m et n , ou bien d et e avec la circonférence abz , et tirez les horizontales mn , de vous aurez en elles les projections verticales des circonférences parallèles qui ont pour projection horizontale commune la circonférence $o'p'$. Il ne vous restera plus qu'à mener, par le point p' , une verticale jusqu'à sa rencontre, au point p et q , avec les deux lignes mn et de ; alors p avec p' seront les deux projections d'un point de la surface de la sphère, et q avec p' seront les projections coordonnées d'un second point de la même surface.

71. La courbe $aqpz$ représente la projection verticale de la génératrice, quand elle est arrivée à la position où elle se projette horizontalement suivant le rayon $o'r'$. Pour obtenir cette courbe, il suffit de faire, pour les différents points de $o'r'$, ce qui vient d'être fait pour le point p' .

72. Si avant de faire tourner la demi-circonférence $adbz$ autour de la droite az , on substituait à cette circonférence une toute autre courbe, cette nouvelle courbe en tournant autour de az engendrerait également une surface entièrement formée de circonférences parallèles. Un corps terminé par une surface ainsi engendrée, est ce que l'on appelle en général un *solide de révolution*. Un ellipsoïde est le solide de révolution qu'engendre une moitié d'ellipse tournant, soit autour de son grand axe, soit autour de son petit axe; la terre est un ellipsoïde de ce dernier genre. Un anneau est un solide de révolution dont la surface est engendrée par une circonférence entière tournant autour d'un axe extérieur. Tous les objets fabriqués sur le tour

sont enfin des solides de révolution. Pour avoir la projection verticale d'un solide de révolution, on dessine de part et d'autre d'un axe vertical la figure de sa génératrice ; et, pour avoir la projection horizontale, on trace autour du point, où l'axe vertical se projette horizontalement, un cercle égal à celui que décrit celui des points de la génératrice qui est le plus éloigné de l'axe. On donne ensuite, si l'on veut, une espèce de relief à la projection verticale, en construisant les projections de la génératrice dans un certain nombre de positions.

Section faite à la surface d'un corps par un plan qui la rencontre

73. Lorsque le corps rencontré par le plan sécant est un polyèdre, il est toujours facile de trouver les projections des points où ce plan coupe les différentes arêtes du polyèdre, et de construire, par conséquent, le périmètre ou contour de la section : on peut cependant simplifier beaucoup les opérations, en prenant pour plan vertical coordonné un plan perpendiculaire au plan sécant.

74. Soit proposé, par exemple, de déterminer la section faite dans le prisme pentagonal oblique représenté figure 34, par le plan recto-normal, ayant pour trace verticale la droite xy . — Ce plan coupe évidemment certaines arêtes en des points ayant pour projections verticales les points m, n, p, q, r , dont les projections horizontales coordonnées sont m', n', p', q', r' : ainsi le polygone m', n', p', q', r' est la projection horizontale de la section demandée, section qui a d'ailleurs évidemment pour projection verticale la droite mp .

En effectuant (n° 42) le rabattement, sur le plan vertical, des différents sommets de cette section, il serait facile de la construire elle-même dans sa véritable grandeur.

75. Par le même procédé, on peut trouver la section faite par un plan dans un polyèdre quelconque, pourvu que le plan soit perpendiculaire à un des plans coordonnés (1). Quant aux sections faites à la surface d'un cylindre ou d'un cône, on conçoit aisément que, pour les obtenir, il suffit de construire les intersections avec le plan proposé d'un certain nombre de génératrices que l'on se donne arbitrairement.

76. Les figures 35 et 36 représentent respectivement les sections faites par des plans recto-normaux dans un cylindre et dans un cône. On voit les rabattements, sur l'un des plans coordonnés, des courbes de section : ces deux courbes sont deux ellipses. Le même cône, coupé d'une autre manière, aurait pu donner pour section une courbe d'une espèce différente de celle de l'ellipse; mais, quelle que soit la nature de la section, on l'obtient toujours au moyen des mêmes constructions.

77. *Section faite dans un solide de révolution.* — Soit (fig. 37) xy la trace du plan sécant; il est évident que la droite rs est la projection verticale de

(1) Si le plan sécant était incliné sur les deux plans de projections, on construirait, perpendiculairement au plan donné, un autre plan vertical sur lequel on transporterait la projection du corps, ainsi que la trace du plan; puis, après s'en être servi pour trouver la projection horizontale de la section cherchée, on se servirait de celle-ci pour trouver, sur le plan vertical coordonné primitif, la projection verticale qui correspond à la projection horizontale trouvée.

la section demandée. Pour avoir la projection horizontale de la même coupe, par un point quelconque a de la droite rs , menez l'horizontale mn , ce sera la projection verticale de l'une des parallèles de la surface; et la projection horizontale du même cercle s'obtiendra en décrivant, du point o' comme centre, une circonférence dont le rayon soit égal à mi . Il ne restera plus qu'à mener par le point a une verticale, jusqu'à la rencontre de cette circonférence aux points a' et a'' , pour avoir les projections horizontales des deux points de la section qui ont pour projection verticale commune le point a . Ces deux points obtenus, on en trouvera de la même manière autant d'autres qu'on le jugera convenable.

Intersection mutuelle des surfaces de deux corps, ou pénétration d'un corps dans un autre

78. La ligne suivant laquelle se coupent deux surfaces est entièrement formée de points situés sur ces deux surfaces : ainsi, le problème de la pénétration des corps revient à celui-ci : trouver un point qui appartienne à la fois à la surface des deux corps donnés ; car, une fois un premier point trouvé, il suffira de recommencer l'opération pour en trouver autant d'autres qu'on en aura besoin.

Désignons en général les deux corps par A et par B ; il sera facile de déterminer la section faite dans chacun de ces corps par un plan quelconque C : soit a et b les sections correspondantes aux deux corps A et B . Si les lignes a et b n'ont pas de points communs, c'est qu'elles ne contiennent ni l'une ni l'autre aucun des points qui forment la pénétration

demandée. Si les mêmes lignes a et b ont au contraire des points communs, tous ces points appartiendront à l'intersection des deux surfaces. D'après cela, si l'on coupe successivement les deux corps A et B par un grand nombre de plans C' , C'' , C''' , etc., il est évident que prises deux à deux, les sections a' avec b' , a'' avec b'' , a''' avec b''' , etc., par leurs intersections quand elles se coupent, ne tarderont pas à déterminer complètement l'intersection mutuelle des surfaces des deux corps.

79. Au lieu de couper les corps A et B par une suite de plans C , C' , C'' , on les coupe quelquefois par des surfaces auxiliaires autres que des surfaces planes, parce qu'il en résulte des constructions plus faciles à exécuter.

80. En supposant qu'on ne se serve que de plans, il est bon de les choisir de façon à obtenir le plus aisément possible les sections a et b . Si, par exemple, les corps donnés sont deux cylindres, en prenant un plan auxiliaire C au hasard, ce plan couperait presque toujours les deux cylindres A et B suivant deux ellipses a et b que l'on ne peut trouver qu'avec peine. En choisissant, au contraire, pour plan C , un plan parallèle aux génératrices des deux cylindres, ce plan auxiliaire ne les coupera tous deux que suivant des lignes droites faciles à obtenir.

S'il s'agissait de voir la pénétration de deux cônes, il serait bon de faire passer les plans auxiliaires par les sommets des deux cônes.

82. S'il s'agissait enfin d'un cône et d'un cylindre, on ferait passer les plans auxiliaires par le sommet du cône, en ayant soin de les prendre paral-

lèles aux génératrices du cylindre. Au reste, l'habitude des opérations de ce genre suffit pour faire trouver à l'opérateur le système des constructions qui conviennent le mieux, dans chaque circonstance particulière où il a besoin de recourir à la méthode des projections.

Projections ombrées

Fixation de la limite des ombres

83. Il est quelquefois nécessaire d'ombrer les projections des corps, afin de rendre ces projections plus intelligibles. Quand cela arrive, ce qui est assez rare pour le charpentier, à moins qu'il ne soit aussi entrepreneur de bâtiments, on suppose presque toujours que le corps dont on veut ombrer les projections est éclairé par le soleil, et que la direction des rayons parallèles émanés de cet astre est telle, que chaque rayon projeté sur les deux plans coordonnés y fait (du côté de gauche) un angle de 45 degrés avec la ligne de terre. Le corps, dans cette hypothèse, projette son ombre à sa droite et derrière lui.

84. Si l'on eût supposé le corps éclairé par derrière, les projections des rayons lumineux, restant inclinées de 45 degrés avec la ligne de terre, fussent devenues parallèles entre elles. Cela eût été avantageux sous le rapport du trait ; mais cet avantage eût été contrebalancé, et au delà, par un inconvénient qui en fût résulté pour les dessins ombrés. Cet inconvénient consiste en ce que la partie visible de l'élévation des corps eût été, dans ce cas,

la partie privée de lumière. Nous nous en tiendrons à la première hypothèse.

85. Dans l'une comme dans l'autre, rien n'est plus facile que de construire des projections du rayon de lumière qui passe par un point donné : il suffit, en effet, de mener, par les projections de ce point, des lignes qui fassent avec la ligne de terre, et du côté convenu, des angles de 45 degrés.

Rien n'est plus facile encore que de trouver l'ombre portée par un point sur un plan quelconque, puisque tout se réduit à construire le rayon de lumière qui passe par ce point, et à trouver (n° 22) le point de rencontre de la droite ainsi construite avec le point donné, dont on est censé connaître les traces.

86. Quand les traces d'un plan sont inconnues, et que l'on connaît seulement (fig. 38) les projections coordonnées $abcde$, $a'b'c'd'e'$ d'une figure située sur sa surface, pour obtenir le point où il est rencontré par une droite (rs , $r's'$), voici comment on opère, quand on ne veut pas recourir à la détermination préalable des traces.

On cherche les projections horizontales m' , n' qui correspondent aux points m et n , où le périmètre $abcde$ est rencontré par la projection rs ; on joint ensuite le point m' au point n' , et l'on prolonge $m'n'$ ainsi que $r's'$, jusqu'à leur rencontre au point x' qui a pour coordonné, sur rs , le point x .

De cette manière, on obtient en général un point (x, x') qui est celui où la droite rencontre un plan. Si ce point (x, x') ne pouvait s'obtenir, la droite serait parallèle au plan : s'il se trouvait placé hors de la figure, ce serait une preuve que la droite

donnée ne rencontre pas la figure donnée, quoiqu'elle en rencontre le plan prolongé.

87. Occupons-nous maintenant de construire (fig. 39) l'intersection d'une droite ($fg, f'g'$) avec la surface d'un polyèdre. Pour cela, déterminons d'abord les projections horizontales m', n', o', i' , qui correspondent aux différents points m, n, o, i , où la droite fg rencontre les arêtes projetées verticalement ; puis, joignant entre eux ceux de ces points qui sont situés sur une même face du polyèdre, construisons la figure $m'n'o'i'$: ce sera la projection horizontale de la section faite, dans le polyèdre, par le plan qui projette verticalement la droite donnée. Or, le polygone $m'n'o'i'$ rencontre ici la projection $f'g'$ en deux points x', z' ayant pour coordonnés sur fg les points x, z ; donc chacun des points (x, x') , (z, z') que nous avons trouvés, est un des points où la droite donnée rencontre la surface du polyèdre dont nous avons les projections.

88. Pour trouver l'ombre portée par un point sur un cylindre, sur un cône ou sur une surface quelconque de révolution, il faut être en état de résoudre les trois nouveaux problèmes dont nous allons nous occuper, et qui trouvent fréquemment leur application dans la charpenterie.

89. *Trouver la rencontre d'une droite ($ab, a'b'$) avec la surface d'un cylindre (fig. 40).* — Déterminez la trace horizontale $m'n'$ d'un plan mené par la droite donnée parallèlement aux génératrices du cylindre : cette trace coupera la trace du cylindre en des points c', d' , ayant pour coordonnés, sur le plan vertical, les points c et d . Si par les points c'

et d' , vous menez ensuite des génératrices, elles rencontreront la projection $a'b'$ en des points x', y' , qui seront les projections horizontales des points cherchés. Les projections verticales correspondantes s'obtiendront de la même manière; et si l'on a bien opéré, les points x et x' , ainsi que y et y' seront sur les deux mêmes perpendiculaires à la ligne de terre.

La ligne donnée ne rencontrerait pas le cylindre si ces projections ne rencontraient pas celle de ce corps, ou même si la droite $m'n'$ ne rencontrait pas la trace horizontale de la surface cylindrique.

90. *Trouver la rencontre d'une droite ($ab, a'b'$) avec la surface d'un cône (fig. 41).* — Déterminez la trace horizontale $m'n'$ d'un plan mené par la droite donnée et par le sommet (s, s') du cône : cette trace coupera généralement la trace de la surface conique en deux points c' et d' , qui ont pour projections verticales les points c et d . Si, par les points (c, c') , (d, d') vous construisez enfin deux génératrices, les points (x, x') , (y, y') , où ces génératrices rencontreront la ligne $(ab, a'b')$, seront précisément les points demandés.

91. Presque toujours une droite pénètre un corps en plusieurs points : ces points de pénétration se distinguent quelquefois en points d'entrée et points de sortie.

92. Quand la droite dont on cherche la pénétration dans un corps représente un rayon de lumière qui passe par un point dont on cherche l'ombre portée, c'est le point de pénétration le plus voisin de ce point qui en représente l'ombre projetée.

93. *Trouver la rencontre d'une droite ($ab, a'b'$)*

avec une surface de révolution (fig. 42). — Déterminez (n° 77) la projection horizontale $m'n'o'p'$ de la section faite dans le solide donné par le plan qui projette la droite verticalement : le périmètre de cette section rencontrera généralement la projection $a'b'$ en deux points x' et y' qui sont des projections horizontales des points demandés. Les projections verticales correspondantes x et y s'obtiennent ensuite, en menant à la ligne de terre des perpendiculaires que l'on prolonge chacune jusqu'à son intersection avec la droite ab .

94. Les constructions précédentes sont applicables à tous les corps imaginables ; mais, appliquées au cylindre ou au cône, elles sont plus pénibles que celles dont nous nous sommes servis, n° 80 et 81.

95. Maintenant, le problème de la détermination rigoureuse de la limite des différentes ombres d'un corps mis en projection, ne saurait offrir de difficulté au lecteur, familiarisé avec les idées qu'il faut attacher à ces expressions : séparation d'ombre et de lumière, ombre propre, ombre portée ou projetée.

96. Pour le résoudre, on doit commencer par construire une suite de plans parallèles aux rayons de lumière ; on détermine ensuite l'intersection de chaque plan avec la surface du corps éclairé, ainsi qu'avec celle du corps qui reçoit l'ombre portée ; on mène enfin, à la première section, des tangentes parallèles aux rayons de lumière, en ayant soin de les prolonger jusqu'à la deuxième section obtenue : les points de rencontre que l'on obtient sur cette dernière figure sont les ombres portées sur le se-

cond corps par les points de contact des tangentes, points qui font eux-mêmes partie, sur ce premier corps, de la ligne qui sépare l'ombre de la lumière.

97. De toutes ces opérations, la plus pénible est celle qui consiste à trouver la section faite dans les deux corps par chacun des plans de la série dont on se sert; aussi doit-on s'appliquer à simplifier cette partie du travail en choisissant les plans sécants parallèles aux rayons de lumière, de manière à obtenir, le plus aisément possible, les sections dont on a besoin.

98. *Soit proposé, pour unique exemple, de construire sur un solide de révolution, la ligne qui sépare l'ombre de la lumière, ainsi que l'ombre portée par cette ligne sur les deux plans coordonnés.* — On choisira pour plans sécants les plans recto-normaux qui ont pour traces des lignes parallèles à la projection verticale des rayons de lumière : chacun de ces plans coupera le corps suivant une courbe dont on construira aisément (n° 77) la projection horizontale, au périmètre de laquelle on mènera des tangentes dont les points de contact auxquels correspondent des points coordonnés, faciles à trouver, feront connaître deux des points de la ligne cherchée. Les autres points de cette ligne s'obtiendront tous de la même manière.

En construisant (n° 7) les points où les rayons lumineux qui passent par les différents points de la ligne trouvée, rencontrent un des plans coordonnés, on obtient ensuite aisément la limite de l'ombre que le solide de révolution projette sur l'un ou l'autre des plans de projections, ou sur

tous les deux, si l'ombre portée se trouve répartie sur les deux plans coordonnés.

99. Il n'est pas toujours nécessaire de recourir aux constructions du n° 7, pour obtenir les ombres que les points de la séparation d'ombre et de lumière projettent ou peuvent projeter sur les plans coordonnés. En effet, lorsque la lumière arrive à l'objet dessiné, de manière que les projections des rayons lumineux rencontrent toutes deux la ligne de terre sous un angle de 45 degrés, l'ombre portée par un point quelconque sur l'un des plans coordonnés, est toujours distante de la projection de ce point d'une quantité précisément égale à la quantité dont l'autre projection est éloignée de la ligne de terre. De même, l'ombre portée d'un point sur un plan parallèle à l'un quelconque des plans de projection, est toujours aussi loin de la projection sur ce plan du point qui y projette son ombre, que ce point lui-même est éloigné du plan qui en reçoit l'ombre portée.

100. Ainsi, qu'un édifice, comme cela est fort ordinaire, ne présente pas de surfaces courbes sur lesquelles il y ait des séparations d'ombre et de lumière difficiles à déterminer, rien ne sera plus facile que d'indiquer les ombres portées, soit sur des plans horizontaux, soit sur des plans parallèles au plan vertical coordonné : il suffira pour cela, de chercher sur chacune des projections quelle est la saillie qui représente la distance à mettre, sur l'autre projection, entre la projection d'un point et son ombre. Ce travail n'exige pas que les deux projections que l'on veut ombrer soient sur une même feuille de papier. Tel est le plus

grand avantage que l'on obtient en inclinant la lumière comme on le fait ordinairement. Cet avantage consiste, on le voit, dans la possibilité qui existe, pour l'opérateur, d'obtenir certaines ombres, sans le secours de traces faites simultanément sur les deux plans coordonnés.

101. *Au reste quand il ne s'agit que d'un cylindre ou d'un cône, la séparation d'ombre et de lumière est excessivement facile à trouver.* - Menez pour cela, à la trace horizontale du plan qui vous occupe, des tangentes parallèles aux projections horizontales des rayons lumineux : les génératrices qui aboutissent aux points de contact seront celles qui appartiennent à la ligne de séparation que vous cherchez.

Forcé de nous restreindre au petit nombre de notions qui précèdent, nous engageons vivement le lecteur à bien s'exercer à l'exécution rigoureuse de toutes les épures dont nous n'avons pu que lui indiquer la construction.

CHAPITRE II

Bois de charpente

SOMMAIRE. — I. Des bois en général, et principalement de ceux qui sont propres aux constructions. — II. Mesurage ou cubature des bois. — III. Mode de livraison des bois dans le commerce. — IV. Dessiccation des bois. — V. Conservation des bois. — VI. Incombustibilité des bois. — VII. Courbure des bois.

I. DES BOIS EN GÉNÉRAL ET PRINCIPALEMENT DE CEUX QUI SONT PROPRES AUX CONSTRUCTIONS

Structure des bois

Le bois est la partie ligneuse interne des arbres, les plus grands et les plus forts de tous les végétaux qui croissent sur la terre. La solidité de sa texture et la facilité avec laquelle il se divise l'ont fait employer dans un grand nombre d'usages domestiques et de constructions importantes, telles que celles des planchers, des combles, des ponts, etc. : dans beaucoup de cas, il remplace même la maçonnerie.

Tous les bois cependant ne sont pas également propres à former de grandes charpentes, car ils présentent des caractères très distincts, suivant l'espèce à laquelle ils appartiennent. Les plus con-

venables à cet usage sont même en très petit nombre ; nous les indiquerons ci-après.

Comme tous les végétaux, les arbres croissent par le développement de leur semence dans le sein de la terre, et par l'expansion de leurs racines, qui les soutiennent contre les vents et les orages, et leur servent à pomper la sève et les autres sucs nécessaires à leur entretien. En s'élevant du sein de la terre dans le cœur de l'arbre, la sève trace, par couches concentriques, des fibres ligneuses qui servent de conduits à la substance de l'arbre, et elle forme de cette manière la partie la plus dure du bois.

Les branches et les feuilles sont les diverses ramifications qui terminent l'arbre : leurs aspérités ou les poils qui les recouvrent, absorbent l'air et l'humidité nécessaires à leur croissance.

Comme les autres plantes, les arbres donnent des fleurs et des fruits qui contiennent leurs semences. Ils se déplacent facilement lorsqu'ils sont jeunes, et ils peuvent alors être replantés en d'autres lieux et sur un autre sol.

Le *tronc* de l'arbre est composé de l'*écorce*, de l'*aubier* et du *cœur du bois*, qui est la seule partie propre à la charpente.

L'*écorce* est une substance molle remplie de gerçures : elle est formée du *liber* ou *livret* qui est sa partie intérieure, et de l'*épiderme* qui est son enveloppe extérieure.

L'*aubier* est situé entre l'*écorce* et le *bois*, avec lequel il s'identifie par l'effet de la végétation : c'est d'abord un bois tendre et imparfait.

Le *bois* est composé d'une masse de fibres com-

factes qui résultent du serrement progressif des filaments de l'aubier, serrement qui provient de l'interposition constante et ascendante de la sève.

Les réseaux concentriques qui résultent de cette assimilation indiquent par leurs couches la croissance de chaque année. Ces couches ont une épaisseur à peu près constante, qui ne varie guère que dans les différentes espèces d'arbres : elles sont plus serrées vers le centre qu'à la circonférence ; mais elles ne sont point également apparentes dans toutes les espèces ; ainsi, dans les bois tendres et résineux, elles sont plus marquées que dans le chêne, dans l'orme et dans le frêne. Ces notions sont essentielles à savoir, parce qu'elles mettent à même de bien apprécier la résistance que les nombreuses variétés des bois peuvent opposer soit à la flexion, soit à la rupture.

On divise les bois de construction en deux qualités principales : les bois *durs* et les bois *tendres* ou *mous*. La première dénomination appartient aux bois qui sont d'une contexture ferme et d'une fibre grosse. Ils viennent des pays chauds ou tempérés et des fonds pierreux et sablonneux ; tels sont le chêne, l'orme, le frêne, le hêtre et l'érable.

La seconde comprend les bois d'un tissu plus léger, et le plus souvent blanc, tels que le sapin, le pin, le châtaignier, le tilleul, l'aulne et le peuplier. Ces dernières espèces ne sont propres, toutefois, qu'à former de petits *échafaudages*, des *cintres*, des *ponts de service*, etc. ; mais comme moyen d'exécution seulement et pour de légers travaux.

En général, pour les constructions qui doivent être durables, il faut toujours préférer les bois qui

sont grands, durs, difficiles à éclater et incorruptibles à l'eau, surtout lorsqu'on veut en faire usage dans les travaux hydrauliques. Les meilleurs se tirent des grandes forêts, et principalement du nord de l'Europe et de l'Amérique, des Pyrénées et de l'Auvergne : cependant, pour les petites constructions, on peut se contenter du bois des pays où elles se font. A Paris, on ne fait guère usage que de ceux qui viennent de la Champagne et du département de l'Allier : ces derniers sont préférables, parce qu'ils sont plus durs que les premiers.

Nous allons passer à l'examen de chacune des espèces, afin de nous mettre à même d'en déduire successivement les usages auxquels leurs bois sont propres. C'est de cette connaissance indispensable que doit partir le constructeur, pour se conduire dans le choix qu'il doit faire des uns et des autres, dans tels ou tels travaux.

Chêne

On distingue plusieurs espèces de chênes : celle qui fournit le bois le plus propre à la charpente, porte des glands à longs pédoncules. On peut diviser cette espèce en deux variétés. La première comprend les chênes à gros glands ; leur feuille est grande, leur écorce lisse et grisâtre ; leur bois est d'un blanc jaunâtre et sans beaucoup d'aubier ; il est ferme, élastique, aisé à fendre et il se travaille avec facilité. Sa couleur et la texture de ses fibres ont beaucoup de ressemblance avec celle du châtaignier : ce qui avait fait croire, pendant longtemps, que quelques anciens constructeurs avaient

employé celui-ci dans leurs constructions en charpente.

La seconde variété a la feuille petite et l'écorce gercée : son bois, d'une couleur foncée, est très dur, rarement droit, ses fibres sont souvent torses et presque toujours coupées par des nœuds qui en rendent la main-d'œuvre difficile. Lorsqu'il est débité, il est sujet à se gercer. Son poids spécifique est plus considérable que celui de la première variété. Il convient aux travaux qui doivent rester exposés à l'intempérie des saisons, ou peut servir aux fondations des édifices.

Le manque des espèces ci-dessus peut obliger à employer celles qui sont d'une qualité inférieure; mais alors on doit préférer, selon la nature du travail à exécuter, celles d'entre elles qui auront le plus d'analogie avec les espèces que nous venons d'indiquer.

On voit donc que le chêne, à raison de ses nombreuses qualités, est propre à une multitude d'ouvrages; aussi, de tous les bois, est-il celui qui a le plus fixé l'attention des constructeurs : nous ajouterons encore que la petitesse de ses pores et sa densité considérable le rendent presque impénétrable à l'eau. Lorsqu'il y est plongé, ou lorsqu'il est employé dans les travaux pratiqués sous terre, il acquiert une dureté extraordinaire et demeure indestructible.

Dans les constructions hydrauliques, il faut éviter, autant que possible, de faire passer souvent le chêne de l'état de sécheresse à l'état d'humidité, et réciproquement, parce que alors, ainsi que tous les bois en général, il se tourmente, se fend et se dé-

lérieure. En pareil cas, lorsqu'il est bien sec, travaillé et mis en place, on peut le goudronner ou le peindre, pour le préserver de cet inconvénient.

Lorsque les jeunes chênes peuvent donner des bois de grandeurs suffisantes, on doit les préférer aux vieux.

Le chêne ne croît ni dans la zone torride ni dans les climats glacés. Le milieu ou le nord de la France et de l'Allemagne, et les terrains dont la couche de terre végétale a de la profondeur, lui conviennent en général.

Les sols maigres et pierreux sont plus favorables à la végétation de l'espèce la plus dure.

L'exposition du midi est la plus convenable à la bonne qualité des chênes qui végètent dans les terrains humides. Quant à ceux qui sont situés au nord ou au levant, c'est une terre sèche ou légère qu'il leur faut. L'exposition du couchant est la moins bonne.

Sapin

Le sapin croît le plus ordinairement sur les plus hautes montagnes, telles que les Alpes, les Pyrénées, les Vosges : mais c'est principalement dans le nord de l'Europe qu'il vient en abondance. Ce dernier est le plus estimé, en ce qu'il a sur les autres espèces une supériorité qui le rend préférable : son grain est fin et ses fibres très flexibles. Celui des Pyrénées est également fort estimé ; cependant, comme il est moins pénétré de gomme, il se détériore beaucoup plus vite.

La texture du bois de sapin est moins dense et moins uniforme que celle du chêne : il est, en gé-

néral, flexible et sujet à se fendre. On en distingue deux espèces, le rouge et le blanc. Le rouge est le meilleur, comme étant le moins susceptible d'être piqué par les vers : ce qu'on attribue à la résine qu'il contient plus abondamment que le blanc. Ce dernier au contraire est très sujet à être rongé par ces insectes qui s'y engendrent facilement; cet inconvénient se fait sentir notamment dans celui du Nord, des Vosges et de la Bourgogne.

Le sapin, quoique inférieur au chêne sous beaucoup de rapports, peut cependant servir dans la charpente des combles, pour les poutres, les solives et les planchers; ou bien pour former de légères toitures, telles que celles qui se font en zinc. Cependant nous pensons qu'on ne doit guère l'employer pour des poutres d'une longue portée, que quand elles ne sont point destinées à recevoir de fortes charges. Le seul cas où il puisse prévaloir en tout sur le chêne, c'est quand il est chargé verticalement; car alors on le trouve d'un cinquième plus fort.

Dans le nord de la France, on en fait un très grand usage pour les constructions de planchers : mais l'économie qu'il procure est fort médiocre à cause de sa durée bien inférieure à celle du chêne, et du choix qu'il faut faire des planches sans nœuds, et les nœuds qui fourmillent dans cette espèce de bois, occasionnent souvent un déchet considérable.

Pin

Le pin participe essentiellement de la nature du sapin : il est cependant moins résineux et peut fournir d'assez bon bois pour la charpente. On pré-

tend que l'extraction de la résine qu'il contient n'allère pas sa qualité lorsqu'on y procède avec soin. On peut en faire usage pour les madriers, pour les tuyaux servant aux conduites d'eau, pour les corps de pompes, pour les mâts et pour les bordages des vaisseaux.

Mélèze

Le mélèze est un arbre résineux : son bois est presque blanc ; mais il a l'inconvénient de se noircir au bout de quelques années, lorsqu'il est exposé à l'air.

En Russie, on en fait un fréquent usage dans la construction des maisons. Lorsque la résine qu'il contient abondamment s'échappe de ses pores, par l'effet de la chaleur solaire, elle s'étend sur sa surface, et finit, en durcissant, par le rendre impénétrable à l'eau.

Hêtre

Son bois est plein, dur, mais sujet à se vermouler. On peut le préserver de ce défaut en le purgeant de sa sève, ce qui se fait en le laissant quelque temps dans l'eau, et en l'exposant ensuite à la fumée. Lorsque le hêtre est sec, il a en outre l'inconvénient de se fendre : il se rompt aussi plus aisément que le chêne. On ne doit donc s'en servir, pour les grosses charpentes, qu'à défaut d'autre bois meilleur.

Aulne

Le bois d'aulne est d'une contexture fine et serrée ; il se travaille bien et se conserve longtemps

dans l'eau où il se durcit; il est excellent pour les pilotis et pour les autres constructions analogues.

Peuplier

La contexture de son bois est uniforme; il est à la fois léger, tendre et facile à travailler: quelques personnes le préfèrent au sapin, surtout pour former des planchers, parce qu'il est moins inflammable. L'espèce dite *de Lombardie* est la meilleure, comme étant la plus dure.

Châtaignier

Son bois est dur et compact; lorsqu'il vieillit, il devient cassant et sujet à se fendre. Il est également sujet à la vermoulture intérieure, tout en conservant une apparence de force qui trompe l'œil le plus exercé.

Platane

La contexture de son bois ressemble à celle du hêtre; mais il est plus dur et plus fort: on ne l'emploie guère dans les constructions.

Orme

Son bois, plein, ferme et liant, est difficile à travailler; il se tourmente beaucoup et convient peu aux ouvrages de charpente: on s'en sert pour les corps de pompe.

Tableau de plusieurs espèces d'arbres qui sont susceptibles d'être employés dans la charpente, indiquant les hauteurs moyennes auxquelles ils peuvent s'élever, le diamètre de leur tronc et le terrain qui leur convient.

NOMS DES ARBRES	HAUTEUR MOYENNE		DIAMÈTRE des troncs	TERRAIN QUI LEUR CONVIENT
	des arbres mètres	des troncs mètres		
Aulne commun . . .	25	14	75	Humide, marécageux.
Charme commun . . .	18	10	54	Froid, aride.
Châtaignier . . .	24	14	72	Toute terre, mieux vaut un bon terrain.
Chêne commun . . .	27	14	81	<i>Idem.</i>
Chêne vert . . .	21	12	63	<i>Idem.</i>
Frêne . . .	20	12	60	Terre humide.
Hêtre . . .	24	14	72	Gras, humide.
Marronnier d'Inde . . .	24	14	92	Sableux, marneux, toute terre non humide.
Mélèze . . .	25	15	90	Froid, dur, élevé.
Noyer . . .	18	15	92	Toute terre, mieux vaut qu'elle soit profonde, riche, grasse, ferme.
Orme . . .	24	14	80	Terrain marneux, frais, un peu sec.
Peuplier . . .	25	15	81	Gras, humide, marécageux.
Pin du Nord . . .	27	15	87	Sableux, montueux, etc.
Platane . . .	25	13	90	Humide.
Sapin . . .	32	18	120	Sableux, sec, marneux, élevé.
Tilleul . . .	18	10	66	Humide, marécageux, marneux, sableux.

Défauts et vices des arbres

Les arbres sont sujets à des défauts ou vices intérieurs qui les rendent presque toujours impropres aux constructions lorsqu'ils en sont atteints. Ces défauts peuvent se reconnaître en sondant avec la hache, le ciseau ou la tarière, les parties que l'on suppose affectées.

Les défauts les plus remarquables sont : les *abreuvoirs*, les *chancres*, les *cicatrices*, les *écoulements de sève*, les *excessences* et les *gouttières*.

Les *abreuvoirs* se forment ordinairement aux aisselles, qui sont les points de réunion de deux ou de plusieurs branches. Lorsque les grands vents ou le poids du givre occasionnent la séparation d'une branche d'avec le tronc, il arrive que les eaux pluviales, ou celles qui proviennent des neiges, s'introduisent dans l'intérieur de l'arbre, qu'elles pénètrent jusqu'à son cœur, et qu'elles y occasionnent une pourriture qui s'étend de l'abreuvoir aux racines. Ce défaut se reconnaît aux taches blanches et rousses qui apparaissent sur l'écorce, du haut au bas de l'arbre.

Les *chancres* sont des espèces d'ulcères d'où il suinte, en tout temps, une eau rousse, âcre et corrompue. Les trous faits par des oiseaux ou par des insectes, l'arrachement d'une branche enlevée sans précaution, ou rompue avec éclats, sont les principes les plus ordinaires de ce mal. Pour s'assurer de l'état d'un arbre, on sonde la partie viciée, et, si l'on en retire du bois vergeté ou rouge, l'arbre doit être mis au rebut.

Les *cicatrices* proviennent d'anciennes plaies,

telles que l'enlèvement de l'écorce par le frottement des voitures, etc. Lorsqu'elles ne s'annoncent que par une petite roulure, l'arbre peut être sain ; mais quand l'ouverture, qu'on appelle communément *œil-de-bœuf*, est grande, l'arbre est gâté.

Les *écroulements de sève* par les gerçures de l'écorce dénotent toujours le plus prompt dépérissement.

Les *excessences* ou *excroissances* sont des superfluités de la partie ligneuse. Il en est de rondes, et d'autres qui règnent dans toute la longueur de la tige : mais quelles qu'elles soient, elles doivent toujours rendre un arbre suspect. Les coups de soleil ou de fortes gelées peuvent produire cet effet, en occasionnant une altération dans les couches ligneuses nouvellement formées. Alors la sève, qui tend à réparer cette altération, amène le boursoufflement.

Enfin, les *gouttières* proviennent des eaux qui filtrent du haut de l'arbre aux racines : elles produisent une altération intérieure, et occasionnent des cicatrices par lesquelles la sève s'épanche et se perd.

On doit aussi ranger parmi les arbres défectueux ou impropres aux constructions, ceux dits *sur le retour* ou ceux qui sont atteints de *mort* : on entend par retour, le dépérissement par vieillesse. Dans cet état, les branches de la cime forment une tête arrondie, ce qui tient à ce qu'elles ne croissent pas avec la même vigueur : quelques-unes même dépérissent dans la partie supérieure. L'arbre, sur le retour, se garnit de bonne heure de feuilles au printemps ; mais elles sont hâtives à tomber en au-

l'omme; son cœur se détériore, et des écoulements de sève ont lieu par l'écorce, qui se gerce et se couvre de plantes parasites, nommées *mousse*, *lichens*, *agarics* ou *champignons*.

Les arbres défectueux peuvent encore avoir d'autres espèces de défauts; mais nous n'en parlerons qu'en traitant de l'équarrissage, attendu que ces défauts ne peuvent être reconnus que lorsque les bois sont débités.

Age auquel on doit abattre les arbres

L'âge auquel on doit abattre les arbres n'est pas le même pour toutes les espèces. Le chêne, par exemple, croît pendant deux cents, trois cents, et même plus de trois cents années; tandis que le saule et le peuplier se pourrissent et se détruisent à un âge peu avancé. Il serait bien difficile de préciser l'époque du *maximum* de produit des arbres, attendu que leur croissance éprouve des variations par une multitude de causes qu'on ne saurait quelquefois ni prévoir, ni définir. Les expériences et les observations qui ont été faites jusqu'à ce jour à cet égard ont présenté, dans leurs résultats, des anomalies si grandes qu'il nous paraît douteux que cette question puisse être jamais résolue d'une manière satisfaisante. Cependant, si on ne l'envisage que sous le point de vue pur et simple de l'intérêt du propriétaire, on arrivera à cette solution, qui peut suffire dans beaucoup de cas, c'est que l'arbre doit être abattu lorsque son augmentation annuelle cesse d'être assez sensible pour qu'il y ait du bénéfice à le conserver. Hors ce cas, tant que

L'arbre n'est point défectueux ou atteint de quelques-uns des accidents dont nous avons parlé plus haut, on peut le laisser croître; c'est donc moins l'âge que l'état de santé d'un arbre que l'on doit considérer, pour déterminer l'instant où il doit être abattu.

Lorsque les arbres se corrompent, on peut en faire des coupes en éclaircie; mais, lorsqu'il s'agit d'une coupe totale, il n'est point indifférent de connaître l'âge où il est le plus profitable de la mettre à exécution. Cet âge, pour le chêne, est entre 60 et 200 ans; pour les bois blancs, c'est entre 20 et 40 ans. Il est rare qu'elle se fasse en deçà ou au delà de ces deux termes.

La solidité et la durée des bois sont d'une considération importante dans les constructions. Or, ces deux qualités dépendent particulièrement l'une et l'autre de la dessiccation des arbres; c'est pour cela qu'on a cherché, dans tous les temps, à donner au bois les deux qualités essentielles dont nous venons de parler, en perfectionnant les différentes méthodes d'abatage. A cet égard, quelques praticiens avaient d'abord pensé que la lune pouvait exercer une influence plus ou moins favorable sur la qualité du bois: ils voulaient, en conséquence, qu'on prît le temps de son *décours* pour effectuer les coupes; parce qu'à cette époque, les bois doivent être, selon eux, moins sujets à se pourrir. Depuis longtemps, l'expérience a prouvé que cette assertion, qui n'était fondée sur aucune observation, ni sur rien de raisonnable, n'était autre chose qu'un préjugé. On a reconnu, en effet, que le chêne pouvait être abattu en *nouvelle lune*, en *décours*, en

été ou en *hiver*, et qu'il se conserve également bien ; qu'il peut être aussi abattu en pleine sève, mais dépourvu d'aubier, sans être, pour cela, plus sujet à être piqué des vers que celui qu'on abattrait dans une autre saison. Cependant, pour faciliter la dessiccation, il est préférable de faire les coupes lorsque la sève est inactive, et spécialement à l'approche de l'hiver, pour le chêne, l'orme, le châtaignier, etc. ; au lieu que, pour le sapin, il faut préférer les mois d'avril ou de mai, parce qu'alors la sève ne monte point encore. L'été paraît être aussi une saison favorable pour l'abatage, attendu que les arbres contiennent moins d'humidité lorsqu'il fait chaud.

L'abatage des arbres peut se faire de quatre manières : 1° en les sciant par le pied ; 2° en les entaillant avec une cognée pour les faire tomber ; 3° en coupant leurs racines pour les enlever en les faisant pivoter ; 4° enfin, en les déracinant.

La seconde de ces méthodes est la plus usitée, parce qu'elle est la plus commode, la plus facile et la moins coûteuse.

Avant d'abattre un arbre, il faut toujours déterminer la direction suivant laquelle on se propose de le faire tomber. Lorsque cette mesure sera prise, on fera, du côté de la chute, une entaille, le plus près possible des racines, en dépassant de beaucoup le centre de l'arbre ; puis, du côté opposé, on en pratiquera une seconde pour faire tomber l'arbre.

On doit éviter de le renverser sur de grosses branches susceptibles d'être équarries, de peur qu'elles ne se brisent par le choc qu'elles éprouvent

en tombant; si donc la situation de l'arbre ne permettait pas de tenir compte de cette observation, il serait prudent de détacher les branches avant de provoquer la chute du tronc.

C'est au moyen des cordages, dont on se sert pour maintenir les arbres pendant l'opération, qu'on détermine la direction qu'ils doivent prendre en tombant.

Equarrissage et sciage des bois

Equarrir un arbre, c'est le rendre carré, de rond qu'il était auparavant : cette opération se fait en enlevant, dans le sens de la longueur de l'arbre, des parties telles qu'il en résulte quatre faces perpendiculaires ou d'équerre entre elles. Avant d'équarrir, il faut scier le tronc de la longueur que l'équarrissage peut porter, et le dégarnir de ses branches.

On appelle *bois d'équarrissage* celui qui est équarri sous la forme d'un parallépipède rectangle. On ne donne pas moins de 33 centimètres de côté à chaque façon; mais on débite les grosses solives en petites, nommées *chevrons*, qui ont 10 à 12 centimètres d'équarrissage.

L'équarrissage se fait de deux manières, à la cognée ou à la scie : les bûcherons et les équarris-seurs emploient la première, et les *scieurs de long* la seconde. Celle-ci, quoique moins expéditive et plus coûteuse, est cependant préférable à l'autre, parce qu'on en retire des *dosses* ou morceaux de bois, qui peuvent être utilisés dans beaucoup de circonstances, et qui ont une valeur telle, qu'elle

est souvent plus considérable que l'excédent du prix de la main-d'œuvre; tandis que, suivant la première, le bois enlevé est réduit en copeaux, et n'est bon qu'à être brûlé.

Pour que les dosses dont nous venons de parler puissent présenter quelque valeur, il faut que le tronc soit le plus droit possible.

Ce qui doit guider dans le choix de l'un ou de l'autre de ces deux modes d'équarrissage, c'est : 1° la grosseur de l'arbre; 2° la forme de la dosse qu'on peut obtenir; 3° sa valeur dans le pays; et 4° la différence du prix entre l'équarrissage à la cognée et l'équarrissage à la scie de long.

Lorsque la valeur de la dosse excèdera la différence des prix, il faudra donner la préférence à l'équarrissage à la scie : dans le cas contraire, on préférera celui fait à la cognée, quelque petite que soit la valeur des copeaux qui en résultent; car, dans cette supposition, elle présente encore un certain bénéfice.

Pour obtenir la plus grande épaisseur des dosses d'une pièce de bois, on cherchera le rayon de l'arbre par les règles de la géométrie, on doublera son carré, et l'on en prendra la racine : on aura ainsi la largeur de l'équarrissage. On retranchera ensuite du rayon la moitié de cette largeur et le reste ou la différence sera l'épaisseur de la dosse dans son milieu. Soit, par exemple, un tronc d'arbre dont la circonférence moyenne ou le pourtour développé est égal à 220 centimètres. Pour avoir le diamètre, on divisera 220 par $22/7$, et l'on trouvera ainsi 70 centimètres, ce qui fait 35 centimètres pour le rayon entier. Soit 30 centimètres le

rayon diminué de l'épaisseur de l'écorce : le carré de 30 est 900, et le double de ce carré 1800, dont la racine carrée est 42 environ. La moitié de 42 est 21; en retranchant 21 centimètres de 30 centimètres, on a 9 centimètres pour différence : c'est là l'épaisseur de la dosse.

Si, au lieu de recourir au calcul, on veut déterminer cette épaisseur par un tracé, on mènera par le centre c de l'arbre (fig. D, pl. 1, *débit des bois*) deux perpendiculaires ab , de , qui seront les diagonales du carré $adbe$, que l'on peut inscrire dans le cercle $adbe$; on fera ca , cb , cd , ce , égaux entre eux, et on joindra ad , db , be , ea . Menant ensuite la ligne cf perpendiculaire sur db , l'un des côtés du carré, on aura if pour l'épaisseur de la dosse, et db pour sa largeur.

En opérant ainsi, on trouvera qu'un arbre de 1^m 37 de tour, donne un équarri de 33 centimètres de côté, et quatre dosses de 7 centimètres d'épaisseur, susceptibles de faire deux petits chevrons chacune.

Un arbre de 1^m 23 de tour donne un équarrissage de 28 centimètres et quatre dosses de 6 centimètres d'épaisseur dans le milieu, susceptibles de produire, chacune, une planche de 28 centimètres de large d'un côté, 18 centimètres de l'autre, et 4 centimètres d'épaisseur.

Lorsqu'on se propose d'équarrir un arbre, il faut toujours chercher à en obtenir la plus grande quantité possible de bois équarri.

Les arbres sont rarement cylindriques à base circulaire, ou à base elliptique; ils approchent cependant plus ou moins de ces deux formes. Celle

qui présente le plus d'avantages est la forme circulaire, parce que le plus grand rectangle qu'on peut inscrire dans une ellipse est toujours moindre que le carré inscrit dans un cercle dont la surface serait la même que celle de l'ellipse. C'est donc toujours la forme des arbres qui détermine le rapport des deux faces de la pièce à équarrir, ainsi que la grosseur de son équarrissage.

La forme irrégulière que les arbres prennent communément rend la détermination du rapport fort difficile; ce n'est guère que par le tâtonnement ou par suite d'une longue expérience que l'ouvrier parvient à donner aux bois équarris tout le volume qu'ils peuvent avoir.

Cette observation est de quelque importance, car il peut y avoir une très grande différence entre les solidités de deux arbres équarris, dont l'un serait équarri au hasard, et dont l'autre serait équarri de la manière la plus favorable : les entrepreneurs manquent donc souvent des bénéfices considérables qu'ils pourraient faire, s'ils employaient toujours des hommes intelligents.

Les bois courbés sont rarement employés pour la charpente des bâtiments, si ce n'est dans la construction des dômes, des combles cintrés, des voûtes et des cintres.

La courbure des bois est généralement un vice; cependant on peut l'atténuer en partie, soit en redressant l'arbre sur l'un des côtés, par un trait de scie, afin qu'étant posé, il ne perde pas sa force, soit en employant la méthode indiquée au chapitre II.

Les arbres qu'on équarrit à la cognée se mettent

sur des chantiers ou morceaux de bois qui les élèvent de terre de 10 à 15 centimètres environ. Celui de forme elliptique se place sur son plus grand diamètre, c'est-à-dire, de manière que ce plus grand diamètre soit vertical. On obtiendra ainsi, en équarissant d'abord les plus grandes faces, le rapport des côtés le plus propre à produire le plus grand équarrissage, sans crainte de trop enlever sur les petits côtés, ce qui étant, diminuerait le bénéfice.

Les outils employés par les hommes qui équarissent les bois, sont la grande hache ou cognée, la doloire ou épaule de mouton, la scie à deux poignées appelée *passé-partout*, le cordeau et le fil à plomb.

Avec le cordeau, on trace les directions des faces à dresser de la manière indiquée dans la première partie, à l'article des opérations graphiques.

Lorsqu'il s'agit de tracer des lignes courbes, on se sert ordinairement de *gabariés* ou patrons, faits d'après les dimensions voulues par la nature du travail auquel ces pièces sont destinées.

D'abord la pièce s'ébauche avec la cognée; à cet effet l'ouvrier pratique de petites entailles verticales, de distance en distance, sur toute la longueur; il fait éclater les morceaux qu'elles séparent, et il la polit ensuite avec la doloire, en coupant toujours verticalement. Un *bon doloire* doit rendre les faces unies, planes, et sans apparence de coups d'outils: c'est l'opération la plus difficile de l'équarrissage d'une pièce.

Si les faces du bois, après avoir été dressées, sont *convexes* ou rondes par rapport à leurs arêtes, on dit qu'elles sont *grasses*, et si, au contraire, elles

sont *concaves* ou creuses, on dit qu'elles sont *maigres* : dans les deux cas, le travail est imparfait ou défectueux.

Sciage de long et débit des planches, etc.

Le sciage de long se fait en coupant l'arbre dans sa longueur au moyen de la scie, pour le partager en pièces de bois de diverses épaisseurs.

Pour refendre une pièce, on la pose sur deux tréteaux suffisamment élevés, afin que l'ouvrier qui reste à terre puisse se tenir droit et manœuvrer librement dessous.

La scie est toujours mue par deux hommes, quelquefois par trois; il y a alors moitié en sus d'ouvrage fait.

On doit écorcer les arbres avant de les placer sur les tréteaux, afin de faciliter l'opération relative au tracé des lignes qui marquent la direction de chaque trait de scie; cette opération se fait avec le cordeau. C'est avec lui qu'on divise la pièce suivant le nombre de madriers ou de planches que l'on veut obtenir, en tenant compte, toutefois, dans leur épaisseur, de la perte que peut occasionner le trait de scie, dont l'épaisseur est ordinairement de 5 à 6 millimètres, ainsi que du retrait que produit toujours le dessèchement, retrait qui dépend d'ailleurs de la nature du bois et de son degré de sécheresse.

On peut aussi débiter les planches en se servant de machines nouvelles actuellement en usage, telles que les scies circulaires, etc.

Il n'est pas indifférent de débiter les bois destinés à faire des planches, sans avoir égard à l'ar-

rangement de leurs fibres ; car leur résistance en dépend essentiellement, ainsi qu'on pourra le voir par ce qui suit : nous empruntons textuellement cet article à l'ouvrage, sur la charpente, d'Hassenfratz, par qui ce sujet a été traité avec une précision et une clarté qu'il ne serait guère possible de surpasser.

Au premier aperçu, rien ne paraît plus simple que le débit du bois destiné à faire des planches : tout consiste, il le semble, lorsque l'on a déterminé la position dans laquelle le bois doit être scié (fig. E, pl. 1, *débit des bois*), à tracer des lignes droites qui aient entre elles les rapports donnés par l'épaisseur des planches, si les arbres ont la grosseur convenable, et à distribuer (fig. F, pl. 1) des levées, lorsque les arbres sont plus gros que la largeur de la planche ne l'exige. Cependant cette méthode, pratiquée pour le bois ordinaire, éprouve quelques variations lorsque l'on veut avoir des planches de choix qui se polissent facilement, qui ne se gercent et ne se courbent que le moins possible, et dont les influences hygrométriques soient très faibles ; dans ce cas, il faut déterminer la position du bois d'après la direction des fibres.

En examinant les troncs des arbres, on distingue deux sortes de traces : la première est celle des couches de croissances annuelles ; la seconde celle des fentes qui se font pendant le dessèchement. Les premières sont courbes et à peu près concentriques ; les secondes sont droites et dans la direction du centre à la circonférence ; elles se nomment *des mailles*.

En coupant le bois, comme il est indiqué par

les différentes figures E, F, L et K, on obtient des planches très variées; celles du centre A sont dans la direction de la maille; mais les planches des extrémités *c* sont coupées par la maille. Celles-ci sont très sujettes à se fendre en se desséchant, comme la planche de la figure R; elles ont encore le défaut de se dessécher inégalement, et de se courber dans la largeur, comme la planche de la figure S.

Ces lignes, que l'on aperçoit sur le tronc des arbres, dans la direction du centre à la circonférence, paraissent être formées par le prolongement du tissu cellulaire, qui porte à l'écorce des liquides intérieurs dont les bois sont remplis. La substance de cette partie des arbres a plus d'affinité pour l'eau que le reste du bois; aussi, lorsque les corps d'arbres sont coupés dans la direction des mailles, ils présentent de grandes facettes brillantes, que l'on appelle *miroirs* dans quelques pays; dans d'autres, on les appelle mailles, et c'est de là que vient cette expression *scier sur maille*.

Il paraît que les mailles sont les principales substances hygrométriques du bois; elles se renflent lorsque l'eau les pénètre, et elles se compriment en se desséchant. Lorsque les mailles sont dans la direction de la planche, les variations hygrométriques n'ont lieu que dans son épaisseur, et les panneaux faits avec elles n'en souffrent pas; mais lorsque les mailles traversent les planches dans leur épaisseur, et les coupent comme dans la figure S, les variations hygrométriques se font dans leur largeur; de là les retraites considérables qu'elles présentent quelquefois, les fentes, les ger-

gures, et même les courbures qu'elles prennent lorsqu'elles sont isolées.

Pour éviter les défauts que produit la méthode de débiter les troncs d'arbres dans la direction perpendiculaire à la maille, comme on l'a fait pour la planche (fig. R), on a imaginé plusieurs moyens. *Moreau*, ancien marchand de bois à Paris, a proposé et fait exécuter la division indiquée (fig. E et G, pl. I, *débit des bois*); cette méthode présente le double avantage de donner des planches de toute largeur, de les scier sur maille, de retirer des madriers, des chevrons dans les extrémités, et d'obtenir le plus de bois débité possible d'un tronc donné.

En comparant la méthode de *Moreau* à celle que l'on emploie ordinairement, on trouve qu'un arbre de 120 centimètres de circonférence, refendu à la manière ordinaire (fig. L), produit six planches de 27 centimètres de large, et 36 millimètres d'épaisseur.

La même pièce débitée (fig. G) par la méthode *Moreau*, produit, toute réduction faite, une quantité de bois équivalente à dix planches de 27 centimètres de large, sur 27 millimètres d'épaisseur; de plus 8 *cantibais*, (fig. M) qui peuvent avoir divers usages.

Les valeurs de ces divers produits diffèrent dans chaque pays, mais la proportion reste la même, et, de l'estimation que l'on peut faire des résultats obtenus par les deux méthodes, il résulte que la méthode de *Moreau* donne un produit d'environ moitié en sus de celle que l'on emploie ordinairement.

Si l'on débite de plus gros bois par les deux méthodes, le rapport du produit est à peu près le même.

Les Hollandais sont, depuis longtemps, en usage d'acheter les beaux chênes des départements des Vosges, du Haut et du Bas-Rhin. Ils les font écorcer sur pied, afin de profiter de leur aubier et augmenter leur grosseur. Quelquefois ces arbres sont refendus en trois ou en quatre avant d'être transportés; d'autres fois, ils sont transportés en entier, et refendus lorsqu'ils sont arrivés à leur destination. Chacune de ces parties est sciée, comme il est indiqué (fig. M). D'un chêne de 340 centimètres de circonférence, on retire ordinairement 74 planches de 22 millimètres d'épaisseur; par la méthode de *Moreau*, on retirerait 82 planches de même dimension, conséquemment on bénéficierait de $1/7$.

La division du tronc en trois ou quatre parties dépend de la grosseur du bois; à 340 centimètres de circonférence, on les divise en quatre; mais on les divise en trois parties et l'on débite chaque partie suivant la trace (fig. II), lorsque les bois ont 280 centimètres de circonférence.

Pour les troncs d'une circonférence moindre, il faut employer des méthodes plus désavantageuses; ainsi, pour du bois de 2 mètres de circonférence, on scie l'arbre en deux (fig. N), et l'on refend chaque partie pour obtenir des planches de largeurs différentes.

En comparant la méthode de *Moreau* avec chacune des trois autres, on voit qu'elle présente beaucoup d'avantages, soit par la quantité du bois obtenu, soit par la qualité des planches.

Vices et défauts apparents des bois après leur équarrissage

Les bois équarris en poutre, ou débités en solives, madriers et planches, doivent être exempts des défauts que nous allons signaler, ou sinon ils sont impropres aux constructions. Ces défauts sont l'*aubier*, les *flaches*, les *gelivures*, les *malandres*, les *nœuds*, les *routures*, les *échauffures*, les *piqûres de vers* et la *pourriture*.

L'*aubier*, ainsi que nous l'avons déjà dit, ne peut être employé sans inconvénients, qu'autant qu'on aurait suivi dans l'abatage le mode d'exploitation par écorcement sur pied : hors cette condition, on doit apporter le plus grand soin à ne point en laisser. Cette partie du bois se reconnaît aisément, parce qu'elle est plus tendre que l'autre et qu'elle blanchit en se séchant. Souvent aussi elle est parsemée de piquûres de vers, et elle finit toujours par tomber en poussière après un certain laps de temps.

Les *flaches* sont des creux aux arêtes : elles existent dans les pièces qu'on aurait pu équarrir sans beaucoup de déchet.

Les *gelivures* sont des fentes ou gergures en forme de rayons, qu'on aperçoit dans la coupe transversale du tronc. Cet effet est dû aux fortes gelées.

Les *malandres* sont des veines rouges ou blanches, qui dénotent une pourriture prochaine.

Les *nœuds* sont les centres des branches qui traversent l'arbre ; ils rendent souvent les bois de très mauvaise qualité, parce qu'ils en dérangent les fibres, et les altèrent par leur insertion irrégulière.

Le bois où ce défaut se rencontre s'appelle *tranché* : il ne doit être employé que dans les fondations, où un simple équarrissage suffit.

Les *roulures* sont occasionnées par la non réunion des couches concentriques, ou crues de chaque année. Ces défauts proviennent de ce que l'arbre, étant en sève, a été trop battu par les vents ; le dessèchement les augmente encore. On remarque alors un bois vif qui entoure un noyau de bois mort.

Les *échauffures*, qui annoncent une prochaine pourriture, se reconnaissent aux petites taches rouges et noires.

Enfin, les *piqûres* de vers et la *pourriture* sont toujours d'une apparence telle que nous croyons superflu de décrire les caractères auxquels on peut les reconnaître.

La bonne qualité des bois consiste donc à ce qu'ils soient exempts des défauts ci-dessus indiqués : elle s'annonce par une couleur jaune claire ou jaune paille, ou encore par une légère teinte couleur rosée. Si la couleur devient plus foncée à mesure qu'elle avance vers le cœur, l'arbre est en bon état ; et sa qualité est parfaite, si la couleur est à la fois sans nuance et sans interruption.

Pesanteur ou poids spécifique des bois

On entend par *poids spécifique*, le poids d'un corps sous un volume déterminé, comme, par exemple, un décimètre cube, un mètre cube.

Plus un corps quelconque a de poids sous un volume donné, plus son poids spécifique est grand.

L'usage est de comparer les poids spécifiques des corps à celui de l'eau distillée pris pour unité; et cette unité elle-même est le poids d'un litre de cette eau : on lui a donné le nom de *kilogramme*.

L'expression de poids spécifique est donc aussi celle du poids d'un litre ou d'un décimètre cube du corps considéré exprimée en kilogrammes.

Ainsi, quand on dit que le poids spécifique du peuplier d'Italie est 0.378, cela signifie que ce bois ne pèse que les trois cent soixante-dix-huit millièmes d'un égal volume d'eau distillée : ou bien que le poids d'un décimètre cube de ce bois est 378 grammes, ou encore, ce qui est la même chose, que le mètre cube pèse 378 kilogrammes (1).

Cette connaissance du poids spécifique des corps est indispensable dans les constructions, car elle entre comme élément dans l'évaluation des charges ou poids que l'on peut faire supporter aux édifices.

La pesanteur des bois varie beaucoup, non seulement dans les différentes espèces, mais encore dans un même bois. La nature du terrain d'où il est tiré, la situation météorique, la partie de l'arbre dans laquelle il est pris, son degré de sécheresse ou d'humidité, son âge enfin, sont autant de causes qui influent pour en faire varier le poids. Cependant, dans la pratique, on pourra toujours se guider d'après les principes suivants :

1° La force des bois est proportionnelle à leur poids spécifique, que les pièces comparées sous des dimensions égales soient prises dans la partie du tronc ou à la cime de l'arbre;

(1) Cet exemple est, au surplus, bien propre à faire sentir l'utilité et la simplicité du système métrique français.

2° Ce rapport est également observé dans la comparaison des bois d'espèces différentes, ainsi que dans ceux de la même espèce dont le poids varie seulement ;

3° Les bois les plus pesants sont les plus forts ;

4° Dans les arbres qui n'ont pas atteint le maximum de croissance, le bois du cœur est plus dur que celui de la circonférence ;

5° Au contraire, il est moins dur dans les arbres sur le retour ;

6° Dans les arbres en pleine croissance, la densité et la dureté sont les mêmes au cœur et à la circonférence ;

7° Plus les couches de bois sont serrées, plus il est fort et pesant ;

8° Enfin, dans les arbres, le côté exposé au nord est le plus faible.

La table ci-après indique les poids spécifiques des bois les plus ordinairement employés. Nous les rapportons ici comme des moyennes déduites de toutes les expériences qui ont été faites à ce sujet. On pourra, avec certitude, en faire usage dans les constructions où l'on croira nécessaire d'en tenir compte.

TABLE indiquant le poids spécifique de quelques espèces de bois, et le poids d'un mètre cube, le poids de l'eau étant pris pour unité.

NOMS DES ARBRES	POIDS SPÉCIFIQUE	POIDS D'UN MÈTRE CUBE en kilogrammes
Aulne commun. . .	0.800	800
Charme commun. . .	0.752	752
Châtaignier.	0.685	685
Chêne commun.	0.934	934
Chêne vert.	0.993	993
Cœur de chêne.	1.170	1170
Frêne.	0.845	845
Hêtre.	0.852	852
Marronnier d'Inde. . .	0.606	606
Mélèze.	0.543	543
Noyer.	0.670	670
Orme.	0.800	800
Peuplier blanc.	0.529	529
— de la Caroline.	0.450	450
— d'Italie.	0.383	383
— noir.	0.462	462
Pin du Nord.	0.730	730
Platane.	0.700	700
Sapin.	0.660	660
Saule.	0.480	480
Tilleul.	0.604	604

Le poids du mètre cube ou stère de bois, indiqué dans cette table, suppose que le cube est entièrement solide et qu'il n'y existe ni vide, ni intervalle, autrement, pour avoir le poids d'un assemblage de pièces, il vaudrait mieux en établir d'abord la cubature, puis peser directement, mais la table peut être utilisée toutes les fois qu'il s'agit de détermi-

ner le poids d'une pièce solide dont on aura pris d'abord la cubature.

D'après cela, si on veut trouver tout de suite le poids d'une pièce d'un équarrissage donné, sans la peser, il suffit de multiplier son volume exprimé en mètres cubes par le nombre correspondant dans la table. Soit, par exemple, une poutre de chêne de 4 mètres de longueur, sur 25 centimètres de largeur, et 22 centimètres de hauteur, son volume sera exprimé par $4 \times 25 \times 22 = 0 \text{ m. c. } 22$ ou 220 décimètres cubes : son poids sera donc $1170 \text{ kilogr.} \times 22$ ou bien 257 kilogr. 40 centièmes.

Quant aux bois ronds, leur poids se détermine avec la même facilité quand l'on connaît leur volume.

Soit, en effet, un sapin dont le diamètre moyen soit de 24 centimètres et la longueur 21 mètres. La section moyenne de cet arbre sera d'environ 452 centimètres carrés, et sa solidité, ou son volume, de $0.0452 \times 21 = 0 \text{ m. c. } 950$. Or, comme le poids spécifique du sapin est 660, il en résulte que ce sapin pèse 627 kilogrammes.

Ces exemples suffisent pour faire comprendre la méthode qui sert à trouver le poids des bois, quelles que soient leurs dimensions et leurs formes, quand on connaît leur volume et leur poids spécifique.

II. MESURAGE OU CUBATURE DES BOIS

Principes généraux

Mesurer un corps, le *cuber*, c'est chercher combien un cube que l'on a pris pour unité, est con-

tenu de fois dans son volume. Les bois que l'on emploie dans les constructions ont presque toujours la forme d'un parallépipède rectangle ; quand ils ne l'ont pas, quand l'un des deux bouts est plus fort que l'autre, on se contente de mesurer les deux dimensions de la poutre ou de la solive vers le milieu de sa longueur, et l'on suppose ensuite que ces deux dimensions moyennes règnent dans toute l'étendue. Il résulte de là que, pour avoir l'étendue occupée par une pièce de bois, il faut mesurer, avec l'unité linéaire dont on se sert habituellement, les trois dimensions du parallépipède vrai ou supposé, puis faire le produit des trois nombres.

Exemple : Une poutre a 3 mètres de longueur, 25 centimètres d'épaisseur et 44 centimètres de largeur ; en appliquant la règle ci-dessus énoncée, on trouve pour le volume de la poutre : $3 \times 0.25 \times 0.44$ ou 0.3300, et ce nombre exprime des mètres cubes, puisqu'on s'est servi du mètre pour évaluer les trois dimensions.

Le mètre cube, considéré comme unité de mesure dans l'évaluation du volume des bois, se nomme *stère* ; son dixième est un *décistère* ; son centième est un *centistère*, et son millième un *millistère*.

Cubature ancienne

Dans les forêts, comme sur les chantiers, les bois s'estimaient autrefois à la *pièce* ; on appelait ainsi l'unité de mesure à laquelle, dans beaucoup de localités, on rapportait les volumes des bois de charpente : c'était une solive ayant 12 pieds (2 toises)

de longueur sur 6 pouces d'épaisseur et autant de largeur. Son volume géométriquement exprimé, valait 3 pieds cubes de 1728 pouces cubes chacun. Quand les poutres ou les solives qu'on mesurait n'avaient pas les dimensions de celle qui, sous le nom de pièce, servait de base aux évaluations des bois, on en mesurait les trois dimensions en pieds ou en pouces; puis, après avoir multiplié entre eux les trois nombres obtenus, on divisait le produit trouvé par 3 ou par 3 fois 1728 (5184) selon que l'on s'était servi du pied ou du pouce pour évaluer les trois dimensions.

Comme les estimations de ce genre revenaient souvent dans la pratique, les charpentiers, pour leur usage, avaient imaginé la règle suivante : *Estimez en pouces les dimensions d'équarrissage, c'est-à-dire la largeur et l'épaisseur de la poutre; estimez la longueur de la même poutre en toises; faites le produit de la multiplication des trois nombres, et divisez ce produit par 72 : le quotient trouvé sera égal au nombre des solives contenues dans la poutre.* Quand la longueur de la poutre était donnée en pieds, on divisait le produit des trois nombres par 6 fois 72, ou par 432. Par exemple, pour une solive de 8 pouces sur 7 d'équarrissage et de 15 pieds de longueur, on disait : $8 \times 7 = 56$; $56 \times 15 = 840$; 840 divisé par $432 = 1 + 17/18$, ou une pièce 3 pieds 8 pouces attendu que la pièce se subdivisait en 6 volumes égaux nommés pieds; le pied en 12 pouces, etc.

Autre règle : *Multipliez l'une par l'autre la largeur et l'épaisseur de l'équarrissage exprimées en pouces, et divisez le produit par 72 : chaque toise de long ex-*

primera autant de pièces que le quotient aura eu d'unités. Ainsi, dans l'exemple ci-dessus $8 \times 7 = 56$ et 56 divisé par $72 = 56/72$ ou $7/9$. Par conséquent, chaque toise de long vaut les $7/9$ d'une pièce ou solive : ainsi, la pièce ayant 45 pieds ou $15/6$ de toise, aura les $15/6$ des $7/9$, c'est-à-dire les $105/34$ ou $35/18$ d'une pièce. Cela fait une pièce et $17/18$ ou une pièce 5 pieds 8 pouces, comme on l'avait trouvé précédemment.

Dans les ventes, le prix du bois se fixait sur le cent de *pièces* ou *solives*, et ce cent de pièces, qui contenait 300 pieds cubes, se nommait communément *grand-cent*. Le prix du cent de pièces était évidemment une chose de convention, et variait selon la qualité du bois, le temps et les localités.

A Paris et dans plusieurs autres lieux, on débitait les solives sur des longueurs de 6, 9, 12, 15 pieds, et ainsi de suite, en augmentant toujours de trois pieds. Lorsque l'ouvrier les mettait en place, il en résultait pour lui des déchets. C'est pourquoi on comptait une solive de 11 pieds de long pour 12 pieds ; mais aussi, si elle n'avait que 10 pieds $1/2$, on l'estimait à sa valeur réelle, attendu que, dans ce cas, il n'y avait point de déficit pour lui, puisqu'il avait pu la tailler dans une autre solive de 21 pieds de long.

Dans l'évaluation des dimensions en hauteur et en largeur, on suivait le même principe. Ainsi, 5 pouces sur 6 et 11 lignes étaient comptés pour 5 et 7 ; et 5 pouces sur 6 $1/2$, seulement pour 5 sur 6. Cette manière d'évaluer les bois mis en œuvre n'était pas générale : dans quelques endroits on les toisait exactement.

Pour déterminer la quantité de pièces de charpente que l'on peut tirer d'un arbre sur pied, on prend sa circonférence à 2 mètres de terre au moyen d'un cordeau dont on mesure la longueur ; puis on en retranche le $\frac{1}{3}$; parce qu'il faut avoir égard aux déchets occasionnés par la suppression de l'écorce et de l'aubier, et que l'on ne compte pour la circonférence du bois utile que les $\frac{4}{3}$ restants de la longueur obtenue. On cherche ensuite par les règles de la géométrie, la surface de la section de l'arbre, supposée faite à l'endroit où la circonférence a été mesurée, et on la multiplie par la hauteur de la *pile*, c'est-à-dire par la hauteur de la partie du tronc propre à la charpente.

Si au lieu de chercher, comme par le moyen ci-dessus, le volume d'un bois rond, on veut connaître les dimensions de la plus grande pièce équarrie qu'on pourra retirer d'un arbre, il faut également mesurer sa circonférence à moins d'un $\frac{1}{3}$ près, en prendre le $\frac{1}{4}$ en négligeant les fractions, et ce nombre sera la valeur de chacune des dimensions cherchées, autrement dit la mesure cherchée de chacun des côtés de la pièce.

L'expérience indique aussi que, pour avoir une poutre équarrie à vive arête, il ne faut prendre que les $\frac{23}{100}$ de la circonférence réduite de $\frac{1}{3}$, au lieu d'en prendre les $\frac{25}{100}$ ou le quart, comme on le fait quand il s'agit d'un équarrissage ordinaire.

On se contente quelquefois, quand les arbres sont vieux, avant de prendre le $\frac{1}{4}$ de la circonférence, de n'en retrancher que le $\frac{1}{6}$ au lieu du $\frac{1}{3}$; mais quand, au contraire, les arbres sont jeunes,

et ont peu de circonférence, on en déduit plutôt le quart que le cinquième.

Le diamètre des bois abattus ou en grume se mesure en dedans de l'écorce, et on prend les $\frac{2}{3}$ ou les $\frac{12}{17}$ de ce diamètre pour le côté du carré.

Tous les moyens que nous indiquons ici pour cuber le bois ne sont pas géométriquement exacts : ce sont ce qu'on appelle des moyens pratiques ; mais ils suffisent pour l'usage ordinaire.

Nous avons en outre placé à la fin de cet ouvrage, celles des tables relatives à la cubature des pièces de bois, dont on se sert le plus dans les constructions. Ces tables sont calculées en pieds et pouces pour l'ancien mesurage, et en mètres et centimètres pour le nouveau, dont nous allons nous occuper.

Cubature nouvelle

Le mesurage des bois, par le calcul décimal, est infiniment plus simple que celui qu'on exécutait par l'ancienne méthode, où les moyens les plus abrégés nécessitaient plusieurs opérations, tandis que d'après celle qui doit être actuellement en usage dans toutes les parties de la France, le calcul le plus compliqué se réduit à de simples multiplications. Dans ce nouveau système, on est convenu, ainsi que nous l'avons dit plus haut, de prendre 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 9 solives anciennes 723 millièmes, et se subdivise en *décistères*, en *centistères* et en *millistères*.

On avait en outre, pendant quelque temps, convenu

que le décistère serait appelé nouvelle solive ou solive métrique : cette solive se trouvait ainsi composée de 100 millistères, et équivalait à peu près à l'ancienne mesure du même nom.

Toutes les dimensions des bois peuvent être prises en décimètres, en centimètres et millimètres ; mais, pour éviter les erreurs, il est toujours bon de considérer le mètre comme unité principale.

Soit une pièce de bois de 5 mètres de longueur, sur 32 centimètres de hauteur et 2 décimètres de largeur, la cubature devra être exprimée par $32 \times 2 \times 5$, parce qu'alors le produit 320 ne pouvant exprimer que des mètres cubes ou des stères, ce seront les premières décimales qui exprimeront toujours les millistères, et le nombre des solives sera toujours égal au nombre des millistères, après qu'on en aura supprimé les deux derniers chiffres. D'après cela, la pièce de bois dont on vient de s'occuper contiendra 320 millistères, et elle renfermera 3 solives métriques plus 20 centièmes de ladite mesure.

Si la pièce est ronde, on cherchera, comme dans l'ancienne méthode, la surface de la base, mais exprimée comparativement en mètres carrés ; on la multipliera par la longueur de la pièce, et le produit sera sa cubature exprimée en mètres cubes.

Us et coutumes

Indépendamment des us et coutumes dont nous avons parlé à l'article de l'ancienne cubature des bois, il en est d'autres encore qui servent aux toiseurs à déterminer les dimensions des diverses

parties qui entrent dans la composition des charpentes. Nous les rapporterons ici tels qu'ils sont le plus généralement adoptés, et modifiés d'après les changements que les nouvelles mesures ont introduits dans la cubature ou le mesurage des bois.

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 grande dimension, et l'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 besaiguë ou au rabot, sans tenir compte alors du sciage ;

5° *Vieux bois*. Les vieux bois qui sont 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.

Quant à la manière de baser les comptes de charpenterie, voici les sept principales règles établies par l'usage :

1° Les prix des bois pour étaielement, lorsqu'ils sont loués à l'entrepreneur, ne comprennent que le déchet, la pose, la dépose et le transport. Si ces bois étaient seulement déposés et reposés sans recoupe, cette main-d'œuvre serait évaluée en journées ;

2° Tous les bois sont mesurés aux dimensions réelles qu'ils ont en œuvre, prises jusqu'aux centimètres seulement, en négligeant 4 millimètres et comptant 5 millimètres pour 1 centimètre ;

3° L'équarrissage se prend au milieu de la pièce ;

4° Aux longueurs sont ajoutés : les scellements dans les murs pour ce qu'ils sont ; les tenons à raison de 81 millimètres pour les bois ordinaires, 10 centimètres pour ceux de qualité, et les embrèvements des marches à raison de 50 centimètres ;

5° Les bois cintrés, élégis ou délardés, sont mesurés d'après la pièce supposée droite d'où ils auraient été tirés, à moins qu'on ait fait évidemment, à la scie, une levée telle que le bois enlevé eût une valeur plus forte que les frais de sciage, comme cela a lieu dans les semelles traînantes, etc. Le cube alors est réduit, mais le sciage est compté ;

6° Aucune cale, cheville, etc., indispensable à l'ouvrage, n'est comptée à part ;

7° Les tenons, les mortaises, les feuillures, les entailles indispensables, dans les bois neufs, font partie du prix ; mais ces mêmes ouvrages, en raccordement dans les vieux bois, sont payés séparément.

Comparaison des mesures anciennes et des mesures métriques

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 1,728 points.

Le pouce était de 12 lignes, ou 144 points,

La ligne était de 12 points,

La toise carrée (1) était de 6 pieds de long sur 6 pieds de haut, nombres qui, multipliés l'un par l'autre, donnent 36 pieds carrés.

Le pied carré était de 12 pouces de long sur 12 pouces de haut; 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.

La toise cube (2) était de 6 pieds de long, 6 de haut et 6 de large; ce qui donnait 216 pieds cubes pour la toise cube.

Le pied cube était de 12 pouces de long, 12 de haut et 12 de large; ce qui donnait 1,728 pouces cubes pour le pied cube.

Le pouce cube était de 12 lignes de long, 12 de haut et 12 de large; ce qui donnait 1,728 lignes cubes pour le pouce cube.

La ligne cube était de 12 points de long, 12 de haut et 12 de large; ce qui donnait 1,728 points cubes pour la ligne cube.

Nouvelles mesures linéaires comparées aux anciennes

Le mètre vaut 313,074 millièmes de la toise de Paris.

(1) On entend par carré un nombre multiplié par lui-même.

(2) On entend par cube le produit d'un nombre carré multiplié par le premier nombre; *exemple*: la toise vaut 6 pieds; pour avoir une toise carrée, il faut multiplier 6 par 6, ce qui donne 36 pieds, et pour avoir la toise cube, il faut multiplier le carré par 6, ce qui donne 216 pieds ou une toise cube.

Le mètre vaut 3 pieds 078,444 millièmes de pied.

Le mètre vaut 36 pouces 941,328 millièmes de pouce.

Le mètre vaut 443 lignes 295,936 millièmes de ligne.

Le mètre vaut enfin 3 pieds 11 lignes 295,936 millièmes de ligne.

La toise vaut 1 mètre 949,036 millièmes de mètre.

Le pied vaut 3 décimètres 24,839 cent-millièmes de décimètre.

Le pouce vaut 2 centimètres 708 millièmes de centimètre.

La ligne vaut 2 millimètres 2,538 dix-millièmes de millimètre.

Le décimètre vaut 30,784 cent-millièmes de pied.

Le centimètre vaut 36,161 cent-millièmes de pouce.

Le millimètre vaut 443,296 millièmes de ligne.

*Conversion des mesures linéaires anciennes
en nouvelles, et opération inverse*

Pour convertir les toises de Paris en mètres, multipliez les toises à convertir par le nombre 1,949036.

Pour convertir les mètres en toises, multipliez les mètres par 0.513074.

Pour convertir les pieds en mètres, multipliez les pieds par 0.424839.

Pour convertir les mètres en pieds, multipliez les mètres par 3.078444.

Pour convertir les pieds en décimètres, multipliez les pieds par 3.24839.

Pour convertir les décimètres en pieds, multipliez les décimètres par 0.3078444.

Pour convertir les pouces en centimètres, multipliez les pouces par 2.708.

Pour convertir les centimètres en pouces, multipliez les centimètres par 0.36941.

Pour convertir les lignes en millimètres, multipliez les lignes par 2.2358.

Pour convertir les millimètres en lignes, multipliez les millimètres par 0.443296.

Mesures de surfaces

La toise carrée de Paris vaut 3 mètres carrés 79874 cent-millièmes de mètre carré.

Le pied carré de Paris vaut 10 décimètres carrés 55204 cent-millièmes de décimètre carré.

Le pouce carré de Paris vaut 7 centimètres carrés 32782 cent-millièmes de centimètre carré.

La ligne carrée de Paris vaut 5 millimètres carrés 0885 dix-millièmes de millimètre carré.

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.

Le décimètre carré vaut 94768 millionièmes de pied carré.

Le centimètre carré vaut 136466 millionièmes de pouce carré.

Le millimètre carré vaut 196511 millionièmes de ligne carrée.

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

Pour convertir les toises carrées de Paris en mètres carrés, multipliez les toises carrées à convertir par le nombre 3,79874, le produit sera le nombre demandé.

Pour convertir les mètres carrés en toises carrées de Paris, multipliez les mètres carrés par 0.26324.

Pour convertir les pieds carrés de Paris en décimètres carrés, multipliez les pieds carrés par 10.53204.

Pour convertir les décimètres carrés en pieds carrés de Paris, multipliez les décimètres carrés par 0.094768.

Pour convertir les pouces carrés de Paris en centimètres carrés, multipliez les pouces carrés par 7.32782.

Pour convertir les centimètres carrés en pouces carrés de Paris, multipliez les centimètres carrés par 0.136466.

Pour convertir les lignes carrées en millimètres carrés, multipliez les lignes carrées par 5.088634.

Pour convertir les millimètres carrés en lignes carrées, multipliez les millimètres carrés par 0.196311.

Mesures de solidité

La toise cube de Paris vaut 7 mètres cubes 403883 millionnièmes de mètre cube.

Un pied cube vaut 34 décimètres cubes 27714 cent-millièmes de décimètre cube.

Le pouce cube vaut 19 centimètres cubes 8365 dix-millièmes de centimètre cube.

La ligne cube vaut 11 millimètres cubes 479 millièmes de millimètre cube.

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.

Le décimètre cube vaut 291739 dix-millionièmes de pied cube.

Le centimètre cube vaut 9 pouces cubes 050412 millièmes de pouce cube.

Le millimètre cube vaut 8711 cent-millièmes de ligne cube.

*Conversion des mesures cubiques anciennes
en nouvelles, et opération inverse*

Pour convertir les toises cubes en mètres cubes, multipliez les toises cubes à convertir par le nombre 7.493883 : le produit sera le nombre demandé.

Pour convertir les mètres cubes en toises cubes, multipliez les mètres cubes par 0.135064.

Pour convertir les pieds cubes en décimètres cubes, multipliez les pieds cubes par 34.27714.

Pour convertir les décimètres cubes en pieds cubes, multipliez les décimètres cubes par 9.029174.

Pour convertir les pouces cubes en centimètres cubes, multipliez les pouces cubes par 19.8365.

Pour convertir les centimètres en pouces cubes, multipliez les centimètres cubes par 0.050412.

Pour convertir les lignes cubes en millimètres cubes, multipliez les lignes cubes par 11.479.

Pour convertir les millimètres cubes en lignes

cubes, multipliez les millimètres cubes à convertir par le nombre 0.08711.

Poids

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 convertir les livres poids de marc en kilogrammes, multipliez les livres poids de marc à convertir par le nombre 0.4895 : le produit sera le nombre cherché.

Pour convertir les kilogrammes en livres poids de marc, multipliez les kilogrammes par 2.04288.

Tables diverses

1^{re} TABLE

Pour la conversion des pièces, ou anciennes solives, en décistères ou solives nouvelles

solives. décistères.	solives. décistères.	pouces. décistères.
1 == 1.028	90 == 92.549	7 == 0.100
2 2.057	100 102.832	8 0.114
3 3.085	200 205.664	9 0.129
4 4.113	300 308.495	10 0.143
5 5.142		11 0.157
6 6.170	pièds (1).	lignes.
7 7.198	1 0.171	1 0.001
8 8.227	2 0.343	2 0.002
9 9.255	3 0.514	3 0.004
10 10.283	4 0.685	4 0.005
20 20.566	5 0.857	5 0.006
30 30.850	pouces.	6 0.007
40 41.133	1 0.014	7 0.008
50 51.416	2 0.029	8 0.010
60 61.699	3 0.043	9 0.011
70 71.982	4 0.057	10 0.012
80 82.265	5 0.071	11 0.013
	6 0.086	

Les décimales qui se trouvent dans la table ci-dessus sont des millièmes du décistère ou des dix-millièmes du mètre cube.

Pour convertir les décistères en mètres cubes, il faut avancer le point décimal ou la virgule d'un chiffre vers la gauche, attendu que 10 décistères font un mètre cube : ainsi dix solives répondant à 10 décistères 283 millimètres, valent en mètres cubes 1.028.

(1) Les pieds dont il s'agit ici ne sont pas des pieds cubes, mais bien des sixièmes de solive. Les pouces et les lignes dont il est parlé plus bas, sont de même des pouces et des lignes de charpente, c'est-à-dire que le pouce est le douzième du pied de charpente, et que la ligne est le douzième de ce pied.

2^e TABLE

Pour la conversion des décistères, ou solives nouvelles, en anciennes pièces ou solives

décistères.	solives.	décistères.	solives.	décistères.	solives.
1	= 0.972	8	= 7.780	60	= 58.348
2	1.945	9	8.752	70	68.072
3	2.917	10	9.725	80	77.797
4	3.890	20	19.449	90	87.522
5	4.862	30	29.174	100	97.246
6	5.835	40	38.898	300	291.739
7	6.807	50	48.623	500	486.231

Les décimales du tableau ci-dessus sont des millièmes de l'ancienne solive ou pièce : en les multipliant par 6, et retranchant sur la droite les 3 derniers chiffres du produit, on a des pieds de solive. Pour obtenir les pouces, il faut ensuite multiplier les décimales retranchées par 12, et séparer encore sur la droite les trois derniers chiffres. Enfin, pour avoir les lignes, il faut toujours multiplier par 12 les 3 décimales retranchées, et en retrancher trois sur la droite du produit.

Exemple : 300 décistères = 291 solives 739 millièmes, $739 \times 6 = 4434$: ôtant les 3 derniers chiffres, on trouve 4 pieds. Les décimales séparées, c'est-à-dire 434×12 donnent 5208 : ôtant les trois derniers chiffres, on trouve 5 pouces. Les décimales séparées, c'est-à-dire 208×12 donnent 2496 : ôtant les trois derniers chiffres, on trouve 2 lignes 496 millièmes de ligne. — La même table peut également servir à faire connaître combien le mètre cube de bois carré contient d'anciennes solives : il suffit, à cet effet, de reculer le point décimal ou la virgule d'un chiffre : ainsi, 10 décistères valent 9.725, répondant à 97 solives 25 centièmes.

3^e TABLE

Indiquant les plus forts équarrissages qu'on peut tirer des bois ronds

CIRCONFÉRENCE SUR		CARRÉ parfait	CARRÉ long
1 pouce d'écorce	1/2 pouce d'écorce		
pouces	pouces	pouces	pouces
24	28	4	3 sur 5
29	32	5	4 6
33	36	6	5 7
37	41	7	6 8
42	44	8	7 9
46	49	9	8 10
50	54	10	8 12
55	58	11	9 13
60	63	12	10 14
64	67	13	11 15
68	72	14	12 16
72	75	15	13 17
77	80	16	13 19
82	85	17	14 20
87	89	18	15 21
91	93	19	16 22
94	98	20	17 23
100	102	21	18 24

4^e TABLE*Pour la cubature du bois rond*

CIRCONFÉRENCE en centimètres	SURFACE du cercle	CIRCONFÉRENCE en centimètres	SURFACE du cercle	CIRCONFÉRENCE en centimètres	SURFACE du cercle	CIRCONFÉRENCE en centimètres	SURFACE du cercle
	mètres		mètres		mètres		mètres
28	0.00623	56	0.02494	84	0.0561	112	0.0997
29	0.0067	57	0.0258	85	0.0574	113	0.1015
30	0.00715	58	0.02675	86	0.0588	114	0.1033
31	0.0076	59	0.0277	87	0.0602	115	0.1051
32	0.0081	60	0.02863	88	0.0616	116	0.1070
33	0.0086	61	0.0296	89	0.0629	117	0.1088
34	0.0091	62	0.03057	90	0.0644	118	0.1107
35	0.0097	63	0.0316	91	0.0658	119	0.1126
36	0.0103	64	0.03257	92	0.0673	120	0.1145
37	0.0109	65	0.0336	93	0.0687	121	0.1164
38	0.0114	66	0.0346	94	0.0702	122	0.1183
39	0.0121	67	0.0356	95	0.0717	123	0.1203
40	0.0127	68	0.0367	96	0.0732	124	0.1222
41	0.0134	69	0.0378	97	0.0748	125	0.1242
42	0.0140	70	0.0389	98	0.0763	126	0.1260
43	0.0147	71	0.0400	99	0.0779	127	0.1282
44	0.0154	72	0.0412	100	0.0795	128	0.1303
45	0.0161	73	0.0423	101	0.0811	129	0.1323
46	0.0168	74	0.0435	102	0.0827	130	0.1344
47	0.0175	75	0.0447	103	0.0843	131	0.1365
48	0.0183	76	0.0459	104	0.0860	132	0.1386
49	0.0191	77	0.0471	105	0.0876	133	0.1406
50	0.0198	78	0.0483	106	0.0893	134	0.1428
51	0.0207	79	0.0496	107	0.0910	135	0.1449
52	0.02150	80	0.0509	108	0.0927	136	0.1471
53	0.0223	81	0.0521	109	0.0945	137	0.1492
54	0.02319	82	0.0534	110	0.0962	138	0.1512
55	0.0240	83	0.0547	111	0.0979	139	0.1536

CIRCONFÉRENCE en centimètres	SURFACE du cercle	CIRCONFÉRENCE en centimètres	SURFACE du cercle	CIRCONFÉRENCE en centimètres	SURFACE du cercle	CIRCONFÉRENCE en centimètres	SURFACE du cercle
	mètres		mètres		mètres		mètres
140	0.1558	168	0.2244	196	0.3057	224	0.3991
141	0.1581	169	0.2271	197	0.3087	225	0.4027
142	0.1603	170	0.2298	198	0.3119	226	0.4062
143	0.1626	171	0.2325	199	0.3150	227	0.4099
144	0.1649	172	0.2352	200	0.3182	228	0.4135
145	0.1672	173	0.2380	201	0.3214	229	0.4171
146	0.1695	174	0.2408	202	0.3246	230	0.4208
147	0.1718	175	0.2436	203	0.3278	231	0.4245
148	0.1742	176	0.2464	204	0.3310	232	0.4281
149	0.1765	177	0.2492	205	0.3343	233	0.4318
150	0.1789	178	0.2520	206	0.3375	234	0.4356
151	0.1813	179	0.2548	207	0.3408	235	0.4393
152	0.1837	180	0.2577	208	0.3441	236	0.4430
153	0.1862	181	0.2605	209	0.3475	237	0.4468
154	0.1886	182	0.2634	210	0.3508	238	0.4506
155	0.1910	183	0.2663	211	0.3541	239	0.4544
156	0.1935	184	0.2692	212	0.3575	240	0.4582
157	0.1960	185	0.2722	213	0.3609	241	0.4620
158	0.1985	186	0.2751	214	0.3643	242	0.4658
159	0.2010	187	0.2782	215	0.3677	243	0.4697
160	0.2036	188	0.2811	216	0.3711	244	0.4736
161	0.2061	189	0.2842	217	0.3746	245	0.4775
162	0.2087	190	0.2871	218	0.3781	246	0.4814
163	0.2110	191	0.2901	219	0.3815	247	0.4853
164	0.2139	192	0.2932	220	0.3850	248	0.4892
165	0.2165	193	0.2963	221	0.3885	249	0.4932
166	0.2191	194	0.2994	222	0.3920	250	0.4972
167	0.2218	195	0.3025	223	0.3956		

Cette table donne les surfaces des cercles depuis 28 centimètres de circonférence jusqu'à 2^m 50.

Pour trouver la solidité ou le volume d'un arbre dont la longueur est donnée, il suffira de multiplier, par la longueur de l'arbre, la quantité trouvée dans la colonne intitulée *surface du cercle*, et correspondant à la circonférence mesurée : le résultat de cette multiplication donnera le volume cherché.

Exemple : on demande la solidité d'un arbre dont la circonférence moyenne est de 1^m 30 ou 130 centimètres, et la longueur de 6 mètres? — Cherchant dans la colonne *circonférence en centimètres* le nombre 130, on trouve dans la colonne voisine, vers la droite et vis-à-vis de ce nombre, que la surface du cercle qui a 130 centimètres de circonférence est égale à 0 m. c. 1344 ; multipliant cette quantité par 6 mètres, on aura pour résultat 0^m 8064 cubes, ou 806 décistères $\frac{4}{10}$ pour volume ou cube demandé.

Exemple d'analyse pour fixer le prix des bois de charpente

N ^o d'ordre	JOURNÉES	PRIX				
		élemen- taire	de l'heure	avec bénéfice		
1	La journée du charpentier, de 10 h. de travail, se paie.	5 ^f 10	0 ^f 51	5 ^f 70		
2	Id. de deux scieurs de long.	8 20	0 82	9 »		
MATÉRIAUX (rendus au bâtiment)						
	Nom	Qualification	DIMENSIONS		Mode de vente	Le stère
			Equarrissage	Longueur		
3	Chêne.	Ordinaire.	0 ^m 13 à 0 ^m 30	Jusqu'à 9 ^m »	Au stère.	95 ^f 45
			0 ^m 13 à 0 ^m 30	Plus de 9 ^m »		
4	Chêne.	De qualité.	0 ^m 31 et plus.	De toutes longueurs.		110 »
						120 »
						105 »
						120 »

5^e TABLE

Indiquant, pour les bois cubés de différentes manières, quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume, cubé au quart.

Au QUART	Au 10 ^e RÉDUIT	Au 9 ^e RÉDUIT	Au 6 ^e RÉDUIT	Au 5 ^e RÉDUIT
franes à 1 »	franes 1 2346	franes 1 26563	franes 1 44	franes 1 5625
1 50	1 85	1 90	2 16	2 34
2 »	2 47	2 53	2 88	3 13
2 50	3 09	3 16	3 60	3 91
3 »	3 70	3 80	4 32	4 69
3 50	4 32	4 43	5 04	5 47
4 »	4 94	5 06	5 76	6 25
4 50	5 56	5 70	6 48	7 03
5 »	6 17	6 33	7 20	7 81
5 50	6 79	6 96	7 92	8 59
6 »	7 41	7 59	8 64	9 38
6 50	8 02	8 23	9 36	10 16
7 »	8 64	8 86	10 08	10 94
7 50	9 26	9 49	10 80	11 72
8 »	9 88	10 13	11 52	12 50
8 50	10 49	10 76	12 24	13 28
9 »	11 11	11 39	12 96	14 06
9 50	11 73	12 02	13 68	14 84
10 »	12 35	12 66	14 40	15 63
10 50	12 96	13 29	15 12	16 41
11 »	13 58	13 92	15 84	17 19
11 50	14 20	14 55	16 56	17 97
12 »	14 81	15 19	17 28	18 75

La table qui précède indique à quel prix on peut vendre ou acheter les bois en grume, au décistère ou à la pièce de bois carrée, d'après le prix indiqué dans la première colonne, comme étant celui du décistère dont le cubage a été fait au quart.

Le bois en grume est dit *cubé au quart* quand son volume s'obtient en multipliant sa longueur par le carré du quart de sa circonférence mesurée au milieu de l'arbre.

On dit au contraire qu'il est *cubé au 10^e, au 9^e, etc., réduit*, quand on multiplie sa longueur par le carré du quart de la même circonférence diminuée, ou de $1/10$, ou de $1/9$, etc.

Pour trouver, au moyen de cette table, ce qu'un décistère mesuré au 10^e réduit vaut, lorsque le décistère mesuré au quart vaut 5 francs, cherchez 5 francs dans la première colonne, et le nombre 6.17, qui se trouve en regard dans la colonne au 10^e réduit, vous apprendra qu'à 5 fr. le décistère provenant du cubage au quart, le même volume provenant du cubage au 10^e réduit doit être payé 6 fr. 17. Au 9^e réduit, il vaudra 6 fr. 33, au 6^e, 7 fr. 20, et au 5^e, 7 fr. 81.

Lorsque vous ne trouverez pas le prix du décistère mesuré au quart parmi les nombres de la première colonne, vous multiplierez le premier nombre qui commence la colonne où doit se trouver le résultat que l'on cherche par le prix connu du décistère mesuré au quart.

Exemple : Pour avoir le prix du décistère au 10^e réduit, qui correspond à 3 fr. 75, faites la multiplication suivante, et vous trouverez 4 fr. 63.

$$\begin{array}{r}
 1.2346 \\
 3.75 \\
 \hline
 61730 \\
 86422 \\
 37038 \\
 \hline
 4.629750
 \end{array}$$

La construction de cette table et des tables suivantes est très facile à comprendre : en effet, quand on cube au 10^e réduit, au lieu de cuber au quart plein, on ne compte que 81 pour carré, au lieu de compter 100. Ainsi 81 mesures au 10^e réduit, en valent 100 au quart plein : donc, tous les prix au 10^e réduit, doivent être augmentés dans le rapport de 100 à 81. Ainsi, 4 franc étant le prix du décistère mesuré au quart, le même décistère, mesuré au 10^e réduit, doit valoir $100/81$ franc ou 4 fr. 2346.

Le premier nombre de chacune des trois autres colonnes a été trouvé par des considérations analogues. Quant aux autres nombres, ils se déduisent aisément des premiers.

6^e TABLE (1)

Indiquant, pour les bois cubés de différentes manières, quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume cubé au 10^e réduit.

AU 10 ^e RÉDUIT	AU 9 ^e RÉDUIT	AU 6 ^e RÉDUIT	AU 5 ^e RÉDUIT	AU QUART
francs	francs	francs	francs	francs
à 1 »	1 0252	1 1664	1 26563	0 81
1 50	1 54	1 75	1 90	1 22
2 »	2 05	2 33	2 53	1 62
2 50	2 56	2 92	3 16	2 03
3 »	3 08	3 50	3 80	2 43
3 50	3 59	4 08	4 43	2 84
4 »	4 10	4 67	5 06	3 24
4 50	4 61	5 25	5 70	3 65
5 »	5 13	5 83	6 33	4 05
5 50	5 64	6 42	6 96	4 46
6 »	6 15	7 »	7 59	4 86
6 50	6 66	7 58	8 23	5 27
7 »	7 18	8 16	8 86	5 67
7 50	7 69	8 75	9 49	6 08
8 »	8 20	9 33	10 13	6 48
8 50	8 71	9 91	10 76	6 89
9 »	9 23	10 50	11 39	7 29
9 50	9 74	11 08	12 02	7 70
10 »	10 25	11 66	12 66	8 10
10 50	10 76	12 25	13 29	8 51
11 »	11 28	12 83	13 92	9 01
11 50	11 79	13 41	14 55	9 32
12 »	12 30	14 »	15 19	9 72

(1) L'usage de cette table et des suivantes ne saurait offrir aucune difficulté aux personnes qui savent se servir de la précédente.

7^e TABLE

Indiquant, pour les bois cubés de différentes manières quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume cubé au 9^e réduit.

Au 9 ^e RÉDUIT	Au 6 ^e RÉDUIT	Au 5 ^e RÉDUIT	Au QUART	Au 10 ^e RÉDUIT
à 1 fr. »	1 f. 1378	1 f. 23457	0 f. 79	0 f. 97546
1 50	1 71	1 85	1 19	1 46
2 »	2 28	2 47	1 58	1 95
2 50	2 84	3 09	1 98	2 44
3 »	3 41	3 70	2 37	2 93
3 50	3 98	4 32	2 77	3 41
4 »	4 55	4 94	3 16	3 90
4 50	5 12	5 56	3 56	4 39
5 »	5 69	6 17	3 95	4 88
5 50	6 26	6 79	4 35	5 37
6 »	6 83	7 41	4 74	5 85
6 50	7 40	8 02	5 14	6 34
7 »	7 96	8 64	5 53	6 83
7 50	8 53	9 26	5 93	7 32
8 »	9 10	9 88	6 32	7 80
8 50	9 67	10 49	6 72	8 29
9 »	10 24	11 11	7 11	8 78
9 50	10 81	11 73	7 51	9 27
10 »	11 38	12 35	7 90	9 75
10 50	11 95	12 96	8 30	10 24
11 »	12 52	13 58	8 69	10 73
11 50	13 08	14 20	9 09	11 22
12 »	13 65	14 81	9 48	11 71

8^e TABLE

Indiquant, pour les bois cubés de différentes manières, quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume cubé au 6^e réduit.

AU 6 ^e RÉDUIT	AU 5 ^e RÉDUIT	AU QUART	AU 10 ^e RÉDUIT	AU 9 ^e RÉDUIT
à 1 l. »	1 l. 0851	0 l. 69444	0 l. 8573	0 l. 87891
1 50	1 63	1 04	1 29	1 32
2 »	2 17	1 39	1 71	1 76
2 50	2 71	1 74	2 14	2 20
3 »	3 26	2 08	2 57	2 64
3 50	3 80	2 43	3 »	3 08
4 »	4 34	2 78	3 43	3 52
4 50	4 88	3 13	3 86	3 96
5 »	5 43	3 47	4 29	4 39
5 50	5 97	3 82	4 72	4 83
6 »	6 51	4 17	5 14	5 27
6 50	7 05	4 51	5 57	5 71
7 »	7 60	4 86	6 »	6 15
7 50	8 14	5 21	6 43	6 59
8 »	8 68	5 56	6 86	7 03
8 50	9 22	5 90	7 29	7 37
9 »	9 77	6 25	7 72	7 91
9 50	10 31	6 60	8 14	8 35
10 »	10 85	6 94	8 57	8 79
10 50	11 39	7 29	9 »	9 23
11 »	11 94	7 64	9 43	9 67
11 50	12 48	7 99	9 86	10 11
12 »	13 02	8 33	10 29	10 55

9^e TABLE

Indiquant, pour les bois cubés de différentes manières, quel est le prix du décistère qui correspond aux divers prix du même volume cubé au 5^e réduit.

AU 5 ^e RÉDUIT	AU QUART	AU 6 ^e RÉDUIT	AU 9 ^e RÉDUIT	AU 10 ^e RÉDUIT
à 4 fr. »	0f. 64	0f. 79	0f. 81	0f. 9216
1 50	0 96	1 19	1 22	1 38
2 »	1 28	1 58	1 62	1 84
2 50	1 60	1 98	2 03	2 30
3 »	1 92	2 37	2 43	2 76
3 50	2 24	2 77	2 84	3 23
4 »	2 56	3 16	3 24	3 69
4 50	2 88	3 56	3 65	4 15
5 »	3 20	3 95	4 05	4 61
5 50	3 52	4 35	4 46	5 07
6 »	3 84	4 74	4 86	5 53
6 50	4 16	5 14	5 27	5 99
7 »	4 48	5 53	5 67	6 45
7 50	4 80	5 93	6 08	6 91
8 »	5 12	6 32	6 48	7 37
8 50	5 44	6 72	6 89	7 83
9 »	5 76	7 11	7 29	8 29
9 50	6 08	7 51	7 70	8 76
10 »	6 49	7 90	8 10	9 22
10 50	6 72	8 30	8 41	9 68
11 »	7 04	8 69	8 91	10 14
11 50	7 36	9 09	9 32	10 60
12 »	7 68	9 48	9 72	11 06

III. MODE DE LIVRAISON DES BOIS
DANS LE COMMERCE

Les marchands de bois, d'après l'usage, livrent le bois au charpentier en mesurant le pouce *plein* sur l'équarrissage, c'est-à-dire en négligeant les fractions de pouce au bénéfice de l'acheteur. Comme l'on mesure les dimensions réelles des bois en œuvre, il s'ensuit que l'on pourrait compter au charpentier, jusqu'à près de 0.03 qu'il n'aurait pas payés au marchand. Il faut donc évaluer cet avantage, pour y avoir égard, dans la détermination du cube des bois qui entrent dans l'analyse; or,

Le plus petit équarrissage des bois livrés est de 0 ^m 108	
qui peuvent être portés à 0 ^m 676.	
D'après le mode de livraison, <i>équarrissage</i>	
<i>moyen en œuvre</i>	0 ^m 121
Le plus grand équarrissage est ordinairement 0 ^m 650	
qui peuvent être portés à 0 ^m 676.	
<i>Équarrissage moyen en carré</i>	0 ^m 663
Les surfaces livrées étant de 0 ^m 0116 à	0 ^m 4225
dont la moyenne est 0 ^m 2170.	
Les surfaces mesurées en œuvre sont de 0 ^m 0146	
à	0 ^m 4395
dont la moyenne est de 0 ^m 2270.	

L'avantage de l'entrepreneur est donc de 10 sur 217 ou de 1/22 environ.

Il convient donc de ne porter dans l'analyse du prix de chaque mètre cube de charpente en œuvre, au lieu d'un mètre cube de bois brut, que la quantité de bois qui, augmentée de 1/22, donne ce mètre cube, et cette quantité est égale aux 22/23 d'un mètre cube ou à 957 décimètres cubes,

Déchet

Le déchet est causé : 1° par les fausses mesures sur la longueur des arbres ; 2° par les fausses coupes dans la mise en œuvre ; 3° par le trait de scie ; 4° par le retrait de grosseur que produit le dessèchement dans le chantier.

Ce retrait est évalué en masse pour chaque espèce d'ouvrage ; mais, comme 4 pièces sur 100 sont passées par le marchand aux entrepreneurs, pour couvrir une partie des déchets, les nombres réels qui les expriment ont été diminués de 4/100.

Faux frais

Main d'œuvre	{ Pour un atelier moyen de dix charpentiers, travaillant 320 jours dans l'année.	} Dépense totale 12,000 fr.	
Faux frais			{ 1° Pour location du chantier ou hangar, patente et contributions. 2° Fourniture et entretien des équipages, comme chèvres, etc. 3° Temps perdu au déchargement, au rangement sur tasseaux, au chargement après la taille et au déchargement au bâtiment.

Les faux frais égalent donc à peu près 1/10^e de la main-d'œuvre.

IV. DESSICCATION DES BOIS

La sève étant une liqueur facile à se corrompre, les moyens les plus prompts à accélérer sa dessiccation sont aussi les meilleurs.

Cette opération peut se faire de diverses manières : 1° en écorçant et équarrissant de suite les arbres qui ont été abattus pendant l'été; 2° selon l'opinion de quelques auteurs anciens, en les faisant mourir sur pied, au moyen de l'écorcement et d'entailles profondes pratiquées à la racine, à l'effet d'augmenter la densité et la force du bois; 3° enfin, selon Duhamel et Buffon, en employant simplement la méthode d'écorcement sur pied, qui paraît être celle préférable.

Voici la raison de cette opinion : lorsque l'arbre est écorcé, les sucres nourriciers qui devaient former la nouvelle couche du *liber* entre l'arbre et l'écorce, ne pouvant plus être employés à cet objet, passent dans l'aubier, le perfectionnent en s'y épurant, et lui procurent ainsi une dureté comparable à celle du cœur même de l'arbre.

L'écorcement et l'abatage des bois destinés aux travaux doivent être faits, l'un pendant la sève du printemps, et l'autre, pendant l'hiver suivant.

En Angleterre et en Allemagne, cette méthode est déjà en usage. Les résultats qu'elle a procurés sont tels, qu'on a reconnu que la résistance des bois écorcés est à celle des bois non écorcés comme 28 est à 25 : cette résistance est donc augmentée d'un neuvième.

Si on admettait généralement cette pratique, on augmenterait la durée des bois, qui auraient en outre l'avantage de devenir secs presque immédiatement après l'abatage; tandis que ceux qui sont abattus par la méthode ordinaire, exigent un temps infini avant d'arriver au degré de dessiccation convenable, tout en restant susceptibles d'une plus

grande tendance à la pourriture, à cause du contact de l'aubier.

Voici ce qu'on peut conclure de toutes les expériences et de toutes les observations qui ont été faites sur le dessèchement des bois :

1° Il faut équarrir les bois aussitôt après qu'ils sont abattus, afin de hâter leur dessiccation que l'écorce retarde toujours.

2° Lorsqu'ils sont débités suivant les dimensions voulues, soit en planches, soit en solives équarrées, on doit procéder de suite à leur dessiccation complète, en les laissant exposés à toutes les variations de l'atmosphère, et disposés par conséquent dans les chantiers, de manière que des courants d'air s'établissent autour d'eux avec la plus grande facilité.

3° Cette dessiccation doit être faite à l'ombre et lentement; car, si elle est brusquement opérée au soleil, elle expose le bois à se fendiller.

4° Il ne convient d'employer les bois que lorsqu'ils ont fait *leur effet*, c'est-à-dire quand ils sont parvenus à un état complet de dessiccation; car, s'ils ne sont pas assez secs, les ouvrages faits avec eux éclatent et se fendent : s'ils sont trop verts, ils se tourmentent et se déforment, ce qui peut nuire à la solidité et à la grâce des constructions.

5° Lorsque le bois est parvenu aux deux tiers de son dessèchement, il absorbe l'humidité de l'air : il faut, en conséquence, mettre les bois destinés à une dessiccation complète dans des lieux fermés, lorsqu'ils sont parvenus à ce premier degré de sécheresse.

6° En se desséchant, le bois se resserre et devient

plus léger. Le chêne perd environ un tiers de son poids : les bois qui sont moins durs perdent plus encore.

7° Les bois n'éprouvent de retrait ou de contraction que sur l'équarrissage ; l'effet n'ayant lieu que par le rapprochement des fibres parallèles. Dans le chêne, ce retrait est évalué aux $\frac{4}{100}$ de la section transversale.

8° Le temps nécessaire pour sécher des solives de 20 à 25 centimètres est de sept à huit ans au moins : il en faut quinze, c'est-à-dire le double, pour des poutres.

9° Le dessèchement des bois est d'abord en raison plus grande et ensuite en raison moins grande que celle des surfaces.

10° Celui d'une pièce de bois d'un volume égal et d'une surface double de celle d'une autre pièce se fait en deux ou trois fois moins de temps : ce temps est cinq ou six fois plus court lorsque la surface est triple.

11° Le dessèchement total des bois est en rapport avec leur légèreté, et en raison de leur densité relative ; en sorte que l'aubier se dessèche plus que le cœur de l'arbre.

12° Enfin la dessiccation des bois, entièrement opérée à l'ombre, ne peut guère être augmentée que de $\frac{1}{19}$ ou de $\frac{1}{18}$ du poids total, lorsque, pour l'accroître encore, on expose le bois au soleil et ensuite à la chaleur du four chauffé à une température de 47 degrés : par conséquent, ces derniers moyens sont d'autant plus inutiles qu'ils sont réellement onéreux.

Pour abrégé le temps, infiniment long, mais

nécessaire au dessèchement des bois, on a recours aujourd'hui à des moyens artificiels qui conduisent à des résultats plus prompts et non moins favorables à la bonne qualité du bois. Ils consistent principalement à en dégager, par le secours de l'eau, la sève et les sels qu'ils contiennent, parce que ce sont là les plus grands obstacles à leur dessèchement.

A cet effet, lorsque les bois sont abattus, on les expose d'abord à l'air pendant quelques mois; puis après, on les plonge, pendant deux, trois ou quatre mois dans un étang, ou mieux encore, dans une eau courante qui entraîne et dissout plus promptement la sève et les sels qu'ils contiennent. Le temps exigé pour cette opération est relatif aux dimensions des bois, ainsi qu'à la qualité de l'eau. On fait sécher ensuite à l'air, mais à l'abri du soleil, le bois précédemment immergé : les poutres se placent verticalement, et les planches se posent à plat, les unes sur les autres, en piles croisées, et séparées par des tasseaux, afin que l'air puisse circuler librement entre elles.

Dans la marine, on les tient plongées dans l'eau de mer et on les fait sécher ensuite.

Il est encore possible d'effectuer le dessèchement des bois par de l'eau chaude, lorsque, par exemple, on se trouve à portée d'une pompe à vapeur. Dix ou douze jours suffisent alors, mais la chaleur de l'eau doit être élevée à 30 degrés environ. Les pièces de charpente se placent dans des réservoirs propres à les contenir, et on les fait ensuite sécher à l'étuve, ou par la méthode que nous avons déjà indiquée.

Le flottage, au moyen duquel on charrie les bois sur les rivières, peut tenir lieu de toute autre espèce d'immersion : l'eau rend plus tendre, sous l'outil de l'ouvrier, le **chêne** et les bois résineux flottés ; ils prennent, en outre, une **belle couleur**, et deviennent moins sujets à se déjeter : les **bois blancs**, au contraire, pourrissent dans l'eau.

Procédé de M. Paulin Desormeaux pour la conservation des bois

Après l'abatage et la rentrée des bois dans le cellier, on débite ceux en grume, en bûches de 1^m29 à 1^m62 de longueur, on colle, sur les bouts, des rondelles de papier sur lesquelles on répand ensuite de l'huile.

Pour les garantir de la piquûre des vers, on écorce ces bûches un an après leur abatage, au printemps, à l'instant où les œufs des insectes déposés dans cette écorce commencent à éclore. L'écorce ôtée, le bois sèche et durcit : les œufs, s'ils éclosent, ne peuvent nuire au bois, et ceux déposés par la suite ne peuvent y causer de dommage ; le ver, lorsqu'il éclôt, ne trouvant plus l'écorce qui le nourrit jusqu'à ce qu'il soit assez fort pour perforer le bois même.

C'est surtout pour les bois fruitiers, c'est-à-dire les bois les plus précieux, que ce procédé offre de l'avantage. Le noyer n'est garanti, par ce moyen, que des gros vers, les petits parvenant à s'y loger ; mais il fait exception, et c'est toujours quelque chose d'avoir seulement à redouter ces derniers, qui n'ont point d'action sur le bois verni.

L'auteur a donné ces moyens préparatoires dans le *Manuel du Tourneur* (de l'*Encyclopédie-Roret*), pour les bois employés sur le tour ; nous les rapportons ici, parce que le fabricant a aussi besoin des bois fruitiers, cormier, alizier et autres pour la confection des allûtages, des rabots, des bouvets, outils à moulures, trusquins et autres.

Défauts des bois. — Les bois, lorsqu'ils sont débités et desséchés, sont assujettis à des défauts importants à connaître ; les principaux sont : les *nœuds*, les *malandres*, l'*aubier*, les *gerces* et l'*échauffé*.

Les *nœuds* sont la partie interne d'où naissent les branches, en partant près du canal médullaire du tronc ; ils traversent ses couches ligneuses, en interrompant et dérangeant la direction de leurs fibres ; ces nœuds augmentent, chaque année, d'une couche ligneuse de même nature que celle du tronc auquel ils appartiennent ; mais ces couches sont plus dures en ce point que dans tout autre ; cela tient à un engorgement de sève occasionné par le changement de direction des fibres ligneuses du tronc. Les nœuds en dérangent ainsi les fibres, les rendent courbes en divers sens, au lieu d'être droites, surtout lorsqu'il s'en trouve plusieurs assez proches les uns des autres ; dans ce cas, on dit que le bois est *tranché* ou *à rebours*. Il se trouve des nœuds pourris intérieurement ; ceux-là peuvent occasionner des détériorations très graves ; il faut avoir soin de mettre au rebut les parties des planches qui en sont affectées.

Les *malandres* sont des veines blanches ou quelquefois d'un rouge terne, qui annoncent un commencement de détérioration du bois, qui finit

par se décomposer et se pourrir insensiblement.

L'*aubier* est, comme il a déjà été dit, d'une texture plus imparfaite que le bois, ce qui le rend très susceptible de se décomposer, d'engendrer des vers qui le réduisent en poussière et finissent par attaquer les bois ; par conséquent, on doit avoir grand soin de le retirer du bois. Dans le chêne, par l'effet du flottage, l'*aubier* est facile à reconnaître, parce qu'il devient blanc.

Les *gerces* peuvent provenir d'un dessèchement trop rapide, produit par un grand vent ou par l'action du soleil ; elles peuvent aussi être le résultat de quelques maladies. Cette désunion des fibres ligneuses est très nuisible lorsque ces *gerces* sont en grand nombre et profondes ; elles causent un déchet considérable, car il est impossible d'employer les parties des planches totalement *gercées*.

L'*échauffé* provient de la sève qui n'a pu être expulsée complètement ; la partie restant dans le bois se corrompt, entre en fermentation, détériore le bois jusqu'au point d'y engendrer la pourriture ; ce défaut peut aussi être occasionné par l'eau qui a séjourné entre deux planches d'une même pile ; mais il est moins grave que le premier.

D'après ce qui vient d'être dit, les bois de bonne qualité consistent : en ce qu'ils soient exempts de défauts et que leurs fibres soient ligneuses, fortes, souples, bien droites et homogènes.

Lorsqu'on sait encore reconnaître la qualité des bois par la nature et la texture de leurs fibres et par les accidents qui les caractérisent, on est en état d'en tirer le meilleur parti et de faire des ou-

vrages remplissant les conditions particulières de la durée et de la solidité.

La sève qui existe dans tous les bois est une cause inévitable d'altération. Elle s'échauffe et fermente même dans ceux qui sont de meilleure qualité et travaille jusqu'à ce que le temps l'ait détruite.

Dans les bois de qualité inférieure, cette fermentation a des effets encore plus fâcheux, surtout s'ils n'ont pas été coupés dans la saison convenable. La corruption de la sève attire les insectes, qui rongent et coupent les fibres ; elles fait bomber, fendre et même pourrir les bois avant le temps. Par son évaporation, elle donne lieu à un resserrement quelquefois considérable : les pièces de l'ouvrage fait avec du bois vert se séparent, et si elles sont assemblées d'une manière invariable, elles se fendent.

Il ne faut donc employer les bois qu'après les avoir bien fait sécher ; c'est ce qu'on obtient en les exposant à l'air sous un hangar.

Ce procédé simple, employé pour les bois de sapin et peuplier, ou généralement pour tous les bois tendres, consiste à exposer les planches aux variations atmosphériques, en formant des piles triangulaires ou carrées : ces piles sont creuses intérieurement ; leurs côtés ont pour épaisseur la largeur d'une planche : on pose ces planches à plat les unes sur les autres, de manière que celles formant face de la pile, avec celles formant les retours, laissent un vide entre deux, égal à l'épaisseur d'une planche pour aérer les faces des deux planches, immédiatement au-dessus l'une de l'autre.

Ainsi exposées, le dessèchement doit s'opérer à l'ombre, en observant qu'il faut garantir les planches d'un grand hâle et du soleil, parce qu'ils pourraient hâter trop rapidement ce dessèchement et les faire gercer. Parvenu à un certain degré de sécheresse, le bois absorbe l'humidité atmosphérique, alors on rentre ces bois dans des magasins ou autres lieux fermés pour en terminer la dessiccation. Leur empilement se fait en pilon carré, les planches toujours posées à plat, en les séparant les unes des autres par des lattes, de manière que l'air circule librement.

Pour les bois de chêne et autres bois durs, on conçoit qu'un tel procédé serait infiniment long à opérer leur dessèchement; mais on a recours à d'autres moyens qui donnent des résultats plus prompts et très favorables à la qualité du bois; comme la dessiccation consiste principalement dans l'expulsion de la sève, on emploie l'eau pour l'en expulser, et en même temps elle entraîne avec elle les autres matières végétales qui peuvent être contenues dans les pores; à cet effet, lorsque les planches sont débitées, on les expose à l'air pendant un mois, ensuite on les plonge pendant deux ou trois mois dans un canal ou dans l'eau courante; cette dernière est préférable parce qu'elle se renouvelle successivement dans les pores et entraîne plus promptement la sève. Après ce laps de temps, on retire ces planches de l'eau, puis on les fait sécher, comme il a été dit, pendant trois ans, ensuite on les emmagasine sous un hangar couvert pendant un égal laps de temps.

Procédé de M. Mugueron pour dessécher les bois

La dessiccation obtenue par le moyen précédent est lente et n'est jamais complète. Il y a plus de cinquante ans que M. Mugueron, maître charron à Paris, inventa un moyen ingénieux qui produit de bien meilleurs effets. Il consiste tout simplement à faire bouillir le bois dans l'eau et à le faire ensuite sécher à l'étuve. Par cette opération, le bois est entièrement dépouillé de la partie extractive; ses fibres se rapprochent, sa sève est remplacée par l'eau qui s'évapore promptement. On peut même, comme nous allons le voir, mêler à l'eau d'autres substances qui pénètrent jusqu'au cœur du bois et lui donnent de nouvelles qualités.

La découverte faite par M. Mugueron obtint l'approbation de l'Académie des sciences. Voici le résultat des épreuves faites sous ses yeux : 1° le meilleur bois acquiert un tiers de force de plus que sa force naturelle; 2° le bois vert auquel il fallait plusieurs années pour pouvoir être employé, peut l'être très promptement; 3° le bois qui n'était propre à rien, rendu plus dur, devient utile à plusieurs ouvrages; 4° les bois ainsi préparés sont moins sujets à être fendus, gercés et vermoulus; 5° on peut, dans l'emploi, diminuer d'un tiers la grosseur de certaines pièces de bois; 6° le bois devient flexible; il en résulte qu'on peut redresser les pièces qui sont courbées, et, quand on le désire, cintrer dans tous les sens celles qui sont droites.

Il n'est pas douteux que cette dernière propriété, si remarquable, dont M. Mugueron avait tiré parti pour le charonnage, n'ait été l'origine de la dé-

couverte de M. Isaac Sargent, dont nous parlerons dans la suite.

Modification du procédé de M. Mugueron par M. Neuman

M. Mugueron, pour appliquer sa découverte, avait fait faire d'immenses chaudières; mais comme tout le monde ne peut pas l'imiter, on avait à peu près abandonné son procédé.

M. Neuman, menuisier de Hanovre, et plusieurs ébénistes anglais, en ont rendu l'emploi bien plus facile en se servant du chauffage à la vapeur pour faire entrer l'eau en ébullition.

Cette nouvelle manière de procéder est très simple. On met les pièces de bois dans une forte caisse en chêne, dont les joints ont été bien mastiqués. On a soin que les diverses pièces de bois ne s'appliquent pas exactement l'une sur l'autre. Il y a au fond de la caisse un robinet qu'on ouvre et ferme à volonté. On la remplit d'eau.

Sur un fourneau placé à côté de la caisse, est une chaudière pleine d'eau et fermée par un couvercle en forme d'entonnoir renversé. Pour que la vapeur ne puisse pas s'échapper en glissant entre le couvercle et la chaudière, on bouche la jointure avec de la terre glaise, ou mieux encore avec de la chaux vive délayée avec du blanc d'œuf, mêlé à l'avance avec un peu d'eau. Au sommet du couvercle, on a soudé un gros tuyau qui s'élève d'abord verticalement, puis se recourbe et descend au fond de la caisse en bois. Quand on chauffe fortement la chaudière, l'eau qu'elle renferme entre en ébullition, la vapeur sort par le tuyau du couvercle, et,

ne trouvant point d'autre issue, passe à travers la masse d'eau contenue dans la caisse, qu'elle finit par échauffer.

L'opération est plus ou moins longue et l'ébullition doit être plus ou moins longtemps soutenue, suivant que les pièces de bois renfermées dans la caisse sont plus ou moins grosses.

On a atteint le but quand l'eau qui sort de la caisse n'est plus colorée par le bois soumis à l'opération.

En France, on pratique depuis longtemps un procédé de lixiviation à peu près analogue, dans l'intention de garantir les bois de la piqure des vers. On les met bouillir dans des chaudières où l'on a jeté des cendres de bois neuf, et on les y laisse pendant une heure environ.

Procédé de pénétration du bois

Dans un grand coffre fermé hermétiquement, ou dans une chambre, si la quantité de bois est considérable, on empile, en laissant du vide entre elles, toutes les pièces qu'on veut dessécher. Toutes les issues étant bien fermées, on y introduit, par un tuyau, la vapeur d'une chaudière d'eau bouillante.

Ce bain de vapeur pénètre dans le bois, dans deux heures, à 41 millimètres sous ses surfaces ; et lorsqu'il a été exposé pendant vingt-quatre heures dans une chambre chauffée avec un poêle, il peut être employé.

Il est certain encore que tous les insectes, que leurs œufs, leurs larves, etc., sont détruits, ce qui produit un nouvel avantage.

Ce procédé se recommande tellement par lui-même, qu'il trouvera peu de sceptiques; il a en outre le mérite d'être à la portée du plus pauvre fabricant comme du plus riche.

Mais ce qui doit surtout exciter l'intérêt des constructeurs, et de tous les ouvriers en bois, c'est qu'il n'est pas moins applicable aux grosses pièces qu'aux petites, aux planches des parquets, des boiserie.

Procédé pour durcir le bois

Si on veut donner au bois une très grande dureté, il faut l'imbiber 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.

Procédé de M. Atlée pour durcir le bois et l'empêcher de travailler par l'effet de l'humidité

Le bois est d'abord débité en planches ou en pièces parallélogrammiques qui doivent avoir une épaisseur égale sur toute leur longueur; ensuite ces pièces sont passées entre les cylindres de fer ou d'acier bien poli d'un laminoir qui les comprime à la manière des feuilles métalliques.

L'écartement entre les cylindres se règle suivant l'épaisseur du bois; mais pour qu'il n'éprouve pas une compression brusque, qui romprait les fibres et le ferait éclater, l'auteur propose de placer plusieurs paires de cylindres à la suite l'une de l'autre, afin que la pression soit graduelle et successive. L'écartement de ces cylindres devrait être tel,

qu'à mesure qu'ils s'éloignent ils soient plus serrés. M. Atlée assure que par ce moyen la sève ou l'humidité est forcée de sortir du bois sans que ses fibres soient rompues : ce bois sera ainsi plus compact, plus lourd, plus solide et moins susceptible de se pourrir.

C'est principalement pour l'ébénisterie que l'auteur recommande son usage, comme ne travaillant pas, prenant un beau poli et se rayant difficilement. On est dispensé d'ailleurs de l'emploi de la varlope et du rabot, attendu que le laminage donne aux planches une surface très unie.

Je dois faire observer que les bois nouveaux ne subiraient pas le laminage sans éclater, quelles que fussent les précautions prises pour graduer la compression.

V. CONSERVATION DES BOIS

Tous les bois qui sont exposés aux actions successives des éléments ne tardent pas à périr, quelque soin que l'on prenne pour les conserver. Ils sont souvent la proie d'une maladie que les Anglais nomment *dry-rot*, pourriture sèche, épidémie végétale, contre laquelle tous les préservatifs sont impuissants.

La sève qui existe dans tous les bois est cause de leur altération : dans les meilleurs, elle travaille jusqu'à ce que le temps l'ait détruite.

Dans ceux d'une qualité inférieure ou qui ont été coupés hors de saison, elle s'échauffe, se corrompt, attire les vers, et fait bomber, fendre, gerçer et même pourrir le bois avec le temps, surtout

s'il a été employé n'étant pas sec, et s'il est exposé à l'air : on obvie à ces inconvénients en faisant bouillir le bois dans l'eau et en le séchant ensuite à l'étuve. Par là, il se dépouille de sa partie extractive, et ses fibres deviennent susceptibles de se remplir de différents ingrédients qui pénètrent jusqu'au cœur, augmentent sa force et en assurent la conservation.

Le bois qu'on imbibe d'huile ou de graisse, et qu'on tient ainsi exposé pendant un certain temps, à une chaleur modérée, devient lisse, luisant et sec après son refroidissement : il contracte aussi quelquefois une dureté telle qu'il tranche et perce comme une arme de fer.

Les bois de construction peuvent encore être conservés pendant une suite d'années plus ou moins considérable, par d'autres moyens dont la plupart ont été confirmés par l'expérience : on y parvient en les goudronnant, ou en les couvrant d'une couche de peinture de temps en temps ; on y parvient encore en les enduisant d'une lessive de sel, lorsqu'ils sont destinés à être placés dans des lieux humides, ou bien en les recouvrant avec du bitume liquide ou de l'huile de pétrole, et mieux encore, avec un mélange formé de ces deux substances. Les toits en planches, recouverts d'un mastic bitumineux, paraissent pouvoir résister aussi, pendant longtemps, aux intempéries de l'air. Enfin, les enduits de chaux sont encore d'assez bons préservatifs contre les vers et contre la pourriture.

En Angleterre, on fait un très grand usage de goudron extrait de l'acide pyroligneux (vinaigre de bois), reconnu, dans ce pays, pour être le meil-

leur préservatif qu'on puisse employer pour la conservation de tout ouvrage en charpente exposé à l'air.

Cette espèce de goudron, qui paraît ne point s'incorporer avec le goudron ordinaire qu'on emploie généralement, est d'un usage facile : il ne s'agit que de le chauffer légèrement dans un vase de fer, et de l'étendre ensuite avec une brosse. Deux couches, ou trois au plus, suffisent pour durcir le bois, avec lequel il s'identifie complètement : il le rend lisse et si impénétrable qu'il serait difficile d'y faire l'empreinte la plus légère. Il permet, en outre, l'application d'une couche de cêruse à l'huile ; mais on ne doit l'étendre que sur des bois parfaitement secs.

Enfin, lorsque les bois, et principalement le chêne, sont destinés à être enfoncés en terre et scellés, comme les pieux pour clôtures, échafaudages, etc., on retarde beaucoup les effets destructeurs de l'humidité en passant au feu l'extrémité qui doit être enterrée, jusqu'à ce qu'elle soit carbonnée : ce moyen est à la fois un préservatif contre l'humidité et contre les insectes.

Moyen de rendre les bois inaltérables

Il y en a un bien simple, il consiste à jeter du sel de cuisine dans la cuve de Neuman. Aux Etats-Unis, on fait mariner dans le sel les bois qu'on destine à la charpente.

Un journal allemand annonçait qu'à Copenhague, le champignon s'étant mis sur le plancher de la Comédie, avait gagné au point que le plancher

vint à manquer; on en construisit un nouveau, qu'on eut soin de frotter d'une dissolution de sel. Au bout de dix ans, le bois de ce plancher était encore aussi sain et aussi bien conservé que s'il eût été tout récent.

La charrée de savon a la même propriété.

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, lorsqu'il est sec on le frotte avec de la graisse de porc.

Je n'adresse pas cette recette aux octogénaires, car, sans miracle, je doute qu'ils puissent acquérir la preuve de son efficacité.

Conservation des bois par l'acide pyroligneux

Nous croyons ne pouvoir mieux faire que de rapporter des expériences faites par un Américain du Nord, qui a consacré plusieurs années aux épreuves et aux recherches d'un moyen de conserver les bois des vaisseaux, et qui s'est arrêté à l'emploi de l'acide pyroligneux, comme le plus sûr et le meilleur des préservatifs contre la piqûre des vers, la pourriture, etc. (1). Pour faire ses expériences, il a exposé à la chancissure deux pièces de bois vert

(1) M. Brean a obtenu un brevet pour la conservation des bois au moyen du sulfate de fer; nous aurons occasion de revenir sur cette découverte, en parlant du procédé du Dr Boucherie.

abattues depuis longtemps et qu'il avait auparavant imprégnées d'acide pyroligneux. Il a été reconnu que ces bois n'avaient pas éprouvé le moindre dépérissement, tandis que des pièces de la même espèce, et semblables en tout à celles sur lesquelles se faisait l'expérience, se sont moisies et sont même tombées en pourriture.

On savait déjà que l'acide pyroligneux conservait les substances animales, mais on n'avait eu jusqu'ici que des doutes sur les effets de son application aux substances végétales, et surtout aux poutres, aux planchers, aux bordages des vaisseaux.

Ce procédé est si simple et si facile, qu'il semble impossible que les constructeurs se refusent à l'adopter. En voici les détails :

Après avoir scié, on façonne les différentes pièces de la construction, on les met à couvert pendant huit ou dix jours pour les empêcher d'être mouillées, et chaque jour on leur applique avec une brosse une couche d'acide qui les pénètre à environ 27 millimètres de profondeur.

Le bois doit être abattu depuis un assez long temps pour être scié, et l'on observe que, le cœur de chêne étant naturellement moins corruptible, on peut se dispenser de lui donner autant de couches qu'aux autres parties plus voisines de l'écorce, ou aux autres espèces de bois.

Procédés de conservation des bois, par MM. Brochard et Watteau, à Paris

Les procédés consistent à imprégner les bois de diverses préparations bitumineuses combinées avec des solutions de sels.

Préparation bitumineuse

Goudron minéral.	2/8
Goudron de bois.	1/8
Huile de naphte.	2/8
Huile de schiste.	3/8

Sels

1. Chlorure de calcium. 1 partie
Sulfate de soude. 1 —

Ces deux sels doivent être dissous dans l'eau et portés à la densité de 12 à 13 degrés de l'aréomètre Baumé; les dissolutions doivent être faites séparément. On doit également les introduire séparément dans le bois ou autres substances végétales et commencer par le chlorure de calcium pour éviter la cristallisation qui s'opèrerait si on employait d'abord le sel de soude.

Par la combinaison de ces deux sels neutres, on obtient le sulfate de chaux et le chlorure de sodium.

2. Chlorure de fer.
Sulfate acide d'alumine.

Dissoudre ces deux sels par parties égales dans l'eau et en faire un mélange à la densité de 12 à 13 degrés de l'aréomètre, qu'on introduit, par l'effet du vide, dans le bois ou autres substances végétales, et on introduit ensuite par les mêmes moyens du sous-carbonate de soude.

De cette combinaison résulte du chlorure de sodium, du carbonate de fer, de l'alun et de l'alumine en grande quantité.

3. Chlorure de fer.
Sulfate acide d'alumine.

Dissoudre ces deux sels par parties égales dans l'eau, à la densité de 12 à 15 degrés de l'aréomètre, on fait passer cette dissolution, par l'effet du vide, dans le bois, où l'on introduit aussi une solution de baryte caustique.

4. Essence de schiste	2/6
Huile de naphte	3/6
Goudron de bois	1/6

auxquels il faut ajouter une solution d'alumine.

Cette préparation a principalement pour but de permettre de donner au bois le plus beau poli ; elle sert de base à la teinture du bois, pour toute couleur qu'on voudra lui donner.

Pour imprégner le bois des différentes solutions et préparations désignées, on se sert d'un cylindre dans lequel sont placés les objets auxquels on veut appliquer ces moyens de conservation, et puis on opère le vide en remplissant l'appareil de vapeur, que l'on condense en y injectant avec force, au moyen d'une pompe, une portion de la solution froide de l'un ou de l'autre des sels indiqués, suivant l'usage auquel le bois est destiné. On lance sur les parois extérieures des jets d'eau froide ; après avoir ainsi obtenu un vide partiel, on fait écouler la solution hors de l'appareil, et on introduit ensuite de la même manière et par les mêmes moyens la seconde solution ; on laisse le tout en cet état pendant environ une heure, on fait couler le superflu de la solution, et alors on emploie des pompes pneumatiques pour obtenir un vide aussi parfait

que possible; cela fait, on introduit la préparation bitumineuse.

Cette injection se fait au moyen de pompes et jusqu'à ce que la pression dans l'appareil soit de 50 ou 60 kilogrammes par 0^m009 carrés.

Le but de l'invention est de faire pénétrer dans les pores du bois les différentes substances neutres indiquées, et d'obtenir une adhésion superficielle des matières bitumineuses et de leurs molécules, fixées dans le tissu cellulaire du bois.

Procédés de conservation et de durcissement des bois, par M. Ador

L'inventeur fait un silicate de potasse, de soude ou de lithine, il le mélange avec une des substances suivantes : asbeste, mica, sulfate de baryte, de strontiane ou de chaux, sulfate de plomb, carbonate de plomb, sciure de bois, ou en général toutes les substances inattaquables par les acides ou les alcalis précédents.

Le silicate de potasse s'obtient en faisant fondre dans un creuset trois parties de potasse à 65 degrés et quatre parties et demie de sable.

Pour le silicate de soude, il faut trois parties de soude et quatre et demie de sable.

Pour la lithine, on fait fondre trois parties et demie de carbonate de lithine, et quatre et demie de sable.

Le silicate étant fondu, on le coule et puis on le fait dissoudre dans l'eau chaude, de manière à former trois dissolutions à 15, 25 et 42 degrés.

On enduit le bois à préparer d'une solution

chaude à 15 degrés qu'on passe avec un pinceau ; celle-ci étant sèche, on passe la deuxième à 25 degrés et enfin la troisième à 42 degrés.

On passe une quatrième couche de cette dissolution à 42 degrés, mais un peu épaissie par l'addition d'une des substances désignées ci-dessus. .

Les bois sont soumis, après ces préparations, à l'action d'un gaz qui puisse s'emparer des bases, afin de laisser la silice seule dans les pores du bois.

Procédés de conservation des bois, par M. Knab, à Paris

L'inventeur emploie les sels métalliques, dont les dissolutions sont chauffées à une température voisine de l'ébullition. Il emploie principalement le sulfate de cuivre. Il en met 18 kilogrammes dans 1,000 litres d'eau. La chaudière est en plomb, et les parois sont préservées par des planches en bois.

Les traverses de bois que l'on veut traiter sont plongées dans la chaudière où on les laisse environ une demi-heure. On les retire en les prenant par les deux bouts au moyen de cordes.

Autre procédé de conservation des bois, par M. François, à Carcassonne

Le procédé de conservation des bois qui est l'objet du présent mémoire, s'applique aux bois résineux et non résineux, en grume, équarris, travaillés, prêts à la pose, assemblés ou non assemblés. Tels sont les bois de charpente, de menuiserie et d'ébénisterie ; les pilotis, les traverses de chemins de fer, les pièces des ponts en bois, les tabliers

des ponts suspendus, les conduits et tuyaux en bois divers.

Ce procédé consiste à la fois :

1° Dans l'emploi d'un sel acide de zinc, pyroli-gnite, sulfate et même chlorure, obtenu par l'action directe de l'acide concentré du commerce sur les rognures, tournures et débris du zinc.

2° Dans la qualité acide du sel de zinc, en vue de carboniser légèrement la fibre ligneuse à la surface du bois, et de détruire, concurremment avec ce sel, les propriétés fermentescibles et putrescibles des sucs séveux et autres liquides albuminoïdes que renferment les bois.

3° Dans l'injection ou la pénétration par le sel de zinc, après dessiccation partielle des bois, au moyen de l'action d'une brosse à main ou d'une brosse mécanique, rude, imprégnée dudit sel de zinc. Cette action peut être précédée et accompagnée de l'immersion; elle se pratique à cet effet dans une auge. L'immersion peut être totale ou partielle; toutefois, selon les pièces à injecter, elle peut se borner au simple brossage à grande eau, sans immersion.

4° Dans le lavage des bois, après injection ou pénétration du sel de zinc, par une dissolution étendue d'un sulfure ou oxysulfure alcalin ou terreux, en vue de précipiter, au voisinage de la surface, le sel de zinc à l'état de sulfure, et, par le fait, de rendre la surface des bois imperméable et inerte à l'action des agents dissolvants, putréfiants et fermentescibles.

Dans ce procédé, les sels acides de zinc conser-vent les bois, non seulement par leur propriété

toxique contre les insectes, et par leur propriété conservatrice des sucres séveux et de la fibre ligneuse, propriétés qui dominent dans le sulfate, et principalement dans le chlorure, dont l'emploi est préférable, mais encore par la qualité acide du sel, en vue de carboniser légèrement, à la surface et au voisinage, la fibre ligneuse, pour la conserver et arrêter plus complètement les causes de ferment et de décomposition ultérieures.

Cette qualité acide s'obtient facilement. Les sels de zinc sont préparés par l'action directe, à la température ordinaire ou à une température modérée, de l'acide sur le gaz métallique à l'état de rognures, de tournures et de débris. On opère dans des vases ou cuves en bois, cerclés en bois; on a soin de suspendre l'opération dès que le liquide ne donne plus, par l'agitation, qu'une légère effervescence.

La dessiccation préalable des bois à conserver se pratique par la simple exposition à l'air, au vent ou au soleil, pendant un ou deux jours, jusqu'à ce que l'on observe de légères fentes à la surface. On emploie également un courant d'air chaud.

Les bois en grume doivent être préalablement privés de leur écorce, ou, ce qui vaut mieux, équarris et couchés selon les dimensions d'emploi, alors que leur destination est pour pilotis et traverses de chemins de fer. Pour les pièces de charpente, pour les ponts, pour les conduits, on injecte ou on pénètre le bois avant l'assemblage; pour le bois d'ébénisterie ou de menuiserie, cela se fait, selon le cas, soit avant, soit après l'assemblage et la pose.

L'injection ou la pénétration s'opère par le frottement à la main ou mécaniquement, au moyen d'une brosse forte, imprégnée du sel conservateur. Selon la forme et les dimensions des pièces, on immerge les bois, avant et pendant le brossage, dans une auge de forme et de dimensions convenables, ou bien on se borne au simple brossage à grande eau. Ce dernier moyen se pratique sur les pièces de charpente, sur les ponts, sur les conduites, sur les objets de menuiserie et d'ébénisterie, avant et souvent après l'assemblage et la pose.

Après l'injection ou la pénétration par le sel conservateur, vient le lavage avec une dissolution étendue de sulfure ou d'oxysulfure alcalin ou terreux, ou mieux d'un sulfure alcalin.

Cette opération, qui a pour but la précipitation du zinc à l'état de sulfure insoluble dans les pores des bois, au voisinage de la surface, tend à soustraire les bois à l'action des agents dissolvants, putréfiants et fermentescibles, qui pourraient réagir ultérieurement sur la surface des bois, surtout au cas de submersion ou de contact d'un sol humide, comme cela a lieu pour les pilotis, pour les conduites, pour les charpentes extérieures et pour les traverses de chemins de fer.

Cet état d'inertie de la surface, état essentiellement conservateur, est d'ailleurs déjà préparé par la propriété qu'ont les sels acides, notamment le sulfate et le chlorure, de carboniser la fibre ligneuse à la surface et au voisinage de la surface. Le lavage au sulfure, ne devant agir qu'à la surface et à son voisinage, peut se pratiquer sans brosse ou avec une brosse légère, ou par immersion, car le bros-

sage rude et répété a, dans ce procédé, pour objet de déterminer une pénétration profonde et rapide des bois par les sels conservateurs.

Conservation des bois, par M. le Dr Boucherie

Les recherches qui ont pour objet la conservation des bois peuvent se diviser en deux catégories générales bien distinctes.

Dans la première, on a principalement étudié les meilleures conditions de saison pour l'abatage des bois dans l'intérêt de leur conservation ; les moyens les plus efficaces de dessiccation rapide et ceux qui peuvent les empêcher de s'altérer pendant qu'elle a lieu. On s'est aussi livré à des recherches pour conserver le bois mis en œuvre, et la ventilation convenablement dirigée est l'un des moyens dont on a obtenu les meilleurs résultats.

Dans la seconde catégorie se rangent les efforts qui ont été faits pour arriver à la découverte d'agents divers dont l'application à la surface du bois ou l'introduction plus ou moins profonde dans la substance devait le garantir des altérations de toute espèce auxquelles il est soumis.

Je ne m'occuperai ici que des tentatives suivies pour la pénétration d'agents chimiques spéciaux, dont le pouvoir protecteur a été considéré comme infaillible.

Les procédés employés pour enduire ou pénétrer les bois ont été peu nombreux ; les agents proposés comme protecteurs contre les caries l'ont été beaucoup au contraire.

Les divers enduits gras ou résineux sont les

moyens de conservation le plus anciennement mis en usage. On en recouvre la surface des bois pour empêcher le contact de l'air ; mais cet enduit se détache peu à peu et ne détruit pas les causes de fermentation intérieure, quelles que soient les substances qui ont été employées.

Ce n'est que depuis un demi-siècle que des agents chimiques ont été proposés pour la conservation des bois, et le nombre de ceux auxquels on a attribué le pouvoir de prévenir toutes les caries est considérable. En voici l'énumération : sulfates de cuivre, de fer, de zinc, de chaux, de magnésie, de baryte, d'alumine et de potasse, de soude ; carbonate de soude, de potasse, de baryte ; acide sulfurique, muriate de soude ; chaux vive ; nitrate de potasse ; acide arsénieux ; bichlorure de mercure ; huile et créosote.

Le plus grand nombre de ces substances sont, par leur nature même, incapables de conserver les bois, les unes par leur insolubilité, les autres par la décomposition que leur fait éprouver le bois.

Quant à l'acide arsénieux, la propriété d'être volatil qu'il présente ne permet pas d'en faire usage, alors même qu'on aurait acquis la certitude qu'il empêche les caries, ce qui n'est pas constaté.

Le sublimé, dont on a exalté avec raison les qualités préservatrices, ne peut être employé avantageusement à la conservation des bois, attendu que la question d'économie s'oppose impérieusement à l'usage de cette substance.

Nous ferons d'ailleurs remarquer que les méthodes suivies pour introduire dans le bois ces diverses substances, ne donnent jamais qu'une péné-

tration imparfaite, car même pour saturer d'eau de fortes pièces de bois, il faut des années.

Deux nouveaux procédés de conservation ont été proposés, l'un par M. Brean, l'autre par M. Moll.

L'invention de M. Brean consiste essentiellement dans une machine très ingénieuse qui, agissant par pression, fait pénétrer les liquides dans tous les points d'une masse de bois d'un fort diamètre et d'une grande longueur. L'expérience a constaté les bons résultats de cet appareil et son efficacité, mais la question d'application industrielle semble être demeurée entière sous son aspect principal, celui de l'économie.

Le procédé de M. Moll consiste à introduire dans le bois de la créosote à l'état de vapeur; nous ne possédons aucun renseignement sur le prix de la créosote, et la question d'application industrielle ne peut donc être décidée.

Tels étaient les travaux connus lorsque j'ai commencé mes recherches, qui m'ont conduit à la découverte de procédés efficaces :

1° Pour protéger le bois contre les caries sèches et humides;

2° Pour augmenter leur dureté;

3° Pour conserver et développer leur flexibilité et leur élasticité;

4° Pour rendre impossible le jeu qu'ils éprouvent et les disjonctions qui en résultent lorsque, mis en œuvre, ils sont abandonnés aux variations atmosphériques.

Nous allons exposer les principes et les méthodes que j'ai mis en usage pour atteindre ces divers buts :

1° *Protéger les bois contre les caries sèches
et humides*

Je me suis d'abord appliqué à constater par des expériences cette proposition simple mais importante, que toutes les altérations des bois proviennent des matières solubles qu'ils renferment. Ce sont elles qui, au contact d'une certaine quantité d'eau, dont l'action est aidée par une température convenable, peuvent se décomposer et altérer la fibre ligneuse et sa constitution intime, en détruire la résistance et la transformer, en dernière analyse, en une substance qui, sous beaucoup de rapports, présente les caractères de l'acide ulmique. Ce sont aussi ces matières solubles qui seules ayant des propriétés alimentaires, peuvent aider au développement de ces animaux si nombreux et si variés, qui dévorent les bois les plus compacts.

Les faits sur lesquels j'appuie cette proposition ont été observés plus particulièrement sur le chêne, et les expériences m'ont permis de constater que, puisque les matières solubles du bois sont la cause des altérations qu'il éprouve, il faut, pour le conserver, ou enlever ces matières solubles par un moyen quelconque, ou les rendre insolubles en y introduisant des substances qui, par ce seul fait, les rendent infermentescibles et inalimentaires.

L'enlèvement des matières solubles ne peut s'effectuer que par une espèce de lavage; or, les expériences auxquelles je me suis livré m'ont démontré que la pénétration des bois plongés dans l'eau est extraordinairement longue, et que les bois immergés ne se déchargent que très lentement

d'une portion des matières solubles qu'ils renferment.

J'ai donc cherché le moyen de transformer ces matières en corps insolubles, dans le tissu même du bois et les sels à base métallique insolubles qui présenteraient le plus d'avantage sous le double rapport de leur action préservatrice et de leur faible valeur.

Le pyrolignite brut de fer m'a paru réunir toutes les conditions désirables : 1° il est à bon marché; 2° son oxyde forme des combinaisons avec presque toutes les matières organiques; 3° son acide n'a aucune propriété corrosive, et il est volatil; 4° il contient encore la plus grande proportion de créosote qu'une liqueur aqueuse puisse dissoudre, et l'on ne doute plus aujourd'hui que cette substance ne protège très énergiquement toutes les matières organiques contre les altérations qu'elles peuvent éprouver.

Après avoir constaté par des expériences directes l'efficacité du pyrolignite de fer et la décomposition du sel par des matières organiques, j'ai voulu me rendre compte de la quantité de pyrolignite absolument nécessaire pour rendre insolubles tous les éléments altérables du bois, et j'ai reconnu qu'un 50° du poids du bois vert était plus que suffisant pour produire cet effet.

Les chlorures alcalins, tels que les chlorures de calcium et de sodium, ont présenté des résultats aussi satisfaisants que le pyrolignite de fer, dans le cas où le bois n'est pas incessamment mouillé. Le sulfate de soude est aussi d'un bon emploi, quoiqu'il agisse en sens inverse des sels ci-dessus,

et j'ai reconnu surtout qu'il desséchait le bois avec une grande promptitude.

Relativement au procédé de pénétration, j'ai essayé la macération, les machines, puis l'air dilaté par la chaleur pour raréfier l'air renfermé dans l'intérieur du bois, en le plongeant aussitôt dans les solutions que je voulais y introduire; mais je n'ai eu aucun succès.

Je me suis donc déterminé à agir sur les bois à l'état vert en me servant de la force qui détermine la circulation pendant la vie de l'arbre, pour introduire dans sa masse les matières propres à le conserver et à lui donner des qualités nouvelles.

Si on coupe un arbre d'une grande hauteur et qu'on en plonge le pied, en saison convenable, dans une solution saline, faible ou concentrée, une forte aspiration s'exerce de la part de l'arbre sur le liquide qui pénètre ainsi dans son tissu et parvient bientôt au point le plus élevé de sa tige, et même jusque dans ses feuilles terminales. Ainsi, en six jours, au mois de septembre, un peuplier de 28 mètres de hauteur, 40 centimètres de diamètre, et dont le pied plongeait seulement de 20 centimètres dans le pyrolignite de fer à 8°, s'est pénétré tout entier de ce liquide, et en a absorbé l'énorme quantité de 3 hectolitres.

Ces expériences ont été variées de mille manières; j'ai agi sur toutes les variétés d'arbres aux diverses époques de l'année et avec un nombre considérable de liqueurs de natures différentes.

Le procédé qui m'a donné un succès remarquable consiste à creuser dans l'arbre sur pied une cavité dans son tronc, qu'on met, par des moyens

convenables, en communication avec un réservoir plein de liqueur. En variant la nature des liquides et multipliant les cavités de réception pour chacun d'eux, j'ai pu imprégner le même tronc de substances différentes et produire les accidents les plus variés. Dans ce mode de pénétration, les liqueurs s'introduisent supérieurement et inférieurement dans tous les tubes séveux qu'a ouverts l'instrument, avec cette différence cependant que la colonne pénétrée conserve son épaisseur jusqu'à une hauteur considérable, tandis qu'elle diminue rapidement en s'avancant vers les racines.

J'ai cherché à simplifier cette méthode de préparation, et voici ce que j'ai adopté :

Après avoir dépouillé l'arbre d'une partie de ses branches, je le transperce dans sa plus grande épaisseur au moyen d'un instrument qui y creuse un canal de 2 centimètres de diamètre; j'introduis dans ce canal une scie à large voie, qui me sert à étendre linéairement l'ouverture à droite et à gauche jusqu'à 18 millimètres à peu près de la surface, j'ouvre ainsi la majeure partie des tubes séveux de la tige, et cependant j'en laisse suffisamment sur deux points opposés pour soutenir l'arbre dans sa position verticale. Ce travail terminé, je recouvre toutes les parties ouvertes avec une toile goudronnée que je fixe solidement, et j'adapte à l'une des ouvertures circulaires, que j'ai eu soin de ne pas obstruer, un tube qui communique avec un réservoir où est déposée la liqueur conservatrice qu'il s'agit de faire absorber.

La force aspiratrice n'est pas la même aux différentes époques de l'année; elle varie pour chacune

d'elles selon les espèces d'arbres dans lesquelles on l'observe. Généralement l'hiver est un temps de repos pour la circulation végétale, mais dans aucun cas ce repos n'est complet pour aucune espèce. De toutes les saisons, le printemps m'a paru la moins favorable pour une pénétration complète, et l'automne, celle qui donne les meilleurs résultats. Ce fait, contraire aux observations des physiologistes tient, je crois, probablement à ce qu'il n'a été fait aucune distinction entre les mouvements de la sève à la superficie et ses mouvements à l'intérieur de l'arbre.

Une exception remarquable à cette loi est celle offerte par les arbres résineux qui conservent leur feuillage jusqu'au printemps, le mouvement circulatoire se prolonge en eux pendant tout l'hiver, mais aussi sa réapparition est plus tardive et ne se montre pas encore en juin.

La pénétration est d'autant plus active et énergique que l'arbre est plus vigoureux, que les branches sont plus nombreuses et que son feuillage est plus abondant et plus développé.

Je me suis assuré, par des expériences, qu'on pouvait pénétrer la plus grande partie de la tige utile dans les arts industriels, malgré l'enlèvement du plus grand nombre des branches. Le bouquet terminal seul doit être toujours conservé.

Quel temps peut-on laisser écouler entre l'abatage et la mise en préparation des arbres, tout en conservant de bonnes conditions pour les pénétrer? Ce temps varie selon les époques de l'année et les espèces d'arbres. Fin septembre, un pin de 40 centimètres de diamètre, plongé quarante-huit

heures après l'abatage, se pénétra parfaitement. En juin il en fut de même pour un platane qui était mis à bas depuis trente-six heures; et il est probable qu'en retardant davantage il est encore possible d'imprégner sinon la totalité de l'arbre, ce qui n'est jamais utile, au moins toute la longueur de sa tige propre aux constructions.

Dans tous les cas, plus on se rapproche du moment de l'abatage, et plus aussi l'aspiration est énergique; elle décroît rapidement à mesure qu'on s'éloigne de la première journée, et elle est à peine sensible en général au dixième jour. Ces dix jours suffisent pour une imprégnation complète lorsqu'on opère dans de bonnes conditions. Dans quelques circonstances j'ai pu observer que la liqueur s'était élevée, en sept jours, à 25 et 30 mètres. L'expérience a été faite sur le peuplier.

Les quantités de liqueurs diverses qui peuvent être introduites par ce procédé sont très considérables, mais l'absorption des liqueurs neutres est bien plus abondante que celle des dissolutions à réaction acide ou alcaline.

Un platane de 30 centimètres de diamètre absorbe, en sept jours, 2 hect. 50 de chlorure de calcium à 25 degrés, et un platane du même diamètre, 2 hectolitres de pyrolignite de fer à 6 degrés dans les circonstances favorables.

Le 5 août, une branche de platane plongée par l'extrémité dans du chlorure de calcium à 5 degrés, pesait 2620 grammes. A la fin de l'expérience, le 13, elle avait aspiré 2 kilogrammes de chlorure, et son poids s'était réduit à 2466 grammes. D'autres branches ont donné des résultats analogues.

Pour les mêmes essences d'arbres, et dans des conditions identiques, les mêmes matières se sont constamment introduites en même proportion, c'est-à-dire en grande quantité pour les unes, ou n'ont pénétré qu'en moindre proportion pour les autres. Tous les sels neutres sont dans le premier cas, et tous les sels acides dans le second.

La pénétration n'est jamais complète. Dans les bois blancs on trouve un tube central de diamètre variable, qui résiste à l'imprégnation. Dans les bois durs ce sont aussi les parties les plus centrales du cœur qui se conservent dans leur état naturel.

Dans les bois blancs cette partie centrale est reconnue par ceux qui mettent le bois en œuvre comme la moins résistante et la plus corruptible ; elle ne s'imprègne pas parce qu'il n'y a plus de circulation, c'est du bois mort, déposé au milieu de parties parfaitement vivantes.

Cette irrégularité de pénétration occasionne quelquefois des accidents très remarquables, qui donnent à des pièces de bois l'aspect du marbre.

Cette portion centrale, ce cœur des bois blancs varie selon l'âge sous le rapport du volume de bois qu'il représente. Dans les arbres d'un grand âge il est proportionnellement plus considérable que dans ceux plus jeunes.

Quant à la non pénétration des parties les plus centrales du cœur du chêne, de l'ormeau, etc., je la considère également comme une preuve que le mouvement circulatoire y a cessé depuis longtemps. C'est encore une matière morte déposée au milieu du bois plein de vie,

Dans la distinction ordinaire qu'on fait entre l'aubier et le cœur du chêne, on a égard à la différence de couleurs que présente la coupe perpendiculaire à l'axe ; tout ce qui est blanc, ou à peu près, c'est de l'aubier, tout ce qui est plus foncé c'est du cœur ; mais dans le procédé de pénétration, on considère comme aubier tout ce qui s'imprègne et comme cœur tout ce qui résiste. L'aubier alors contient les $\frac{3}{4}$ de la masse du bois.

Tous les bois durs ne se ressemblent pas sous le rapport du volume du cœur impénétrable comparé aux parties qu'il est possible d'imprégner. Ainsi, tandis que dans des chênes l'expérience m'a démontré qu'on pouvait parvenir à pénétrer les $\frac{3}{4}$ de la masse, j'ai vu d'autres chênes qui avaient végété sur le même terrain ne s'imprégner qu'au 10^e . L'époque de l'abatage n'était pas, il est vrai, la même, et il ne m'a pas encore été permis de reconnaître si la saison était l'unique cause de cette différence.

Je crois que la recommandation de couper le bois en hiver, parce que, dit-on, les arbres à cette époque contiennent moins de suc que ceux abattus dans les autres saisons, est essentiellement pernicieuse, et quelques expériences, que je ne rapporterai pas ici, me semblent démontrer ce principe avec évidence.

2^o Augmenter la dureté des bois

Le pyrolignite de fer non seulement assure la conservation du bois, mais sa présence ajoute à la densité et paraît exercer sur la fibre ligneuse une action particulière. Cette fibre durcit au point que

le bois, une fois préparé, présente aux instruments tranchants, ou à tout autre effort mécanique, une résistance extraordinaire et qui est au moins double de sa résistance naturelle.

3° Conserver et développer la flexibilité et l'élasticité des bois

Ces qualités sont recherchées surtout dans la marine. Les bois qui les présentent et qui les conservent le plus longtemps lui offrent des garanties de durée et de service. Diverses industries qui emploient le bois ne retirent pas moins d'avantage de ces propriétés et savent très bien les mettre à profit.

J'ai recherché les moyens de développer ces qualités à tous les degrés dans le bois, de telle sorte que même en dehors des conditions d'humidité extérieure, qui les maintiennent, elles puissent persister et ne subir aucune des influences qui les font disparaître.

Des études sur les causes qui déterminent ces conditions précieuses m'ont conduit à reconnaître :

1° Que la flexibilité et l'élasticité des bois est généralement en raison de l'humidité qu'ils retiennent ; que ces qualités ne persistent qu'avec cette humidité, dont alors la présence peut toujours être constatée, même dans les bois les plus secs et après un long usage.

2° Que dans des exceptions nombreuses, elles paraissent dépendre de la constitution organique du bois.

3° Qu'enfin dans certaines circonstances on peut probablement les attribuer à la composition même

du bois, envisagé sous le rapport des sels alcalins qu'il renferme.

Pour faire persister cette humidité qui donne aux bois leur flexibilité, il m'a suffi d'introduire par voie d'absorption vitale un sel déliquescent qui n'agit pas seulement comme élément conservateur de l'humidité, mais qui paraît aussi produire l'effet des corps huileux pour développer dans le bois une souplesse qu'il est loin de présenter au même degré immédiatement après l'abatage.

Dans mes premiers essais, j'ai fait usage du chlorure de calcium, mais en réfléchissant qu'une grande consommation en augmenterait peut-être la valeur, j'ai été assez heureux pour penser que les eaux-mères des marais salants, produit perdu qu'on pourrait désormais recueillir, pouvaient servir à cette application, et dans un autre but que j'indiquerai.

Ces eaux-mères sont essentiellement composées de chlorures déliquescents, et leur production est pour ainsi dire illimitée ; elles m'ont donné les mêmes résultats que le chlorure de calcium.

Au surplus, quel que soit le sel déliquescent qu'on choisisse, il donne toujours la flexibilité et l'élasticité à tous les degrés possibles. Elles sont peu marquées avec des dissolutions très étendues, et des dissolutions concentrées rendent ces propriétés excessives. En un mot, elles se développent en raison du degré aréométrique des liqueurs qu'on emploie.

Tout me porte à penser que ces dissolutions salines pourront aussi assurer la conservation du bois, mais pour agir avec plus de certitude, j'y mélange $1/3^e$ de pyrolignite brut de fer,

Il était à craindre que la peinture ou le vernis ne pussent être appliqués d'une manière solide sur des bois ainsi préparés ; je me suis assuré qu'ils adhéraient avec autant de force que sur du bois ordinaire.

Les circonstances ne m'ont pas permis d'étudier complètement les bois préparés de la sorte dans leur résistance comparative, et sur des grosses pièces ; mais des ordres donnés par les ministres de la marine et des travaux publics vont me fournir les moyens d'entrer à cet égard dans une série d'expériences sur une grande échelle.

Quoi qu'il en soit, je suis déjà en mesure d'assurer que sous des masses de 4 décimètres d'équarrissage, ces bois ne dessèchent jamais d'une manière complète par l'action du soleil le plus brûlant, même après des mois entiers d'exposition ; le peu d'humidité qu'ils perdent le jour, la nuit le leur rend, et il en résulte que leur dessiccation ne dépasse jamais certaines limites.

Je n'énumérerai pas les secours que les industries diverses pourront retirer de cette découverte, ne voulant aujourd'hui insister que sur le fait capital de la pénétration intravasculaire et sur les résultats généraux qui en découlent.

4° Du jeu des bois et des moyens d'y remédier

Le bois mis en œuvre, quelque sec qu'il soit, augmente et diminue incessamment de volume, suivant les influences atmosphériques ; il en résulte des disjonctions qui font le désespoir des constructeurs, et qui deviennent excessives lorsque

le bois employé n'est pas dans un état de dessiccation suffisante.

Cette dessiccation, qui se fait longtemps attendre pour les bois de moyenne dimension, est très tardive pour les fortes pièces.

Ces inconvénients ont depuis longtemps attiré l'attention des industriels qui exploitent le bois, et des ingénieurs.

On a cherché et on a obtenu une dessiccation plus rapide en opérant l'équarrissage au moment même de l'exploitation en forêt, mais la perte de temps est encore considérable, malgré le recours à des empilages mieux combinés sous des hangars et sur un sol choisi.

On a essayé aussi, sans plus de succès, l'immersion préalable des bois dans l'eau douce ou l'eau salée.

Quant à la dessiccation au moyen des fours ou étuves, sans parler des frais onéreux qu'elle entraîne, il est reconnu que les bois ainsi préparés reprennent à l'air une partie de l'eau qu'on leur avait enlevée, et ne tardent pas à se tourmenter comme les autres.

Enfin, on s'est servi de la vapeur, mais je n'ai pas de renseignements sur les effets qu'elle a produits.

La question était donc demeurée sans solution, et j'ai reconnu, en l'étudiant, que les changements successifs de volume que le bois éprouve provenaient uniquement de son hygrométrie qui, elle-même, est intimement liée à la porosité et à la présence dans son tissu des matières avides d'eau.

Le meilleur remède contre un tel mal consiste

évidemment à obstruer tous les pores et à empêcher ainsi l'air de venir déposer dans le bois, ou de lui envoyer continuellement ces minimes proportions d'eau, unique cause des contractions et des dilatations qu'il éprouve.

C'est en réfléchissant aux moyens d'obtenir ce résultat que j'ai été conduit à remarquer que les disjonctions ne commencent à se manifester dans le bois qu'à une époque avancée de sa dessiccation et lorsqu'il est sur le point de perdre le dernier tiers d'eau qu'il renferme; les lui conserver toujours me parut de suite un moyen infailible de prévenir ce travail jusqu'alors inévitable. Je me suis arrêté à cette pensée, et j'ai fait des expériences pour en reconnaître la valeur.

Tous les faits sont venus confirmer mes prévisions. Les bois, maintenus invariablement humides dans certaines limites au moyen de la pénétration d'un chlorure déliquescent, restent immobiles dans leur volume, à quelque variation atmosphérique qu'ils soient exposés. Ils changent bien encore de poids et même dans une proportion beaucoup plus considérable que les bois naturels, mais ces changements s'exécutent de telle sorte qu'il n'en résulte pas de modification de forme.

L'emploi des chlorures, si avantageux pour prévenir le travail du bois, a aussi pour effet de réduire de beaucoup le temps de sa dessiccation. On économise tout celui qui est nécessaire pour la vaporisation du dernier tiers de l'eau qu'il contient.

En introduisant en mélange avec les chlorures terreux $1/3^e$ de pyrolignite de fer, on assurera également leur conservation indéfinie.

Nouvelle méthode employée pour la conservation des bois, par le D^r Boucherie.

Ce nouveau travail de M. Boucherie a été entrepris pour résoudre une difficulté grave que présente l'application du procédé de pénétration des bois par aspiration vitale.

Ce procédé, en effet, ne peut être exécuté que dans le temps de la sève ; et outre que ce temps est limité à quelques mois de l'année, l'abatage des bois à cette époque contrarie toutes les pratiques établies dans l'intérêt de l'économie forestière, et laisse dans beaucoup d'esprits la conviction, bien mal appuyée, sans doute, que les bois doivent être très altérables lorsqu'ils ne sont pas abattus en hiver.

« Pour vaincre ces obstacles à l'admission de mes procédés sur une grande échelle, dit M. Boucherie, je me suis appliqué à rechercher un moyen de pénétrer économiquement les bois en hiver ; et aussi heureux dans ce second travail que dans celui qui l'avait précédé, je suis arrivé à découvrir un mode de pénétration différent de celui effectué par aspiration vitale, aussi économique et aussi complet, au moyen duquel je puis, en plein hiver et dans un très court espace de temps, pénétrer tous les bois en grume ou équarris destinés à l'industrie.

« Ce procédé, que M. Biot aurait été amené par ses expériences à découvrir avant moi, s'il se fût occupé de la même question, s'applique uniquement au bois nouvellement abattu et divisé en billes de toutes longueurs, selon les besoins de

l'industrie. Il suffit, pour imprégner ces billes par diverses liqueurs, de les placer verticalement et d'adapter à leur extrémité supérieure des sacs en toile imperméable, faisant fonction de réservoirs dans lesquels on verse incessamment les dissolutions salines ou autres dont on peut faire choix pour donner aux bois des qualités nouvelles. Dans le plus grand nombre de cas, le liquide pénètre promptement par l'extrémité supérieure, et presque au même instant la sève s'écoule. Pour quelques bois qui renferment de grandes quantités de gaz, cet écoulement ne commence que lorsque ces gaz sont expulsés, et alors la sève tombe sans interruption. L'opération est terminée lorsqu'on recueille par l'extrémité inférieure de ces pièces de bois, des liqueurs parfaitement identiques avec celles qui ont été versées sur la partie supérieure.

« Dans le cours des expériences que j'ai faites avec cette méthode de pénétration, il m'a été possible d'observer un grand nombre de faits très curieux, qui m'ont fourni les éléments d'un travail étendu dont je m'occupe. Je me bornerai aujourd'hui à citer ceux de ces faits qui m'ont paru les plus intéressants.

« 1^o Il est facile d'extraire par milliers de livres la sève de presque tous les bois ; cette opération s'exécute sans frais et en très peu de temps ; en une seule journée, j'ai pu en recueillir 4,850 litres ; j'opérais sur sept arbres, et j'étais secondé par deux hommes.

« 2^o Non seulement on peut ainsi enlever au bois les matières sucrées, mucilagineuses, etc., que la sève tient en dissolution, mais il est encore

possible d'en extraire les sucs résineux colorés qu'il renferme. Il suffit, pour obtenir ce résultat, d'imprégner préalablement les arbres de liquides ayant la propriété de dissoudre ces sucs. Après quelque temps de macération, si je puis ainsi dire, la sève artificielle qu'on expulse se trouve chargée de ces matières. Dans l'un comme dans l'autre cas, ces sèves pourraient être très avantageusement utilisées.

« 3^e Ainsi qu'on l'a reconnu, je crois, mais sans agir sur des masses, comme j'ai pu le faire, la sève de la périphérie du bois et celle des parties centrales présentent quelques différences ; les points plus ou moins élevés de la tige auxquels on la recueille, l'âge du végétal et l'époque de l'année à laquelle on opère, influent aussi sur la composition qu'elle présente.

« 4^e Dans le plus grand nombre de cas, la sève ne contient que quelques millièmes de matières solides, quoique le bois renferme plusieurs centièmes de matières solubles. Ce fait connu, ainsi précisé, indique des recherches qui peuvent être bien intéressantes pour la physiologie végétale. Rien ne démontre mieux la vascularité du système ligneux.

« 5^e Les bois contiennent des proportions différentes de gaz dont la composition varie selon les espèces, l'âge et les saisons. J'ai reconnu que dans quelques cas ces gaz représentaient le vingtième du cube du bois.

« 6^e Dans le cours de mes expériences, j'ai pu très bien apprécier que la contractilité des vaisseaux du bois, sous l'influence de certains agents, n'était pas la même, et que, tandis que telle espèce se lais-

sait très bien pénétrer indifféremment, soit par une liqueur neutre, soit par une liqueur astringente, une autre espèce n'admettait dans ces vaisseaux que la liqueur neutre. En pratique, cette observation est importante.

« 7^e Les bois les plus légers ne sont pas ceux qui se laissent pénétrer le plus facilement, ainsi qu'on serait disposé à le croire. Le peuplier résiste beaucoup plus que le hêtre, le charme, etc., et le saule bien davantage que le poirier, le hêtre et le platan ».

VI. INCOMBUSTIBILITÉ DES BOIS

La durée des édifices dépend non seulement de la bonne qualité et de la conservation des bois, mais elle dépend encore des soins que l'on doit prendre pour éviter qu'ils ne deviennent la proie des flammes.

Pour prévenir les dangers auxquels on est constamment exposé, faute de précaution, par les incendies, remarquons qu'ils sont occasionnés, la plupart du temps, soit par les planchers qui aboutissent aux cheminées, soit par le rapprochement qui a trop souvent lieu entre les poutres, les solives et les différents conduits de chaleur ; on devrait donc, ce me semble, faire un plus fréquent usage des moyens indiqués jusqu'à ce jour, pour parvenir à donner au bois, sinon une incombustibilité complète, du moins une qualité qui les rende moins inflammables. Celui qui paraît le plus efficace est d'ôter à l'oxygène toute espèce de contact avec le bois.

A cet effet, on peut l'imbibber de dissolutions salines formées avec des *sulfates d'alumine et de fer*, communément appelés *alun, vitriol de mars, vitriol vert, vitriol de fer*. On pourrait également faire usage des *sulfates de potasse et de soude*, ainsi que des *muriates de potasse et de soude*, et particulièrement de ce dernier, connu sous le nom de *sel marin* ou de *sel de cuisine*.

Mais de tous les moyens connus qui paraissent pouvoir retarder au moins la combustion subite, on cite, comme étant le meilleur, celui qui consiste à imprégner les bois avec une lessive vitriolique mélangée d'urine. Cette imbibition permet de les exposer à un feu assez ardent sans craindre qu'ils s'allument : ils se charbonnent seulement, et se consomment à la longue sans produire la moindre flamme. Il faut au moins quinze jours pour que les pièces de bois que l'on plonge dans cette lessive s'en saturent suffisamment.

Manière de rendre le bois incombustible

Suivant Faggot, il suffit, pour cela, de le faire bouillir dans une dissolution d'alun ou de vitriol vert (sulfate de fer).

Les bois imprégnés d'urine ne se consomment que très lentement.

On trouve dans le journal *Monatsblatt für Bauwesen*, que si on lessive du schiste alumineux avec de l'urine, et qu'on laisse pendant quatorze jours dans cette liqueur des morceaux de bois de pin de 81 millimètres d'épaisseur, ils deviennent presque incombustibles. Après les avoir laissés sécher, si

on les met dans le feu, ils y restent pendant près d'une demi-heure sans subir d'altération ; c'est seulement au bout de ce temps qu'ils commenceront à se charbonner, mais ils ne produisent plus de flamme.

Sans doute ces procédés sont coûteux, et il est moins dispendieux de payer une prime d'assurance. Mais les compagnies d'assurance contre les incendies ne peuvent pas mettre à l'abri des accidents les habitants des maisons, et la foule qui se presse dans les théâtres.

Moyen de rendre le bois incombustible

On assure que le docteur Facles, de l'Académie des sciences de Munich, a découvert le moyen de rendre le bois incombustible et d'en prouver l'efficacité par l'expérience.

Il a combiné l'alcali caustique en dissolution avec une certaine matière terreuse granulée, lavée, tamisée, et l'a appliqué sur le bois, auquel il a donné une surface vitrée qui le rend ainsi imperméable à l'eau et à toute humidité.

Le comité des architectes du théâtre royal de Munich a fait l'épreuve du procédé sur deux petits bâtiments dont l'un avait reçu l'application, et l'autre ne l'avait pas reçue. Le même feu ayant été allumé dans ces deux bâtiments, un a été consumé, l'autre est demeuré sain et entier.

Les frais de l'application ne sont que de 20 pences (2 fr.) pour 100 pieds de surface de bois, ou 2 centimes le pied. J'espère qu'on ne négligera pas de prendre des renseignements positifs sur ce fait important.

Inflammabilité et combustibilité des bois de construction

Quand j'ai eu reconnu qu'il est possible de conserver toujours au bois une certaine humidité en l'imprégnant de chlorure terreux, il m'a été facile de concevoir qu'au moyen de la même substance, on peut non seulement beaucoup diminuer son inflammabilité, mais encore rendre très difficile la combustion de son charbon soustrait au contact de l'air par la fusion des sels terreux à sa surface et dans sa masse.

Ces prévisions ont été confirmées par l'expérience.

VII. COURBURE DES BOIS

L'avantage que présentent les bois courbes est rendu sensible par l'emploi qu'on peut en faire pour former différentes pièces qui entrent dans la construction des combles, des ponts, etc.

Dans la plupart des cas, à défaut de bois courbes, on est forcé de débiter de fortes pièces pour pouvoir donner à de plus petites la forme ou la courbure nécessaire : il en résulte, par conséquent, un déficit considérable.

Comme les pièces de bois naturellement courbées sont très rares, et par cette raison, très chères, on a cherché depuis longtemps, et notamment en Angleterre, divers moyens pour les courber. Celui qui fut d'abord mis en usage consistait à faire ployer les jeunes arbres, en assujettissant leur tige, soit par des cordes, soit par des piquets ; on les maintenait dans cette situation assez long-

temps pour que l'arbre, abandonné à lui-même, conservât la courbure qu'on voulait lui faire prendre.

Ce moyen, qui contrarie la forme primitive de la tige, est préjudiciable à son développement, parce qu'il retarde la végétation : il n'est plus maintenant en usage.

Depuis, on a essayé d'autres méthodes infiniment supérieures à la précédente et bien plus expéditives. Celle qui est la plus usitée consiste à chauffer également le bois dans tous les sens, de manière à lui communiquer une chaleur uniforme, mais en l'imprégnant, en même temps, d'une humidité qui le ramollisse et augmente son élasticité, afin d'arriver à pouvoir lui donner toutes les formes que l'on désire, sans l'exposer à se fendre et à éclater pendant l'opération.

C'est aussi par des moyens analogues qu'on peut redresser les bois qui seraient courbés ou déjetés ; mais l'exécution de ces procédés n'étant point précisément du ressort des charpentiers, nous pensons qu'il serait superflu d'entrer à cet égard dans de plus longs détails.

Nous nous bornerons donc à faire remarquer qu'il existe à Paris et dans plusieurs villes principales de la France des établissements dans lesquels ces procédés sont spécialement usités.

CHAPITRE III

**Théorie des forces et résistance
des matériaux**

SOMMAIRE. -- I. Théorie des forces. -- II. Tables des sinus et applications à la composition et à la résolution des forces. -- III. Résistance des bois. Stabilité dans cette résistance.

I. THÉORIE DES FORCES

C'est seulement au moyen de la connaissance de la composition et de la résolution, ou décomposition des forces, que le charpentier peut exceller dans l'art de combiner les assemblages des bois employés dans les constructions des maisons, des machines ou des autres objets qui sont du ressort de la charpenterie : sans cette connaissance, il lui est impossible de savoir quelle est la disposition qui doit être préférée dans chaque circonstance, et même de pouvoir reconnaître si une disposition adoptée par lui atteindra ou non le but qu'il s'est proposé.

La première chose à faire pour arriver à cette connaissance, est de chercher à acquérir de justes notions sur l'action des forces et sur leurs diverses décompositions.

Un corps pesant exerce toujours une force égale à son propre poids, et c'est dans la direction verti-

cale que cette force agit. Tout corps doit donc descendre en suivant une ligne verticale, à moins qu'il n'en soit empêché par quelque autre force, et celle-ci est toujours la même, quant à ses effets, que si elle agissait verticalement de bas en haut.

Quand un corps pesant P (pl. 1, fig. 1) est soutenu par deux poutres AC et BC , ses effets sur ces poutres dépendent de leurs positions. Plus les extrémités A et C sont écartées, plus l'effort sur les poutres est considérable, et inversement. Ici, il est évident que le poids se décompose ou se résout lui-même en deux autres, l'un dans la direction de CA , et l'autre dans la direction CB .

Nous allons donc passer maintenant à ce qui a lieu dans la composition et dans la décomposition des forces.

Composition et résolution des forces

La *résolution des forces* consiste à trouver deux ou plus de deux forces qui, en agissant dans certaines directions différentes, balancent ou produisent de concert le même effet qu'une force unique quelconque qui serait donnée. Ici le poids P peut évidemment être supporté par une force verticale qui agirait dans la direction cC , et qui serait égale à ce poids. Il est évident aussi que cette force pourra être décomposée en deux autres qui agiraient de B et de A vers C , dans la direction des poutres, pourvu qu'à elles deux elles produisent le même effet que la force verticale qui agirait dans la direction cC .

La *composition des forces* consiste à trouver une seule force qui produise le même effet que deux

ou plus de deux forces agissant dans des directions différentes. Ceci n'est évidemment rien de plus que le problème réciproque de la résolution des forces, et il se résout d'ailleurs de la même manière.

Si, par le centre du poids, on tire une verticale Cc , puis qu'on mène ca parallèle à CA , ainsi que cb parallèle à CB , il existera, entre le poids P et les deux pressions dans lesquelles il se résout suivant les poutres, des relations qui sont exprimées par les deux proportions :

$$\frac{C c}{C b} = \frac{\text{le poids } P}{\text{la pression sur la poutre } CA}$$

$$\frac{C c}{C a} = \frac{\text{le poids } P}{\text{la pression sur la poutre } CB}$$

Ceux qui sont initiés aux principes de la mécanique élémentaire reconnaîtront sans peine celui des principes de cette science dont les deux proportions ci-dessus ne sont que la conséquence ou la traduction : les autres pourront s'assurer de leur véritable signification, et ils se familiariseront avec le principe important d'où elles dérivent, en ayant recours à l'expérience suivante.

Qu'ils passent un cordon ou fil de soie sur la gorge des deux poulies B et C (fig. 2); qu'ils attachent ensuite des poids connus aux extrémités b et c , et qu'au moyen d'un nœud fait en A au premier cordon, ils y suspendent un troisième poids P , attaché lui-même à un nouveau cordon : si le poids P est plus grand que la somme des poids b et c , il y aura toujours une certaine position dans laquelle l'assemblage se trouvera en repos ; et si en tirant

l'un des poids le système se trouvait dérangé de cette position, il la reprendrait de lui-même, aussitôt qu'on laisserait les poids exercer leurs forces en toute liberté. On reconnaîtra par là que, dans cette position, mais rien que dans cette position, les poids se balancent entre eux, ou comme on dit encore, qu'ils se font équilibre.

Maintenant, si l'on reporte sur le papier les directions que prennent les cordons quand leurs poids se balancent ainsi, et qu'au moyen d'une échelle, on donne à la ligne AF la longueur correspondante au nombre des kilogrammes contenus dans le poids P ; si on prolonge la ligne BA vers le point E , et que par le point F , on mène FE parallèle à AC : alors FE , mesurée à l'échelle employée, indiquera le nombre des kilogrammes contenus dans le poids c ; celui des kilogrammes contenus dans b sera de même indiqué par la mesure à l'échelle de la droite AE .

Quand les trois poids sont égaux, les trois lignes AF , FE et AE sont égales, et les angles formés par les cordons autour du nœud qui les sépare sont pareillement égaux. Chacun d'eux est alors de 60 degrés.

Généralement, toutes les fois que les directions de trois forces sont dans un même plan et qu'elles concourent en un même point, si ces forces sont en équilibre, elles sont représentées en grandeur par les trois côtés d'un triangle dessiné parallèlement aux directions des forces.

Conséquemment, si un corps est tenu en équilibre par trois forces, et que deux quelconques de ces forces soient représentées en grandeur et en

direction par deux des côtés d'un triangle, le troisième côté du triangle représentera la grandeur et la direction de la troisième force.

Ainsi, puisque les côtés d'un triangle sont proportionnels aux sinus des angles qui leur sont opposés, et que d'un autre côté, trois forces en équilibre peuvent toujours être regardées comme les trois côtés d'un triangle aisé à construire, on voit que dans le cas de l'équilibre de trois forces agissant au même point, chacune des trois forces est proportionnelle à l'angle formé par les directions des deux autres. De cette manière on a (fig. 2) :

$$\frac{\text{poids } P}{\sin AEF} = \frac{\text{poids } b}{\sin AFE} \text{ ou } \frac{P}{b} = \frac{\sin AEF}{\sin AFE}$$

D'où on tirerait aisément la valeur du poids b .

Il est bon toutefois de remarquer que les dessins de constructions étant toujours établis sur une certaine échelle, on peut se servir de la même échelle pour obtenir graphiquement les valeurs des forces inconnues, ainsi que celles des directions que l'on ne connaîtrait pas : ce procédé graphique est même souvent préférable dans la pratique aux opérations numériques exigées pour le calcul des termes inconnus des proportions ci-dessus.

Ces observations faites, revenons à la combinaison des forces de la figure 1. Supposons tracée la verticale Cc , et rendue égale en mesure à la force P , au moyen de l'échelle du plan, ce qui se fait en lui donnant autant d'unités linéaires qu'il y a de kilogrammes (ou autres unités) dans le poids P . Si on mène alors cb parallèle à CB , et ca parallèle à CA , alors Cb , mesurée à l'échelle, indiquera le

nombre des kilogrammes (ou autres poids) contenus dans la pression que supporte la poutre C A. De la même manière, C a donnera la mesure de la pression supportée par la poutre C B.

Ces pressions qu'on vient de trouver ne subiraient aucune altération dans leurs valeurs, si l'on rallongeait ou si l'on raccourcissait les poutres, pourvu qu'il n'y ait rien de changé dans leur position relative; mais il est bon de savoir que la résistance que ces mêmes poutres peuvent opposer aux pressions qu'elles supportent serait beaucoup amoindrie par l'augmentation de leur longueur, comme on le verra plus tard. Contentons-nous donc de faire remarquer ici que si une poutre était beaucoup plus longue que l'autre, dans un assemblage en forme de ferme, la situation de la ligne de direction du poids serait un peu différente de celle qu'on lui aurait voulue : parce qu'une poutre de 4 mètres de long se comprime deux fois plus qu'une poutre qui n'aurait que 2 mètres de longueur. Cette différence doit donc produire un changement relatif dans les directions présumées des forces.

De plus, si la poutre qui doit résister à une pression dans la direction de sa longueur est assemblée en plusieurs endroits, elle travaillera évidemment plus que si elle n'avait de joints qu'à ses extrémités. On peut même ajouter que plus le nombre des assemblages sera grand, plus le travail de la poutre le sera proportionnellement, si d'ailleurs les assemblages sont tous également bien faits : cela tient à ce qu'il est impossible de faire un assemblage qui ne travaille pas à un certain point.

Les changements de forme dans un assemblage ou système de poutres augmentent toujours les effets du poids et produisent souvent des tassements accompagnés des plus fâcheuses conséquences, quand on ne les a pas prévus et qu'on n'a pas travaillé dans cette prévision.

Influence de la position des poutres. — Si l'on changeait la position de la poutre CB , si, par exemple, on lui donnait celle indiquée par la ligne ponctuée CE , la grandeur de l'effort exercé sur les deux poutres serait considérablement accrue. Si l'on tire en effet, comme précédemment, par les extrémités de la droite Cc , qui représente la charge P , des lignes parallèles aux nouvelles directions des poutres, la pression sur la poutre nouvelle CE , étant mesurée par Cd , au lieu de l'être par Ca , sera évidemment beaucoup augmentée, et l'effort sur la poutre ancienne CA sera presque doublé, parce que ce sera maintenant Ce , au lieu de Cb , qui le représentera.

Ceci montre quelles énormes pressions on peut faire produire à une force très petite comparative-ment, rien que par un simple changement dans la disposition des poutres qui la reçoivent. Le lecteur fera donc bien de s'attacher à l'étude de ces changements, au moyen de divers tracés de charpente, pour chacun desquels il déterminera graphiquement la valeur de la pression reçue par chacune des pièces du système, tel qu'il est désiré. Il fera bien aussi de comparer ces résultats avec ceux qu'on eût obtenus si les poutres avaient été disposées un peu différemment.

Au lieu de placer le poids sur le point où les

poutres se réunissent, supposons que les poutres soient assemblées à une pièce de bois Cc (fig. 3), et que le poids s'y trouve suspendu en c , les pressions se propageront comme précédemment et se mesureront de la même manière; c'est-à-dire que si Cc représente le poids P , la pression dans la direction de CA sera représentée par Cb , et la pression dans la direction de CB par la longueur de la droite Ca .

Dans le cas de la figure 3, Cc remplit l'office du poinçon dans une ferme.

Jusqu'ici, les extrémités des poutres A et B , dans les figures 1 et 3, ont été considérées comme supportées par un obstacle insurmontable. Quand de pareils obstacles ne s'y rencontrent pas, elles ont évidemment une tendance à s'éloigner l'une de l'autre, et il faut, pour les en empêcher, les réunir ou relier l'une à l'autre par une corde, une tringle de fer, ou une autre poutre, qui remplisse à peu près la fonction de l'entrait dans une ferme. Nous disons à peu près, parce que l'entrait d'une ferme a non seulement pour but de s'opposer à l'écartement des arbalétriers, mais qu'il est encore, presque toujours en même temps, destiné à supporter un plancher, office qu'une corde, ou même une tringle de fer ne remplirait pas comme lui.

La figure 4 représente un assemblage de cette espèce. AB y est l'entrait qui s'oppose à l'écartement des extrémités inférieures des poutres CA et CB . C'est la forme générale d'une ferme.

L'effort sur l'entrait s'y trouvera en tirant bf parallèle à l'entrait AB . Alors, si Cb représente le nombre des unités de poids qui pressent dans la

direction de CA , la ligne bf mesurée à la même échelle sera égale à l'effort exercé sur l'entrait AB dans la direction de sa longueur. L'effort égal et opposé exercé en B est mesuré de même par la droite ae égale à bf .

Si la charge, et conséquemment le poinçon, se trouvent au milieu de la ferme, les pressions sur les murs sont égales; mais quand il en est autrement, l'une des deux pressions est plus grande que l'autre, et le point f divise la ligne Cc en deux parties qui sont proportionnelles à ces pressions; Cf étant la pression sur le mur en A , et fc la pression sur le mur en B , quand Cc représente le poids total.

Lorsqu'il y a manque de hauteur ou que le poids se trouve distribué sur une partie considérable de la ferme d'assemblage, on doit lui donner la forme indiquée par la figure 5. Alors, les efforts exercés en C et D sont égaux, quand la figure est symétrique des deux côtés; si, au contraire, la charge ne correspond pas avec le milieu de l'ouverture, il faut, de l'un des points de la verticale qui correspond au centre de la charge, tirer des lignes aux points de support, dans une direction convenable pour obtenir la longueur Cd de la pièce à interposer entre les poinçons secondaires CE et df .

Dans l'un et l'autre des deux cas, l'effort sur chaque pièce se trouvera en établissant Cc comme mesure de la pression exercée en C ; puis, en menant de c des lignes parallèles aux poutres AC et CD . Alors Cb représentera l'effort sur AC , et Ca , l'effort sur CD . Si les deux côtés de la ferme étaient dissemblables, le poids total étant représenté par

Cg , en tirant gb parallèle à dB , on aurait dans bg la mesure de l'effort sur dB ; les autres forces étant comme avant.

Leviers d'assemblage

Supposons que l'on ait renversé la figure 4 et qu'elle soit alors supportée en C , comme on le voit sur la figure 6. Supposons encore que l'on y ait suspendu en A et en B des poids qui se font équilibre. Alors, le rapport ou la proportion des efforts sera tout à fait le même ou la même que précédemment.

Ceci montre combien il est facile d'obtenir un puissant levier avec un assemblage de charpente, et contribuera aisément à familiariser le lecteur avec la nature des efforts que supporte une poutre qui remplit l'office de levier.

L'entrait AB est évidemment ici dans un état de tension, tandis que les poutres AC et BC sont comprimées. La même chose a lieu pour la poutre verticale soutenue en C . La partie voisine du support C est comprimée, tandis que le côté opposé est dans un état de tension.

On voit donc que dans tous les cas c'est le même principe qui règle l'équilibre de la matière, et que toutes les forces agissent toujours suivant la même loi.

Il faut remarquer que, quand la disposition d'une ferme de charpente est renversée, comme dans la figure 6, et que l'entrait est parfaitement raide, il n'y a pas d'effort exercé sur la pièce CE ; mais si l'entrait était de la forme indiquée par la ligne ponctuée AgB , la pièce gEC serait compri-

mée ; tandis que la pièce hC serait dans un état de tension, ou tirée dans le sens de sa longueur, si l'entrait était de la forme indiquée par la seconde ligne ponctuée AhB .

Les figures 7 et 8 sont des applications faites des principes précédents, à la construction des grands leviers ou balanciers en charpente. L'un (fig. 7) est du célèbre Watt, l'autre (fig. 8) de M. Hornblower. Tous deux ont été construits pour des machines à vapeur de simple action.

Nouvelles explications sur l'influence de la position des poutres, sur la nature des efforts qu'elles supportent.

Pour prendre un autre exemple, supposons un assemblage de deux poutres fixées contre un mur (fig. 9) ; admettons que le poids P soit suspendu au point de jonction C des deux poutres CA et CB . Dans cette disposition, la poutre CA sera dans un état de tension, et la poutre CB sera comprimée. Pour évaluer le montant de ces forces, tirez la droite Ce dans la direction que suivrait le poids s'il était libre, c'est-à-dire dans une direction verticale, et après avoir pris Ce proportionnel à la charge P , tirez de e des droites parallèles à chaque poutre et prolongez-les jusqu'à la rencontre de l'autre en a et b . Alors Cb mesurera la compression de CB , et Ca la tension supportée par CA .

Leviers composés

Supposons que l'on ait renversé la figure 4, et que l'ayant fait porter sur l'extrémité C de la

pièce verticale, on lui ait donné la position indiquée par la figure 6 ; si des poids P et Q y sont suspendus aux points A et B , et que ces poids aient été choisis de façon à se faire équilibre, il est évident que les efforts exercés sur les différentes parties du système auront entre eux les mêmes relations qu'auparavant, c'est-à-dire que l'entrait se trouvera tiré également dans les deux sens et que les deux poutres inclinées CA et BC seront également comprimées dans le sens de leurs longueurs.

L'inspection seule de la figure fait d'elle-même pressentir tout le parti qu'on en a pu tirer pour confectionner de puissants leviers en charpente, comme ceux dont il va être bientôt question. Mais il est bon de faire remarquer auparavant que, dans toute disposition de charpente qui ressemble à une ferme renversée, si l'entrait est d'une parfaite rigidité, c'est-à-dire totalement inflexible, il n'y a pas d'effort d'exercé en E sur le poinçon renversé. Si l'entrait avait ou prenait la forme indiquée par la ligne ponctuée $A g B$, le même poinçon serait comprimé en g . Si l'entrait avait au contraire la forme indiquée par la seconde ligne ponctuée $A h B$, le poinçon serait tiré de bas ou haut au point h par l'action combinée des deux parties de l'entrait, tandis qu'il subirait en C une traction en sens contraire qui résulterait de la double compression des pièces inclinées AC et BC .

Différentes dispositions ont été adoptées pour la confection des leviers composés. Watt a construit le sien au moyen d'une barre continue $ACDB$, maintenue à une certaine distance du centre par deux pièces aboutissant en C et D , comme on le

voit sur la figure 7. Hornblower a construit le sien sur le même principe en adoptant la disposition de la figure 8.

Soit Cc la mesure du poids qui doit être soulevé par l'extrémité A du levier, Cb sera l'effort suivant CA , tandis que Cc sera l'effort suivant CD : d'un autre côté, Cd sera l'effort suivant la ligne ou pièce qui va de C au centre, et bc sera la mesure de celui qui est exercé sur AB . Les deux premiers efforts sont des efforts de tension, et les deux derniers des efforts de compression.

Les deux leviers ci-dessus sont des leviers à simple action employés dans les machines à vapeur. Dans les leviers à double action, les mêmes pièces étant alternativement tirées et comprimées doivent être disposées de façon à pouvoir résister à ces deux genres d'efforts.

Considérations nouvelles sur l'influence de la position des poutres

Pour montrer un nouvel exemple de cette influence, soit (fig. 9, pl. 1) une disposition de charpente fixée contre un mur, et P un poids connu suspendu au point C où se rencontrent les pièces de bois CA et CB . Dans cet assemblage, CA est tirée et CB comprimée.

Pour calculer le montant de ces deux forces, tirez la droite Cc dans la direction suivant laquelle se mouvrait le poids s'il était en liberté. Prenez ensuite la distance Cc proportionnelle au poids P et tirez, par le point c , la ligne cb parallèle à CA , ainsi que ca parallèle à CB : alors si vous mesurez à l'échelle les lignes Cb et cb , vous aurez dans

l'une la valeur de la pression exercée sur CB , et vous aurez aussi dans l'autre, c'est-à-dire dans cb , la valeur de la tension exercée sur la poutre CA .

Si l'on changeait la position des poutres, si on les disposait comme on les voit dessinées sur la figure 10, la poutre BC agirait encore à la façon d'un aisselier, c'est-à-dire que la charge P aurait une tendance à la comprimer. On doit voir en effet que nonobstant sa position inclinée, la poutre BC ne saurait être remplacée par une corde, ce qui aurait lieu dans le cas où elle ne subirait qu'un effort de tension.

Dans la figure 11, la poutre AC est encore dans un état de tension, quoiqu'elle aille en montant au lieu d'aller en descendant comme dans la figure 9, et quoiqu'elle paraisse remplir ici l'office d'entrait renversé. On doit voir en effet qu'on peut remplacer la poutre par une corde.

Dans chacun des cas représentés par les figures 10 et 11, les énergies des différents efforts exercés sur l'assemblage se doivent estimer de la même manière que dans le cas de la figure 9. Or, comme on a pris pour représenter le poids P des longueurs égales dans les trois figures, rien n'est plus facile, en comparant entre elles les nouvelles longueurs des droites Cb et cb avec ces deux lignes de la figure 9, de voir dans quelle proportion considérable ont été augmentés les efforts exercés sur les poutres CA et CB par une simple altération dans la position de ces deux parties de l'assemblage. Les efforts les moindres de tous étant ceux qui résultent de l'arrangement qui correspond à la figure 9, il s'ensuit que si l'on se reporte à la figure 6, on

trouvera qu'un entrain suivant la ligne $A g B$ supportera les poids avec moins de peine sur les parties de la ferme que ne le ferait l'entrain droit AB , et que plus le point g sera élevé, plus les efforts seront petits. Ceci serait également vrai pour la ferme, quand bien même on la renverserait.

Les trois dernières figures ressemblent à une volée de grue, mais l'effort qui s'exerce sur la flèche ou poinçon CB d'une grue est très différent, comme nous allons le montrer, afin de faire ressortir quelques principes qu'il ne faut pas perdre de vue dans la construction des machines de cette espèce.

Soit DCE (fig. 13) la représentation de la corde qui, soulevant le poids, traverse la gorge de la poulie C . Il est clair que l'effort dans la direction de CD est égal à l'effort dans la direction de CE ; tandis que dans chacun des cas représentés par les figures 9, 10 et 11, il n'y avait d'effort d'exercé que dans la direction de CE .

Maintenant, si l'on prend CD (fig. 12) égale à CE et qu'on tire EB parallèle à DC , jusqu'à sa rencontre en B avec la verticale DB , il suffira de tirer la diagonale CB pour avoir la direction de la poutre qui balancerait les forces agissant dans les directions de CD et de CE , et ce serait en plaçant une poutre dans cette direction-là que l'on maintiendrait les deux forces ci-dessus avec le moins d'effort possible : il faudrait toutefois recourir, pour la maintenir en C , à l'emploi d'une poutre telle que la poutre AC .

Si l'on donnait à la poutre CB une direction autre que celle de la diagonale du parallélogramme

construit sur les directions des cordes CD et CE , on augmenterait l'effet des forces de tension et cet effet varierait avec la position des poutres qui serviraient de support au système. Si l'on donnait, par exemple, à la poutre inclinée CB , la position indiquée par la ligne ponctuée CB_1 , les deux poutres AC et B_1C seraient en même temps dans un état de compression, et si la verticale Ca représente l'intensité du poids P , la droite Cb représentera la pression exercée sur la poutre inclinée dans la direction de CB_1 , la ligne ba représentera en même temps l'effort de pression exercé sur CA .

Supposons à présent que ce soit la direction de CB_2 que l'on ait donnée à la poutre inclinée. Dans ce nouveau cas, la poutre CB_2 sera encore comprimée, et la pression qu'elle subira sera presque doublée. La poutre AC sera aussi dans un état de tension considérable. Cette dernière disposition est donc la plus défectueuse de toutes celles qui peuvent être adoptées, et c'est pourtant celle-là que l'on adopte le plus souvent pour les grues de ce genre. Si Ca représente le poids P , Ce , dans la nouvelle hypothèse, représentera la tension de la poutre CB_2 , et la droite ea sera la tension de la poutre AC .

Ce qui précède montre de quelle importance est la position de la poutre CB , dans la construction d'une grue en potence. On voit que la meilleure position que l'on puisse donner à cette pièce de support est de la faire descendre un tant soit peu au-dessous de la diagonale du parallélogramme construit sur les directions des cordes. Soit, par exemple, DF (fig. 43) le montant, DC et CE les

directions des cordons. Faites $CA = CG$ et tirez AB parallèle à CG , ou GB parallèle à AC ; en joignant CB , vous aurez la diagonale requise. Cette ligne trouvée, placez le pied de votre poutre de support ou flèche un peu au-dessous de F où la diagonale CB rencontre le montant. Dans cette disposition, les deux poulies ainsi que la pièce inclinée, seront à la fois comprimées et l'arrangement obtenu aura toute la stabilité qu'il comporte.

Manière de distinguer les pièces tirées d'avec celles qui sont comprimées

Il est indispensable, lorsque l'on dessine un projet de construction aussi bien que quand on calcule la force d'une charpente, que l'on soit en état de bien distinguer les pièces qui sont tirées d'avec celles qui sont comprimées, parce que les premières doivent être continues ou protégées contre la rupture par des liens, tandis que les secondes doivent avoir toujours peu de longueur.

Or, voici un moyen aisé de ne pas confondre ces deux sortes de pièces.

Du point où la force agit, tirez une ligne dans la direction que prendrait la force si son point d'application pouvait se mouvoir en liberté. Alors si la ligne tracée tombe dans l'angle des deux pièces chargées, ces deux pièces sont comprimées toutes les deux. Si, au contraire, la droite tracée tombe dans l'angle formé en prolongeant les directions des deux poutres ci-dessus, ces deux poutres sont dans un état de tension.

Voici une autre méthode plus générale qui renferme le cas ci-dessus mentionné.

Après avoir construit sur la face agissante comme diagonale un parallélogramme ayant ses côtés dans les directions des forces résistantes, ou dans le sens des deux poutres chargées, on commence par tirer la seconde diagonale du parallélogramme, puis on mène une parallèle à cette droite par le point de rencontre des poulies. Alors il suffit de considérer de quel côté de cette droite le point d'application se mouvrait s'il était libre, attendu que les poutres situées du même côté sont comprimées, tandis que celles qui sont du côté opposé sont dans un état de tension.

La même chose serait vraie d'un plan qui passerait par le point où les forces concourent, quand trois ou plus de trois forces y aboutissent et ne sont pas dans un même plan; mais de tels cas se rencontrent rarement : c'est pour cela que nous ne considérerons ici que les exemples représentés par les figures 3, 9 et 10, qui suffiront pour rendre le lecteur apte à appliquer la méthode ci-dessus à tous les cas où les forces résistantes sont dans un même plan.

Dans toutes les figures ci-dessus rappelées, ainsi que dans la figure 11, Cc est la direction de la force agissante sur laquelle, comme diagonale, a été construit le parallélogramme $Cbca$, dont les côtés sont parallèles aux poutres résistantes ou de support. Joignez le point b au point a dans chaque figure, et, par le point C , tirez la ligne ponctuée ce' parallèle à ba : alors, dans la figure 3, puisque le point C se mouvrait vers E , s'il était libre de se mouvoir, les deux poutres seront comprimées, puisqu'elles sont de ce même côté de la ligne ce' .

Dans les figures 9 et 10, il n'y a de comprimées que les poutres inférieures, car les supérieures y sont dans un état de tension, puisqu'elles sont, par rapport à ee' , du côté opposé à la direction CE de la force agissante.

Comme l'effort exercé contre une pièce de bois est souvent produit par l'action de deux ou de plus de deux forces agissant dans des directions différentes, comme on en voit un exemple dans la figure de la grue, le moyen qu'il faut employer pour trouver une force dont l'énergie et la direction produisent l'effet de plusieurs forces réunies, est évidemment un sujet qui mérite toute l'attention du lecteur.

Dans tous les cas où un effort est le produit de plusieurs forces agissant sur un point unique, la première chose à faire est évidemment de déterminer la force unique qui produirait le même résultat : il serait impossible sans cela de se rendre compte de la charge particulière qui incombe à chacun des supports.

Une force capable de produire le même effet que deux ou plus de deux forces, est ce que l'on appelle leur résultante.

Soit pris CA (fig. 14) pour représenter la grandeur et la direction d'une force agissant en C sur le corps C ; CB la grandeur et la direction d'une autre force agissant sur le même corps C , pour trouver leur résultante, tirez Bb parallèle à CA , et Ab parallèle à CB ; joignez C avec b , et vous aurez dans Cb la grandeur et la direction de la résultante cherchée. Les lignes qui unissent entre eux les quatre points A, C, B, b , forment un paral-

léléogramme dont Cb est une diagonale : ainsi, chaque fois que les deux côtés consécutifs d'un parallélogramme sont parallèles en direction à deux forces et qu'ils sont proportionnels à leurs énergies, la diagonale qui divise leur angle représente la direction et l'énergie de la force unique qui produit le même effet.

Un parallélogramme ainsi construit, et dans ce but, s'appelle un parallélogramme des forces.

Maintenant, si l'on suppose que la résultante Cb agisse en sens contraire, c'est-à-dire de b vers C , il est évident qu'elle tiendra les deux autres en équilibre. Il en serait de même si, agissant dans le sens Cb , les deux autres avaient des directions opposées.

En général, trois forces sont et ne peuvent être en équilibre que quand l'une quelconque d'elles est égale et directement opposée à la diagonale du parallélogramme des deux autres forces. Deux forces ne sont donc jamais en équilibre que quand elles sont égales et directement opposées l'une à l'autre.

S'il était demandé de trouver la résultante de trois forces passant par le point C , et représentées en grandeur et en direction par les lignes CA , CB et CD (fig. 15), il faudrait d'abord construire le parallélogramme $BCDb$ des forces CB et CD , ce qui donnerait Cb pour leur résultante. Construisant ensuite le parallélogramme $AabC$ des forces Cb et CA , la diagonale Ca de ce nouveau parallélogramme sera la résultante demandée ; car elle produira le même effet que la force CA et la force Cb , qui déjà seule produit tout l'effet des forces

CB et CD. Une force qui serait égale à cette résultante et qui agirait en sens contraire tiendrait seule en équilibre les trois autres forces CA, CB, CD.

Un procédé semblable servirait à trouver la résultante d'un nombre quelconque de forces agissant en un même point; mais quand il y a plus de trois composantes, voici un procédé plus expéditif pour arriver au même but.

Les lignes CA, CB, CD (fig. 16) représentant toujours les trois forces, par l'extrémité B de l'une quelconque des trois lignes, tirez Ba parallèle et égale à la ligne voisine CD, puis par le point a , tirez ad parallèle et égale à la force suivante CA. Alors, si vous joignez le point d au point C, la droite obtenue Cd sera la résultante demandée.

La figure $BadC$ est ce que l'on appelle un polygone des forces, parce que ses côtés représentent respectivement en grandeur et en direction les forces composées et leur résultante.

Quand on a projeté sur un plan qui coïncide avec la direction d'une force que l'on veut détruire, les différentes droites qui représentent en grandeur et en direction les forces qu'on y veut employer, l'intensité de leur résultante, qui est égale à celle de la force qui doit être détruite, peut être déterminée, d'après le précédent article, au moyen des projections des composantes.

Quand un effort est produit par une force unique, il est quelquefois utile de connaître ses effets dans une direction particulière, afin de pouvoir appliquer une résistance suffisante dans cette direction.

Ainsi, quand une force agit obliquement contre

un obstacle invincible dont la surface est plane, cette force a une tendance à glisser sur le plan, parce que deux forces ne peuvent s'entre-détruire à moins d'être égales et tout à fait opposées. Soit la force AC (fig. 17) agissant sur la surface polie d'un plan CB ; il est évident qu'une partie seulement de cette force exercera son action dans une direction perpendiculaire à la surface du plan, et cette partie sera déterminée par la droite AB tirée perpendiculairement au plan; en même temps alors, la droite CB représentera l'intensité de la force horizontale qu'il faudra employer pour l'empêcher de glisser sur la surface unie du plan contre laquelle agissait la force oblique.

Quand deux pièces de bois sont assemblées obliquement comme dans la figure 18, la pression sur chacune des parties de l'assemblage se détermine aisément ainsi : soit DB la représentation de l'une des extrémités d'un entrait, AC la partie inférieure d'un arbalétrier, et AC la longueur qui mesure la force agissant dans la direction de cette pièce oblique. Si, dans cette hypothèse, on mène AB perpendiculaire à la ligne CaB du joint, cette ligne AB représentera la pression exercée sur Ca , et la droite CB représentera la pression exercée sur l'aboutement Cd . Il suit de là que CB sera la mesure de l'effort qui tend à entraîner la partie extrême D de l'entrait.

Il n'est pas toujours possible d'opposer à une force une force égale et directement opposée; mais il est presque toujours possible de trouver un système de deux forces remplissant le même but au moyen de la construction d'un triangle de forces

construit, dans des directions convenables, sur la force que l'on veut maintenir ou équilibrer.

Cette opération est l'une des plus importantes de la charpenterie.

Les limites que nous nous sommes prescrites ne nous permettent pas de nous étendre davantage sur ce sujet.

Du centre de gravité

Dans tout corps pesant, il existe un point unique par lequel il faut le supporter si l'on veut qu'il soit en équilibre; et chaque fois que ce point est véritablement maintenu, quelle que soit la position que l'on donne au corps, il demeure dans cette position; tandis que s'il était supporté par un autre point, il ne resterait en équilibre que dans certaines positions particulières.

Ce point unique est, pour une poutre, ce que l'on appelle le *centre de gravité* de la poutre.

Une poutre AB (fig. 49) suspendue par une clavette ou cheville en C , passant exactement par le centre de gravité, demeure en équilibre, quelle que soit la position qu'elle aura autour du point C ; que cette position soit celle indiquée par AB , ou celle indiquée par les lignes ponctuées ab , ou même celle qui serait indiquée par une autre ligne plus ou moins inclinée. La même chose aurait lieu pour tout autre corps de quelque forme que ce soit, pourvu que la direction de la force qui le supporte passe exactement par le centre de gravité.

Le centre de gravité d'un cylindre ou prisme régulier est dans l'axe du corps et au milieu de sa longueur.

Dans un triangle, le centre de gravité est, sur une ligne tracée de l'un des sommets au milieu du côté opposé, à une distance égale au tiers de cette ligne à partir de la base.

Dans un cône ou dans une pyramide régulière, le centre de gravité est sur la ligne qui va du sommet de la figure au milieu de la base et à une distance égale au quart de cette ligne à partir de la base.

La position du centre de gravité dans les différentes lignes ou surfaces planes, ainsi que dans les volumes ou solides réguliers ou non, se détermine d'après des règles générales trop compliquées pour être indiquées ici. Nous nous contenterons d'indiquer les principaux cas qui se présentent dans la pratique.

Si a désigne la droite joignant le sommet avec le milieu de la base de la figure, en appelant D la distance du centre de gravité au sommet mesurée sur la droite a :

$$\text{Dans le triangle. } D = \frac{2}{3}a$$

$$\text{Dans le cône droit et la pyramide. } D = \frac{3}{4}a$$

$$\text{Dans le segment de cercle dont la corde = } C, \text{ dont le rayon = } r, \text{ et dont l'arc = } A. \quad D = \frac{2cr}{4A}$$

$$\text{Dans le segment sphérique. . . } D = \frac{8r^2 - 3a^2}{12r - 4a} \neq a$$

$$\text{Dans une demi-sphère. . . . } D = \frac{5}{8}a$$

$$\text{Dans un parabolôïde. . . . } D = \frac{2}{3}a$$

Ces cas exceptés, pour avoir le centre de gravité, on a recours à des procédés mécaniques dont voici les plus usités.

Pour trouver le centre de gravité d'un corps à faces planes, suspendez-le (fig. 20) au moyen d'une corde AEB fixée au corps en A et B, en passant sur un pivot E. Quand le corps est en repos, prenez un fil à plomb; laissez tomber de E une verticale, et, après l'avoir piquée et reproduite sur une surface du corps, faites glisser la corde sur le pivot de manière que le corps, toujours suspendu en E, ait une position d'équilibre aussi différente que possible de la précédente. Tracez de nouveau sur le corps le passage du fil à plomb qui tombe du point E. Le point où les deux verticales se croiseront serait le centre de gravité si le corps n'avait pas d'épaisseur. S'il en avait une, il faudrait faire l'opération des deux côtés et supposer le centre de gravité au milieu de la droite qui joindrait les deux points trouvés.

Autre méthode. — Mettez votre corps en équilibre sur l'arête d'un prisme triangulaire comme dans la figure 21. Piquez et tracez le passage de l'arête sur la surface intérieure de votre corps plat. Recommencez l'opération, en donnant toutefois au corps remis en équilibre une position aussi différente que possible de la précédente; piquez et tracez le nouveau passage de l'arête, et vous aurez, à la rencontre de vos deux droites, la position sur la face inférieure de la verticale qui passe par le centre de gravité.

Les autres procédés qui peuvent être employés reposent tous sur un même principe que voici :

quand un corps suspendu par un point est en équilibre, la verticale qui passe par le point de suspension passe aussi par le centre de gravité.

Pression sur les poutres inclinées

Soit AB (fig. 22, pl. I) une poutre appuyée contre un mur vertical BD , et C son centre de gravité : son extrémité inférieure aboutissant à la saillie d'une entaille pratiquée en A dans une pièce horizontale AD . A travers le centre de gravité C , tirez la droite verticale ce , et menez par le point B la droite Bc perpendiculaire à BD , jusqu'à sa rencontre en c avec la ligne ce . Si alors vous joignez Ac , ce sera la direction de la pression contre l'aboutement en A , et si la direction de l'entaille est perpendiculaire à la droite cA , la poutre n'aura pas de tendance à s'en échapper.

De plus, si pour représenter le poids de la poutre on prend à l'échelle une longueur proportionnelle ce et que l'on tire ea parallèle à cB , cette droite ae représentera la pression contre le mur en B , tandis que ea mesurera l'effort contre l'aboutement de l'entaille en A .

La poussée horizontale au même point A est également mesurée par la droite ea ; elle est ainsi égale à la poussée horizontale contre le mur en B . Les efforts exercés sur les différentes parties d'un appentis ou d'un hangar se déterminent par le procédé ci-dessus.

Soit maintenant AD (fig. 23) une surface plane et unie, et BD un mur vertical de la même nature; l'effort que la poutre inclinée AB exercera horizontalement à son extrémité inférieure A se

trouvera par la relation : l'effort horizontal en

$$A = \frac{P \times m \times \cos \alpha}{h} \text{ en appelant } P \text{ le poids ;}$$

m , la distance AC du centre de gravité à l'extrémité A ; α , l'inclinaison de la poutre sur un plan horizontal, et h la hauteur BD de l'extrémité supérieure B de la poutre AB.

Si, au lieu de connaître la hauteur h de l'extrémité supérieure, on connaissait la longueur l de la poutre, on trouverait sa poussée en calculant la

$$\text{fraction } \frac{P \times m \times \cos \alpha}{l \times \sin \alpha}, \text{ ou, si l'on veut encore,}$$

on mènera la perpendiculaire CE, et l'on désignera la distance AE par la lettre b ; alors la poussée hor-

izontale sera donnée par l'expression $\frac{P \times b}{h}$,

c'est-à-dire que cette poussée est égale au poids multiplié par la base AE et divisé par la hauteur BD. La poussée horizontale varie donc en proportion directe de AE et en proportion indirecte de BD.

Quand les chevrons d'une ferme sont uniformément chargés, il y a évidemment un angle sous lequel la pression oblique Ac (fig. 22) a le moins de force possible ; car le poids de la couverture augmente avec la longueur du chevron, et la pression oblique augmente avec sa petitesse. Aussi a-t-on pu trouver que pour que l'effort oblique d'un chevron soit le moins grand possible, il fallait que la tangente de son angle d'inclinaison soit égale à 0,7071, ce qui correspond à un angle de 35°16'. La poussée horizontale et la pression sur le chevron n'ont pas de minimum.

Il a été dit plus haut que l'aboutement devait être perpendiculaire à la direction de la pression. Il est bon de savoir aussi que la tangente de l'angle que l'aboutement de l'extrémité inférieure doit former avec le plan horizontal est égal à $\frac{m \times \cos a}{h}$

ou à $\frac{m \cos a}{l \sin a}$, ce qui devient $\frac{AD}{2h}$, quand le centre de gravité est au milieu de la longueur de la poutre; cet angle peut donc être aisément calculé.

Quand la poutre se meut entre les plans de manière que l'extrémité inférieure glisse le long du plan AD (fig. 23), tandis que l'extrémité supérieure descend le long de l'autre plan BD, le centre de gravité C de la poutre AB décrit une ellipse dont BC est le demi-axe transverse et AC l'autre demi-axe conjugué. Le seul cas où la courbe soit un cercle est celui où le centre de gravité est pris au milieu de la poutre. Dans ce cas, le rayon décrit est égal à la moitié de la longueur de la poutre AB.

Quand deux poutres tout à fait semblables AD et BD (fig. 24) sont placées dans la position représentée par cette figure, C et C' étant leurs centres de gravité, les pressions qu'elles exercent l'une sur l'autre à leur point de concours sont égales et opposées. Leurs poussées horizontales le sont de même, et pourront se trouver comme on l'a fait plus haut à l'occasion de la figure 22.

En général, pour avoir la poussée horizontale d'un chevron de ferme, multipliez le poids par le cosinus de l'inclinaison, puis par la distance du centre de gravité à l'extrémité inférieure, et divisez enfin ce dernier produit par la hauteur.

Soit, par exemple, un poids de 700 kilogrammes uniformément distribué sur un chevron dont l'inclinaison est de 27° , angle dont le cosinus égale 0,891. Si la distance du centre de gravité au pied du chevron égale $2^m 5$, et que la hauteur ou montée égale 2 mètres, on aura pour la poussée horizontale $\frac{800 \times 0,891 \times 2,5}{2}$, c'est-à-dire 891 kilogr.

Quand le centre de gravité est au milieu de la longueur du chevron, la règle à suivre est encore plus simple, la voici :

Multipliez le poids par la longueur AE (ce qui dans une ferme est la moitié de son ouverture) et divisez le produit par deux fois la hauteur DE.

Quand la hauteur du faîtage d'une ferme est juste égale au quart de son ouverture, la poussée horizontale des chevrons est égale à leur charge.

Supposons actuellement un poids au point D (fig. 24), son effet sera de presser les poutres dans le sens de leurs longueurs comme nous l'avons déjà vu, et les grandeurs de ces pressions pourront être trouvées d'après les articles qui précèdent. On voit par ceci qu'une poutre qui fait partie d'une ferme ou d'un autre support oblique est souvent entraînée par deux forces, dont l'une est produite par une charge particulière de la poutre, tandis que l'autre est produite par le poids même de la poutre ou par une série de pressions uniformément effectuées sur toute sa longueur. C'est ensuite un fait bien certain qu'une poutre pressée dans le sens de sa longueur perd considérablement de sa force quand elle est soumise à un effort transverse de cette espèce. Aussi dans le cas où un chevron

aurait une légère courbure naturelle, il serait préférable de tourner le côté convexe par en haut afin de neutraliser un peu la tendance à la flexion causée par le poids de la pièce.

Il est aisé de changer les directions des pressions d'une poutre en modifiant la position des surfaces qui la supportent. Si, par exemple, la poutre AB (fig. 25) était taillée de manière à bien reposer encastrée sur deux madriers de niveau en A et B, elle n'aurait aucune tendance à glisser d'un côté ni d'un autre, nonobstant son obliquité, il n'y aurait donc pas pour elle d'effort horizontal. Le charpentier peut, dans beaucoup de cas, tirer bon parti de ses connaissances, en prévenant les efforts obliques sur les points de support ; car ces supports, bien que très vigoureux pour résister à des efforts exercés sur eux perpendiculairement, sont quelquefois incapables de résister à la moindre force agissant obliquement. Voilà pourquoi l'on dispose les pieds des arbalétriers et des chevrons de manière qu'en s'appuyant sur les sablières, il n'en résulte pour ainsi dire aucune poussée en dehors pour les murs.

Pour trouver les pressions perpendiculaires sur les points de support, tirez la ligne horizontale ab à travers G (fig. 25), centre de gravité de la poutre.

Alors le nombre $\frac{P \times bG}{ab}$ est égal à la pression

en A, et $\frac{P \times aG}{ab}$ est égal à la pression en B, de

sorte que $\frac{\text{pression en A}}{\text{pression en B}} = \frac{bG}{aG}$.

II. TABLES DES SINUS ET APPLICATIONS A LA COMPOSITION ET A LA RÉOLUTION DES FORCES

Soit AB (fig. U, pl. 6) l'arc de cercle qui ayant son rayon OA égal à l'unité linéaire, sert de mesure à l'angle aigu xOy . Si, de l'une des extrémités B de cet arc, on mène une perpendiculaire BM sur le diamètre qui passe par l'autre extrémité A , cette perpendiculaire BM , ou plutôt le nombre qui lui sert de mesure, est ce qu'on appelle le *sinus* de l'arc AB , en même temps que le sinus de l'angle xOy .

Il est facile de voir, d'après cette définition, que le sinus d'un arc est la moitié de la corde qui sous-tendrait un arc double.

Si l'on mène BKE parallèle au diamètre AD , et que du point E on abaisse EF perpendiculairement à ce diamètre, il est évident que la droite EF sera en même temps le sinus de l'arc ACE et celui de l'angle obtus vOy . Or, comme les angles xOy et vOy sont supplémentaires, et que $EF = BM$, on voit que tout angle obtus a son sinus égal à celui de l'angle aigu supplémentaire : il n'est donc pas nécessaire de faire entrer dans une table les sinus des angles obtus.

L'angle xOu est le complément de xOy , et il a pour sinus la valeur de BK : c'est là, c'est cette valeur numérique de BK , que l'on appelle le *cosinus* de l'angle aigu xOy .

L'angle vOu , qui est le complément soustractif de l'angle obtus vOy , a pour sinus la valeur de EK : cette valeur est le cosinus de l'angle obtus vOy .

Comme $BK = EK$, on voit que les cosinus de deux angles supplémentaires sont égaux, mais opposés. Pour marquer cette opposition et pour d'autres raisons qu'il est inutile de mentionner ici, on met le signe - devant tous cosinus d'angle obtus, pour indiquer que le terme où il y en a un doit changer de signe, c'est-à-dire se retrancher si c'est une addition qui est indiquée, ou s'ajouter s'il y a soustraction indiquée par le signe. Ceci d'ailleurs s'éclaircira plus tard par les applications du principe ci-dessus.

La table suivante fait connaître les sinus et cosinus naturels de tous les arcs, de 2' en 2' depuis 0° jusqu'à 90°, avec quatre chiffres décimaux, qui représentent des dix-millièmes de rayon. Les deux premières décimales sont écrites seulement en haut de chaque colonne, ou chaque fois qu'elles changent.

SINUS NATURELS

'	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	'
0	0000	0175	0349	0523	0698	0872	1045	1219	1392	1564	60
2	06	80	55	29	0703	77	51	24	97	70	58
4	12	86	61	35	09	83	57	30	1403	76	56
6	17	92	66	41	15	89	63	36	09	82	54
8	23	98	72	47	21	95	68	42	15	87	52
10	29	0204	78	52	27	0901	74	48	21	93	50
12	35	09	84	58	32	06	80	53	26	99	48
14	41	15	90	64	38	12	86	59	32	1605	46
16	47	21	96	70	44	18	92	65	38	10	44
18	52	27	0401	76	50	24	97	71	44	16	42
20	58	33	07	81	56	29	1103	76	49	22	40
22	64	39	13	87	61	35	09	82	55	28	38
24	70	44	19	93	67	41	15	88	61	33	36
26	76	50	25	99	73	47	20	94	67	39	34
28	81	56	30	0605	79	53	26	99	72	45	32
30	87	62	36	10	85	58	32	1305	78	50	30
32	93	68	42	16	90	64	38	41	84	56	28
34	99	73	48	22	96	70	44	17	90	62	26
36	0105	79	54	28	0802	76	49	23	95	68	24
38	11	85	59	34	08	82	55	28	1501	73	22
40	16	91	65	40	14	87	61	34	07	79	20
42	22	97	71	45	19	93	67	40	13	85	18
44	28	0302	77	51	25	99	72	46	18	91	16
46	34	08	83	57	31	1005	78	51	24	96	14
48	40	14	88	63	37	11	84	57	30	1702	12
50	45	20	94	69	43	16	90	63	36	08	10
52	51	26	0500	74	48	22	96	69	41	14	8
54	57	32	06	80	54	28	1201	74	47	19	6
56	63	37	12	86	60	34	07	80	53	25	4
58	69	43	18	92	66	39	13	86	59	31	2
60	75	49	23	98	72	45	19	92	64	36	0
'	89°	88°	87°	86°	85°	84°	83°	82°	81°	80°	'

COSINUS

SINUS NATURELS

'	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	'
0	1736	1908	2079	2250	2419	2588	2756	2924	3090	3256	60
2	42	14	85	55	25	94	62	29	96	61	58
4	48	20	90	61	31	99	68	35	3101	67	56
6	54	25	96	67	36	2605	73	40	07	72	54
8	59	31	2102	72	42	41	79	46	12	78	52
10	65	37	08	73	47	46	84	52	18	83	50
12	71	42	13	84	53	22	90	57	23	89	48
14	77	48	19	89	59	28	95	63	29	94	46
16	82	54	25	95	64	33	2801	68	34	3300	44
18	88	59	30	2300	70	39	07	74	40	05	42
20	94	65	36	06	76	44	12	79	45	11	40
22	99	71	42	12	81	50	18	85	51	16	38
24	1805	77	47	17	87	56	23	90	56	22	36
26	11	82	53	23	93	61	29	96	62	27	34
28	17	88	59	29	98	67	35	3002	68	33	32
30	22	94	64	34	2504	72	40	07	73	38	30
32	28	99	70	40	09	78	46	13	79	44	28
34	34	2005	76	46	15	84	51	18	84	49	26
36	40	11	81	51	21	89	57	24	90	55	24
38	45	16	87	57	26	95	62	29	95	60	22
40	51	22	93	63	32	2700	68	35	3201	65	20
42	57	28	98	68	38	06	74	40	06	71	18
44	62	34	2204	74	43	12	79	46	12	76	16
46	68	39	10	80	49	17	85	51	17	82	14
48	74	45	15	85	54	23	90	57	23	87	12
50	80	51	21	91	60	28	96	62	28	93	10
52	85	56	27	97	66	34	2901	68	34	98	8
54	91	62	33	2402	71	40	07	74	39	3404	6
56	97	68	38	08	77	45	13	79	45	09	4
58	1902	73	44	14	83	51	18	85	50	15	2
60	08	79	50	19	88	56	24	90	56	20	0
'	79°	78°	77°	76°	75°	74°	73°	72°	71°	70°	'

COSINUS

SINUS NATURELS

'	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	'
0	3420	3584	3746	3907	4067	4226	4384	4540	4695	4848	60
2	26	89	51	13	73	31	89	45	4700	53	58
4	31	95	57	18	78	37	94	50	05	58	56
6	37	3600	62	23	83	42	99	55	10	63	54
8	42	05	68	29	89	47	4405	61	15	68	52
10	48	11	73	34	94	53	10	66	20	74	50
12	53	16	78	39	99	58	15	71	26	79	48
14	58	22	84	45	4105	63	20	76	31	84	46
16	64	27	89	50	10	68	25	81	36	89	44
18	69	33	95	55	15	74	31	86	41	94	42
20	75	38	3800	61	20	79	36	92	46	99	40
22	80	43	05	66	26	84	41	97	51	4904	38
24	86	49	11	71	31	89	46	4602	56	09	36
26	91	54	16	77	36	95	52	07	61	14	34
28	97	60	21	82	42	4300	57	12	66	19	32
30	3502	65	27	87	47	05	62	17	72	24	30
32	08	70	32	93	52	10	67	23	77	29	28
34	13	76	38	98	58	16	72	28	82	34	26
36	18	81	43	4003	63	21	78	33	87	39	24
38	24	87	48	09	68	26	83	38	92	44	22
40	29	92	54	14	73	31	88	43	97	50	20
42	35	97	59	19	79	37	93	48	4802	55	18
44	40	3703	64	25	84	42	98	54	07	60	16
46	46	08	70	30	89	47	4504	59	12	65	14
48	51	14	75	35	95	52	09	64	18	70	12
50	57	19	81	41	4200	58	14	69	23	75	10
52	62	24	86	46	05	63	19	74	28	80	8
54	67	30	91	51	10	68	24	79	33	85	6
56	73	35	97	57	16	73	30	84	38	90	4
58	78	41	3902	62	21	78	35	90	43	95	2
60	84	46	07	67	26	84	40	95	48	3000	0
'	69°	68°	67°	66°	65°	64°	63°	62°	61°	60°	'

COSINUS

SINUS NATURELS

'	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	'
0	5000	5150	5299	5446	5592	5736	5878	6018	6157	6293	60
2	05	55	5304	54	97	41	83	23	61	98	58
4	10	60	09	56	5602	45	87	27	66	6302	56
6	15	65	14	61	06	50	92	32	70	07	54
8	20	70	19	66	11	55	97	37	75	11	52
10	25	75	24	71	16	60	5901	41	80	16	50
12	30	80	29	76	21	64	06	46	84	20	48
14	35	85	34	80	26	69	11	51	89	25	46
16	40	90	39	85	30	74	15	55	93	29	44
18	45	95	44	90	35	79	20	60	98	34	42
20	50	5200	48	95	40	83	25	65	6202	38	40
22	55	05	53	5300	45	88	30	69	07	43	38
24	60	10	58	05	50	93	34	74	11	47	36
26	65	15	63	10	54	98	39	78	16	52	34
28	70	20	68	15	59	5802	44	83	21	56	32
30	75	25	73	19	64	07	48	88	25	61	30
32	80	30	78	24	69	12	53	92	30	65	28
34	85	35	83	29	74	16	58	97	34	70	26
36	90	40	88	34	78	21	62	6101	39	74	24
38	95	45	93	39	83	26	67	06	43	79	22
40	5100	50	98	44	88	31	72	11	48	83	20
42	05	55	5402	48	93	35	76	15	52	88	18
44	10	60	07	53	98	40	81	20	57	92	16
46	15	65	12	58	5702	45	86	24	62	97	14
48	20	70	17	63	07	50	90	29	66	6401	12
50	25	75	22	68	12	54	95	34	71	06	10
52	30	79	27	73	17	59	6000	38	75	10	8
54	35	84	32	77	21	64	04	43	80	14	6
56	40	89	37	82	26	68	09	47	84	19	4
58	45	94	42	87	31	73	14	52	89	23	2
60	50	99	46	92	36	78	18	57	93	28	0
'	59°	58°	57°	56°	55°	54°	53°	52°	51°	50°	'

COSINUS

SINUS NATURELS

	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	
0	6428	6561	6691	6820	6947	7071	7193	7314	7431	7547	60
2	32	65	96	24	51	75	97	18	35	51	58
4	37	69	6700	28	55	79	7201	21	39	55	56
6	41	74	04	33	59	83	06	25	43	59	54
8	46	78	09	37	63	88	10	29	47	62	52
10	50	83	13	41	67	92	14	33	51	66	50
12	55	87	17	45	72	96	18	37	55	70	48
14	59	91	22	50	76	7100	22	41	59	74	46
16	63	96	26	54	80	04	26	45	63	78	44
18	68	6600	30	58	84	08	30	49	66	81	42
20	72	04	34	62	88	12	34	53	70	85	40
22	77	09	39	67	92	16	38	57	74	89	38
24	81	13	43	71	97	20	42	61	78	93	36
26	86	17	47	75	7001	24	46	65	82	96	34
28	90	22	52	79	05	28	50	69	86	7600	32
30	94	26	56	84	09	33	54	73	90	04	30
32	99	31	60	88	13	37	58	77	93	08	28
34	6503	35	64	92	17	41	62	81	97	12	26
36	08	39	69	96	22	45	66	85	7501	15	24
38	12	44	73	6900	26	49	70	88	05	19	22
40	17	48	77	05	30	53	74	92	09	23	20
42	21	52	82	09	34	57	78	96	13	27	18
44	25	57	86	13	38	61	82	7400	16	30	16
46	30	61	90	17	42	65	86	04	20	34	14
48	34	65	94	21	46	69	90	08	24	38	12
50	39	70	99	26	50	73	94	12	28	42	10
52	43	74	6803	30	55	77	98	16	32	46	8
54	47	78	07	34	59	81	7302	20	36	49	6
56	52	83	11	38	63	85	06	24	39	53	4
58	56	87	16	42	67	89	10	28	43	57	2
60	61	91	20	47	71	93	14	31	47	60	0
	49°	48°	47°	46°	45°	44°	43°	42°	41°	40°	

COSINUS

SINUS NATURELS

	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	
0	7660	7771	7880	7986	8090	8192	8290	8387	8480	8572	60
2	64	75	84	90	94	95	94	90	84	75	58
4	68	79	87	93	97	98	97	93	87	78	56
6	72	82	91	97	8100	8202	8300	96	90	81	54
8	75	86	94	8000	04	05	03	99	93	84	52
10	79	90	98	04	07	08	07	8403	96	87	50
12	83	93	7902	07	11	11	10	06	99	90	48
14	87	97	05	11	14	15	13	09	8502	93	46
16	90	7801	09	14	17	18	16	12	05	96	44
18	94	04	12	18	21	21	20	15	08	99	42
20	98	08	16	21	24	25	23	18	11	8601	40
22	7701	12	19	25	28	28	26	21	14	04	38
24	05	15	23	28	31	31	29	25	17	07	36
26	09	19	26	32	34	34	32	28	20	10	34
28	13	22	30	35	38	38	36	31	23	13	32
30	16	26	34	39	41	41	39	34	26	16	30
32	20	30	37	42	45	45	42	37	29	19	28
34	24	33	41	45	48	48	45	40	32	22	26
36	27	37	44	49	51	51	48	43	36	25	24
38	31	41	48	52	55	54	52	46	39	28	22
40	35	44	51	56	58	58	55	50	42	31	20
42	38	48	55	59	61	61	58	53	45	34	18
44	42	51	58	63	65	64	61	56	48	37	16
46	46	55	62	66	68	68	64	59	51	40	14
48	49	59	65	70	71	71	68	62	54	43	12
50	53	62	69	73	75	74	71	65	57	46	10
52	57	66	72	76	78	77	74	68	60	49	8
54	60	69	76	80	81	81	77	71	63	52	6
56	64	73	79	83	85	84	80	74	66	54	4
58	68	77	83	87	88	87	84	77	69	57	2
60	71	80	86	90	92	90	87	80	72	60	0
	39°	38°	37°	36°	35°	34°	33°	32°	31°	30°	

COSINUS

SINUS NATURELS

'	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	'
0	8660	8746	8829	8910	8988	9063	9135	9205	9272	9336	60
2	63	49	32	13	90	66	38	07	74	38	58
4	66	52	35	15	93	68	40	10	76	40	56
6	69	55	38	18	96	70	43	12	78	42	54
8	72	57	40	21	98	73	45	14	81	44	52
10	75	60	43	23	9001	75	47	16	83	46	50
12	78	63	46	26	03	78	50	19	85	48	48
14	81	66	49	28	06	80	52	21	87	50	46
16	83	69	51	31	08	83	54	23	89	52	44
18	86	71	54	34	11	85	57	25	91	54	42
20	89	74	57	36	13	88	59	28	93	56	40
22	92	77	59	39	16	90	61	30	96	59	38
24	95	80	62	42	18	92	64	32	98	61	36
26	98	83	65	44	21	95	66	34	9300	63	34
28	8701	85	67	47	23	97	68	37	02	65	32
30	04	88	70	49	26	9100	71	39	04	67	30
32	06	91	73	52	28	02	73	41	06	69	28
34	09	94	75	55	31	04	75	43	08	71	26
36	12	96	78	57	33	07	78	45	11	73	24
38	15	99	81	60	36	09	80	48	13	75	22
40	18	8802	84	62	38	12	82	50	15	77	20
42	21	05	86	65	41	14	84	52	17	79	18
44	24	08	89	67	43	16	87	54	19	81	16
46	26	10	92	70	46	19	89	57	21	83	14
48	29	13	94	73	48	21	91	59	23	85	12
50	32	16	97	75	51	24	94	61	25	87	10
52	35	19	99	78	53	26	97	63	27	89	8
54	38	21	8902	80	56	28	98	65	30	91	6
56	41	24	05	83	58	31	9200	67	32	93	4
58	43	27	07	85	61	33	03	70	34	95	2
60	46	29	10	88	63	35	05	72	36	97	0
'	29°	28°	27°	26°	25°	24°	23°	22°	21°	20°	'

COSINUS

SINUS NATURELS

'	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°	'
0	9397	9455	9511	9563	9613	9659	9703	9744	9781	9816	60
2	99	57	12	65	14	61	04	45	83	17	58
4	9401	59	14	66	16	62	06	46	84	18	56
6	03	61	16	68	17	64	07	48	85	20	54
8	05	63	18	70	19	65	09	49	86	21	52
10	07	65	20	72	21	67	10	50	87	22	50
12	09	66	21	73	22	68	11	51	89	23	48
14	11	68	23	75	24	70	13	53	90	24	46
16	13	70	25	77	25	71	14	54	91	25	44
18	15	72	27	78	27	73	15	55	92	26	42
20	17	74	28	80	28	74	17	57	93	27	40
22	19	76	30	82	30	76	18	58	95	28	38
24	21	78	32	83	32	77	20	59	96	29	36
26	23	80	34	85	33	79	21	60	97	30	34
28	24	81	35	87	35	81	22	62	98	31	32
30	26	83	37	88	36	81	24	63	99	33	30
32	28	85	39	90	38	83	25	64	9800	34	28
34	30	87	41	91	39	84	26	65	02	35	26
36	32	89	42	93	41	86	28	67	03	36	24
38	34	91	44	95	42	87	29	68	04	37	22
40	36	92	46	96	44	89	30	69	05	38	20
42	38	94	48	98	46	90	32	70	06	39	18
44	40	96	49	9600	47	92	33	72	07	40	16
46	42	98	51	01	49	93	34	73	08	41	14
48	44	9500	53	03	50	94	36	74	10	42	12
50	46	02	55	05	52	96	37	75	11	43	10
52	48	03	56	06	53	97	38	77	12	44	8
54	49	05	58	08	55	99	40	78	13	45	6
56	51	07	60	09	56	9700	41	79	14	46	4
58	53	09	61	11	58	02	42	80	15	47	2
60	55	11	63	13	59	03	44	81	16	48	0
'	19°	18°	17°	16°	15°	14°	13°	12°	11°	10°	'

COSINUS

SINUS NATURELS

'	80°	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	'
0	9848	9877	9903	9925	9945	9962	9976	9986	9994	9998	60
2	49	78	03	26	46	62	76	87	94	99	58
4	50	79	04	27	46	63	76	87	94	99	56
6	51	80	05	28	47	63	77	87	95	99	54
8	52	80	05	28	48	64	77	87	95	99	52
10	53	81	07	29	48	64	78	88	95	99	50
12	54	82	07	30	49	65	78	88	95	99	48
14	55	83	08	30	49	65	78	88	95	99	46
16	56	84	09	31	50	66	79	89	95	99	44
18	57	85	10	32	51	66	79	89	96	99	42
20	58	86	11	32	51	67	80	89	96	99	40
22	59	87	11	33	52	67	80	89	96	99	38
24	60	88	12	34	52	68	80	90	96	99	36
26	61	88	13	34	53	68	81	90	96	10000	34
28	62	89	14	35	53	69	81	90	96	00	32
30	63	90	14	36	54	69	81	90	97	00	30
32	64	91	15	36	55	70	82	91	97	00	28
34	65	92	16	37	55	70	82	91	97	00	26
36	66	93	17	38	56	71	82	91	97	00	24
38	67	94	17	38	56	71	83	91	97	00	22
40	68	94	18	39	57	71	83	92	97	00	20
42	69	95	19	40	57	72	83	92	97	00	18
44	69	96	20	40	58	72	84	92	98	00	16
46	70	97	20	41	58	73	84	92	98	00	14
48	71	98	21	42	59	73	84	93	98	00	12
50	72	99	22	42	59	74	85	93	98	00	10
52	73	99	23	43	60	74	85	93	98	00	8
54	74	9900	23	43	60	74	85	93	98	00	6
56	75	01	24	44	61	75	86	93	98	00	4
58	76	02	25	45	61	75	86	94	98	00	2
60	77	03	25	45	62	76	86	94	98	00	0
'	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	0°	'

COSINUS

L'usage de cette table peut donner lieu à quatre questions.

PREMIÈRE QUESTION. *Trouver le sinus d'un arc*

On cherche les degrés en haut des pages, et les minutes dans la première colonne à gauche.

1° Pour trouver le sinus de $53^{\circ} 28'$, on cherche 53° en tête d'une colonne, et on descend cette colonne jusqu'à la ligne correspondante à $28'$ dans la première colonne à gauche; on trouve ainsi le nombre 35 qui doit être précédé de 80; ce qui signifie que $\sin. 53^{\circ} 28' = 0.8035$.

2° Pour trouver le sinus de $16^{\circ} 7'$, on cherche d'abord $\sin. 16^{\circ} 6'$, qui est 0.2773, et on y ajoute la moitié de la différence entre ce sinus et le suivant, ou 0.0003; ce qui donne

$$\sin. 16^{\circ} 7' = 0.2776.$$

3° Quand l'arc surpasse 90° , on cherche le sinus de son supplément; on trouve ainsi :

$$\sin. 132^{\circ} 24' = \sin. 47^{\circ} 36' = 0.7385.$$

DEUXIÈME QUESTION. *Trouver le cosinus d'un arc*

Dans ce cas les degrés se trouvent au bas des pages, et les minutes dans la première colonne à droite.

1° Pour trouver le cosinus de $14^{\circ} 56'$, on cherche 14° au bas d'une colonne et on remonte cette colonne jusqu'à la ligne qui contient $56'$, à droite : on trouve ainsi 9662, donc

$$\cos. 14^{\circ} 56' = 0.9662.$$

2° Pour trouver le cosinus de $64^{\circ}33'$, on cherche *cos.* $64^{\circ}32'$ qui est 0.4247, et on en retranche la moitié de la différence entre ce cosinus et celui de *cos.* $64^{\circ}34'$; cette différence étant 0.0005, dont la moitié est 0.0002, on trouve

$$\text{cos. } 64^{\circ}33' = 0.4245.$$

3° Pour trouver le cosinus de $132^{\circ}24'$, on cherche le cosinus du supplément $47^{\circ}36'$, qui est 0.6743, et on le prend négativement : ainsi, *cos.* $132^{\circ}24' = -0.6743$.

TROISIÈME QUESTION. *Trouver l'arc qui répond à un sinus donné*

1° Si le sinus donné se trouve exactement dans l'une des colonnes de la table, le nombre de degrés de l'arc se trouve en tête de cette colonne, et les minutes sont sur la même ligne, dans la première colonne à gauche.

Le supplément de l'arc, ainsi trouvé, répond encore au sinus donné.

2° Si le sinus est 0.1267, le nombre de la table immédiatement inférieur à ce sinus est 0.1265, qui répond à $7^{\circ}16'$. Le nombre immédiatement supérieur 0.1271 surpassant ce dernier de 0.0006, on voit que si le sinus augmente de 0.0006, l'arc augmente de $2'$; on en conclut que si le sinus augmente de 0.0002, l'arc doit augmenter des $\frac{2}{6}$ de $2'$ ou de $\frac{2}{3}$ de minute : donc l'arc demandé est de $7^{\circ}16' \frac{2}{3}$.

On trouve de même qu'au sinus 0.5346 répond un arc de $32^{\circ}19'$.

QUATRIÈME QUESTION. *Trouver l'arc qui répond à un cosinus donné*

1° Quand le cosinus donné est positif et qu'il se trouve exactement dans la table, on prend le nombre de degrés au bas de la colonne qui le renferme, et on prend les minutes sur la même ligne, dans la dernière colonne à droite.

2° Quand le cosinus donné tombe entre deux nombres de la table, comme 0.9554, qui tombe entre 0.9553 répondant à $17^{\circ}12'$, et 0.9555 répondant à $17^{\circ}10'$, on conclut que l'arc cherché est $17^{\circ}11'$.

3° Soit un cosinus négatif, — 0.5175; on trouve qu'à ce cosinus considéré comme positif répond $58^{\circ}50'$; on en conclut que l'arc cherché est le supplément de celui-ci, ou $121^{\circ}10'$.

Table des cordes

La table des sinus peut suppléer à une table des cordes et permet de résoudre les questions suivantes.

PREMIÈRE QUESTION. *Trouver la corde d'un arc donné en degrés et minutes, connaissant le rayon*

1° Pour trouver la corde de $68^{\circ}36'$, en supposant que le rayon soit pris pour unité, on cherche le sinus naturel de la moitié de cet arc, ou de $34^{\circ}18'$; on trouve 0.5635, dont le double 1.127 représente la corde demandée.

2° Pour trouver la corde du même arc, $68^{\circ}36'$ en supposant que le rayon soit $0^{\text{m}}12$; on multiplie ce

rayon par le nombre 1.127 trouvé dans le cas précédent ; car ce nombre représente, dans tous les cas, le rapport de la corde au rayon. La corde cherchée est donc alors 0^m13524 .

Application. Pour tracer, en un point O d'une ligne BCX (fig. X, pl. 6), un angle donné en degrés et minutes, on décrit du point O comme centre, avec un rayon déterminé (1 décimètre par exemple) un arc de cercle ; on porte de C en A sur l'arc indéfini une corde égale à celle qui correspond à l'angle donné, et, en joignant le point O au point A, on a l'angle AOC pour l'angle demandé.

Quand l'angle demandé surpasse 90° , il convient, pour plus d'exactitude, de construire d'abord son supplément pour en déduire l'angle lui-même. Ainsi, pour faire un angle de 153° , on commencera par construire un angle de 27° , dont on prendra le supplément,

DEUXIÈME QUESTION. *Connaissant la corde et le rayon d'un arc, trouver la valeur de cet arc, en degrés et minutes.*

1° Pour trouver l'arc dont la corde est 0.5536, le rayon étant l'unité, on prend la moitié de cette corde, et on a 0.2768, qui est le sinus de $16^\circ 4'$. L'arc demandé est le double de ce nombre, ou $32^\circ 8'$.

2° Pour trouver l'arc dont la corde est 15^m38 et le rayon 20 mètres, on prend le rapport de cette corde au rayon ; ce rapport 0.764 représente la corde du même arc, en supposant que le rayon soit pris pour unité. On trouve alors, comme dans le cas précédent, que l'arc correspondant à cette corde est $44^\circ 35'$.

*Principes sur lesquels repose la résolution
des triangles.*

Pour abrégé, nous désignerons dans tout ce qui va suivre les angles des triangles par les lettres A, B, C, les sinus de ces angles, par sin. A, sin. B, sin. C; leurs cosinus par cos. A, cos. B, cos. C, et les valeurs numériques des côtés qui leur sont respectivement opposés, par les minuscules homologues a, b, c . Dans le cas où le triangle est rectangle, la lettre A désignera l'angle droit et a l'hypothénuse. De sorte que dans ce cas, $a^2 = b^2 + c^2$; d'où $b^2 = a^2 - c^2$ et $c^2 = a^2 - b^2$, relations qui permettent de trouver toujours la valeur d'un des trois côtés d'un triangle rectangle, quand on connaît la valeur des deux autres.

A ce premier principe joignez ce théorème :

Dans tout triangle, le rapport de deux côtés est égal à celui du sinus des angles opposés, et un autre théorème non moins important dont voici l'énoncé :

Dans tout triangle, le carré d'un côté quelconque est égal à la somme des carrés des deux autres, moins deux fois le produit de ceux-ci multiplié par le cosinus de l'angle qu'ils comprennent.

Et alors, toutes les fois qu'un triangle sera déterminé, rien ne sera plus facile que de trouver la valeur numérique de chacun des éléments inconnus, pourvu qu'on se rappelle que le sinus de $90^\circ = 1$; que le cosinus du même angle = zéro; qu'un angle obtus a le même sinus que son supplément, et que le cosinus d'un angle obtus est égal à celui de l'angle aigu supplémentaire pris négativement, c'est-à-dire qu'il doit être affecté du

signe —, ce qui change le signe de chaque terme contenant le cosinus d'un angle qui est obtus.

Si l'on veut, par exemple, appliquer le deuxième principe à trouver le troisième côté d'un triangle ayant un angle de 108° entre un côté de 15 mètres et un côté de 18 mètres : en appelant A l'angle de 108° , dont le supplément est 72° , on devra évidemment poser

$$a^2 = (15^2) + (18^2) - 2 \text{ fois } 15 \times 18 \times \cos. 108^\circ \quad (1)$$

mais comme le cosinus de 108° est égal à celui de 72° pris négativement ou avec un signe contraire, la relation (1) deviendra $a^2 = (15)^2 + (18)^2 + 30.18 \times \cos. 72^\circ$.

$$\begin{aligned} \text{Or } (15^2) &= 225; \\ (18^2) &= 324; \\ 2.15 \times 18 &= 540 \\ \text{et } \cos. 72^\circ &= 0,3090; \end{aligned}$$

donc, tout calcul fait, $a^2 = 715,86$, et, par conséquent, $a = 26^m75$.

On voit par cet exemple comment il faut opérer quand on rencontre un cosinus négatif dans un calcul.

Appliquons maintenant le premier principe à trouver l'angle opposé au côté b , que nous supposons être celui de 15 mètres.

$$\text{D'après ce principe, on doit avoir } \frac{\sin B}{\sin A} = \frac{b}{a}.$$

Or, ici $A = 108^\circ$, $b = 15$ mètres, et $a = 26^m.75$;

$$\text{done } \frac{\sin B}{\sin 108^\circ} = \frac{15}{26.75};$$

$$\text{d'où on tire } \sin B = \frac{75}{26,75} \times \sin 108^\circ.$$

Le sinus de 108° , qui est le même que celui de 72° , vaut 0.9511. Or $\frac{0.9511 \times 15}{26.75} = 0.5333$; donc $\sin B = 0.5333$. Ce sinus tombe entre celui de $32^\circ 12'$ et celui de $32^\circ 14'$, qui diffèrent entre eux de 5 dix-millièmes. Or, le sin. de B surpasse de 4 dix-millièmes celui de $32^\circ 12'$; donc pour trouver le nombre x des minutes qu'il faut ajouter à $32^\circ 12'$, il faut poser la proportion $\frac{x}{2} = \frac{4}{5}$; d'où $x = \frac{2 \times 4}{5} = \frac{8}{5} = 1.6$. Donc l'angle B = $32^\circ 13'$ environ. L'angle C se trouverait, en posant $\frac{\sin C}{\sin 108^\circ} = \frac{18}{26.75}$; d'où $\sin C = \frac{0.9511 \times 18}{26.75} = 0.6399$, presque 0.6400. Ce sinus tombe entre ceux de $39^\circ 46'$ et de $39^\circ 48'$; ainsi C = $39^\circ 47'$.

L'expression générale du second principe étant $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$; si, dans cette égalité, on transpose les termes a^2 et $2bc \cos A$, et qu'ensuite on divise tout par $2bc$, on aura évidemment $\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$; ce qui équivaut à un nouveau principe qui s'énoncerait ainsi :

Le cosinus d'un angle d'un triangle s'obtient en ôtant le carré du côté qui lui est opposé de la somme des carrés de ceux qui le comprennent, et en divisant le reste par le double du produit de ces deux derniers.

Dans le cas où a^2 serait plus grand que $(b^2 + c^2)$, on changerait de signe, c'est-à-dire qu'on ôterait $(b^2 + c^2)$ de a^2 , et l'on aurait alors la valeur de $\cos A$ précédé du signe moins. Cela indiquerait

qu'il faudrait prendre pour A, non pas l'angle aigu indiqué par la table, mais bien l'angle obtus qui lui sert de supplément.

Quand $a^2 = (b^2 + c^2)$, on trouve $\cos A = 0$. On doit en conclure que l'angle A est un angle droit : c'est ce qui arriverait si l'on avait $a = 5$, $b = 4$ et $c = 3$.

Supposons $a = 30$, $b = 23$ et $c = 18$.

$$\text{Alors } \cos C = \frac{(23)^2 + (18)^2 - (30)^2}{46.18};$$

$$\cos B = \frac{(30)^2 + (18)^2 - 23^2}{60.18},$$

$$\text{et } \cos C = \frac{(30)^2 + (23)^2 - (18)^2}{60.23}.$$

Or $(30)^2 = 900$; $(18)^2 = 324$, et $(23)^2 = 529$: donc $\cos A = \frac{529 + 324 - 900}{46.18}$; $\cos B = \frac{900 + 324 - 529}{60.18}$
 et $\cos C = \frac{900 + 529 - 324}{60.23}$. Ici l'angle A est ob-

tus, car 900 est plus grand que 853 qui est la somme des nombres 529 et 324. Il faut donc ôter 853 de 900, diviser le reste 47 par 828, valeur de 46.18, et mettre le signe — devant le quotient. On obtient ainsi pour l'angle A, qui est obtus, $\cos A = -0.0551$. Or, abstraction faite du signe, 0.0551 est le cosinus de $86^{\circ}50'$; donc avec le signe —, c'est le cosinus de $[180 - (86^{\circ}50')]$, ou de $93^{\circ}10'$. Le lecteur trouvera aisément les deux autres angles.

Du premier théorème : les sinus des angles sont proportionnels aux côtés opposés, on tire aisément les conséquences suivantes, fort utilisées dans la pratique :

1° Quand on connaît un côté b et l'angle opposé A d'un triangle quelconque, on obtient directement un autre côté, a par exemple, en multipliant le rapport $\frac{b}{\sin B}$ par la valeur de $\sin A$.

Nota. — Si l'angle A est droit, l'on a $\sin A = 1$; donc, dans un triangle rectangle, l'hypothénuse a est égale au rapport de l'un des côtés droits au sinus de l'angle opposé ; c'est-à-dire que l'on a $a = \frac{b}{\sin B}$ ou $a = \frac{c}{\sin C}$; égalités qui donnent $b = a \sin B$, ainsi que $c = a \sin C$.

2° Quand on connaît un côté a et l'angle opposé A , pour avoir un autre angle, l'angle B par exemple, il faut multiplier le rapport $\frac{\sin A}{a}$ par la valeur de b .

Nota. — Si l'angle A est droit, l'on a $\sin A = 1$, donc, dans ce cas $\sin B = \frac{1}{a} \times b = \frac{b}{a}$ donc, dans un triangle rectangle, le sinus de l'un des angles aigus s'obtient en divisant le côté opposé par la valeur de l'hypothénuse. Il résulte enfin de cela qu'un côté quelconque de l'angle droit d'un triangle rectangle est toujours égal à l'hypothénuse multipliée par le sinus de l'angle opposé ou par le cosinus de l'angle adjacent.

Quand on connaît la longueur d'une oblique qui rencontre une droite ou un plan, ainsi que l'angle qu'elle fait avec cette droite ou ce plan, si l'on veut avoir la valeur de sa projection, il faut multiplier la ligne elle-même par le sinus de l'angle qu'elle

fait avec la perpendiculaire qui projette sa tête, ou, ce qui revient au même, par le cosinus de son inclinaison.

En multipliant l'oblique par le sinus de l'inclinaison ou par le cosinus de l'angle que fait l'oblique avec la normale au point d'incidence, on obtiendrait pareillement la longueur de la perpendiculaire projetante.

Nous terminerons cet article par trois formules dans lesquelles S représente l'aire d'un triangle; a, b, c , les trois côtés; A, B, C , les trois angles, et p le demi-périmètre.

$$(1) \quad S = \sqrt{p \times (p - a) \times (p - b) \times (p - c)}$$

$$(2) \quad S = \frac{1}{2} a b \sin C$$

$$(3) \quad S = \frac{1}{2} a^2 \times \frac{\sin B. \sin C}{\sin A}$$

La première ne serait pas éclaircie par une traduction. La seconde signifie que l'aire d'un triangle s'obtient en multipliant le demi-produit de deux côtés par le sinus de leur angle. D'après la troisième, on obtient la surface d'un triangle en multipliant la moitié du carré d'un côté par le rapport du produit des sinus des angles adjacents au sinus de l'angle opposé.

Application de la résolution des triangles à la composition et à la décomposition des pressions que l'on considère dans la charpenterie.

On a vu que si l'on représente par trois lignes P, Q, R , deux forces quelconques et leur résultante, le triangle formé sur ces trois lignes avait

son angle opposé à la résultante R supplémentaire de celui que formaient les directions des forces P et Q; tandis que chacun des angles opposés à une composante était précisément égal à l'angle que fait la direction de cette composante avec celle de la résultante R.

Pour éviter une figure et pour mieux généraliser ces résultats, nous représenterons par (P, Q), l'angle des côtés P et Q; par (R, P), l'angle des côtés R et P, et par (R, Q), l'angle des côtés R et Q.

Au moyen de cette notation, et, d'après le second théorème de l'article précédent, on a, pour trouver la valeur de la résultante R, l'égalité fondamentale :

$$R^2 = P^2 + Q^2 - 2 P Q \cos (P, Q);$$

d'où $R = \sqrt{[P^2 + Q^2 - 2 P Q \cos (P, Q)]}$.

Si, par exemple, P = 15 kilog.; que Q = 18 kilogrammes, et que l'angle (P, Q) = 72°, dont le supplément = 108°, on a :

$$R = \sqrt{15^2 + 18^2 - 2.15.18 \times \cos 108^\circ} = \sqrt{[225 + 324 - 540 \cos 108^\circ]}$$

et comme $\cos 108^\circ$ est, avec un signe contraire, le cosinus de 72°; celui-ci étant 0.3090, on a finalement $R = \sqrt{[225 + 324 + 540 \times 0.3090]} = 26.75$; donc la résultante est de 26 kilogrammes 750 grammes, à une dizaine de grammes près.

Pour avoir l'angle (R, P) que la résultante fait avec la force P, on posera, d'après le premier théorème :

$$\frac{\sin (R, P)}{\sin (P, Q)} = \frac{Q}{P}, \text{ ou bien } \frac{\sin (R, P)}{\sin 108^\circ} = \frac{18}{26.75};$$

d'où $\sin (R, P) = \frac{18, \sin 108^\circ}{26.75} = \frac{18, \sin 72^\circ}{26.75} = \sin$

32° 12'. Ainsi la résultante fait, avec la force P, un angle égal à 32° 12' environ. On trouverait, en opérant de même, que l'angle (R, Q) que la résultante fait avec la force Q est égal à 39° 48'.

Nota. — Quand l'angle (P, Q) des composantes est aigu, il arrive quelquefois que celui des angles qui est fait par la résultante et la plus petite des deux forces P et Q est un angle obtus; mais rien ne l'indique par le calcul. Pour savoir si le plus grand des angles cherchés est obtus, il faut additionner les deux angles trouvés avec l'angle connu des composantes, et si la somme est égale à 90° au lieu de 180°, il faut ajouter 90° à celui des deux angles trouvés qui est opposé à la plus grande des deux composantes.

Résolution d'une force en deux autres. — Ce problème, l'inverse du précédent, présente deux cas, savoir : 1° le cas où l'on donne les deux composantes P et Q de la force R; 2° le cas où l'on donne les deux directions des composantes qui sont alors elles-mêmes des inconnues.

Le premier cas revient évidemment à trouver les trois angles d'un triangle dont on connaît les trois côtés. Le second cas revient à trouver deux côtés d'un triangle dont on connaît le troisième et les angles. Ces deux problèmes ayant été résolus ci-dessus, il est inutile d'y revenir; mais il est bon de se rappeler que quand une force R agit obliquement sur un plan, et qu'on la décompose en deux autres P et Q, l'une P, de pression sur le point d'incidence, et l'autre Q, de traction du même point sur la surface du plan, la première $P = R \times \sin I$; tandis que la seconde $Q = R \cos I$

(I étant l'angle d'inclinaison de la force R). C'est ce genre de décomposition qu'on exécute le plus souvent dans la charpenterie.

Calculs particuliers relatifs aux principales combinaisons de charpentes

1^o *Pans de bois*. — Les pans de bois sont destinés à porter les planchers des édifices, des habitations bâties en bois, ou à résister à quelque effort équivalent produit par une charge agissant verticalement. Ils sont composés de pièces dont les plus importantes sont verticales. Aussi, pour s'assurer que les éléments d'un pan de bois ont des équarrissages convenables, eu égard à leur longueur, et qu'ils sont en nombre suffisant, on calcule la charge que le plancher doit supporter, et quelle partie de cette charge, dans laquelle on comprend le poids du plancher lui-même, doit être portée par chacun des pans de bois; puis l'on répartit cette charge entre les poteaux et même les guettes qui entrent dans sa composition. Cette quantité, comme l'équarrissage des pièces, se conclut d'après les règles données au chapitre II, § II (*Cubature des bois*) et au chapitre III, § III (*Résistance des bois*).

2^o *Planchers*. — Les planchers ont à porter, outre leur propre poids, certaines charges appliquées en de certains lieux et aussi d'autres charges uniformément réparties sur toute leur surface. Les diverses parties d'un plancher doivent donc être calculées d'après la charge qui lui doit incomber. Les planches, par exemple, ayant leur épaisseur d'usage, on calculera leur portée, c'est-à-dire l'écartement des solives qui les portent, d'après ce

que chacune d'elles doit porter, en distinguant le cas d'une charge uniforme de celui d'une charge qui ne le serait pas. Les longueurs, ainsi que les équarrissages des solives, se détermineront par des considérations du même genre, et il en sera de même pour les poutres. Dans tous ces calculs, il faudra veiller à donner des dimensions plus que suffisantes aux pièces destinées à des charges extraordinaires, par exemple aux poutres sur lesquelles de lourdes machines devront être posées.

3° *Combles*. — L'objet principal d'un comble est de porter la couverture d'un édifice, et chaque ferme doit en supporter une partie, celle qui est comprise entre les deux plans verticaux passant par le milieu des traces adjacentes. Il suit de là que chaque ferme doit porter le poids de deux demi-travées. Pour déterminer la force de chacune des parties d'une ferme, il faut commencer, dit M. Emy, par fixer les dimensions nécessaires pour la force des pièces les plus élevées, en ajoutant toujours au poids auquel il faut résister, la pesanteur des pièces qui servent d'intermédiaires pour reporter l'action de ce poids sur les pièces immédiatement inférieures qui le supportent en définitive.

Mais il est à remarquer que l'on ne peut pas toujours procéder avec cette régularité, et que souvent c'est après qu'on a composé la charpente, et même déterminé les équarrissages des pièces, par une sorte d'appréciation de la pensée, qui est une suite de la plus ou moins grande pratique qu'on a de l'art, qu'on applique le calcul, qui n'est plus qu'une sorte de vérification, d'après laquelle on

fait les corrections qu'il est nécessaire de faire aux premières appréciations.

Il faut commencer par calculer le poids de chaque mètre carré du genre de couverture qu'on veut employer, et déterminer d'après cela l'écartement des solives et le nombre des pannes, en prenant, s'il y a lieu, les mêmes précautions que pour un plancher. Comme il est d'usage de prendre les chevrons tels qu'ils se trouvent dans le commerce, au lieu de forcer l'équarrissage de ces pièces, on se contentera de les rapprocher suivant le besoin de la charge.

Dans les calculs relatifs à l'équarrissage des chevrons, quand on se décide à en débiter soi-même d'appropriés aux calculs, il faut remarquer que la charge de chacun d'eux est également répartie sur sa portée entre deux pannes, et que, attendu leur situation inclinée, il faut leur appliquer ce que nous avons dit relativement à la résistance des bois inclinés.

S'il n'y a qu'une seule panne, l'arbalétrier est dans le cas d'une pièce chargée en son milieu.

Il arrive fréquemment qu'il n'est pas nécessaire de donner aux arbalétriers la force que leur étendue semble exiger, parce qu'ils se trouvent combinés avec les autres pièces de la ferme dont ils font partie. Si par exemple, sous une panne qui serait située en p (fig. A, pl. 17), on a pu placer une contre-fiche pm , il est évident que c'est sur elle que se reporte l'effort produit au point p par la pesanteur du toit, et que son équarrissage doit être déterminé de manière qu'elle puisse, suivant la longueur de p en m , résister à l'écrasement dans

le sens de sa longueur, et que l'arbalétrier n'a plus besoin d'une force aussi grande, puisqu'il n'a plus à résister à la rupture perpendiculairement à sa longueur. Vu la symétrie de la toiture, les efforts des contre-fiches pm , $p'm$ se réunissent au point m , et leur résultante agit dans la direction du poinçon, c'est-à-dire de b en m , ce qui indique que l'équarrissage du poinçon doit être tel qu'il puisse résister à un effort de traction Q , exprimé par l'égalité $Q = \frac{2P}{\cos a}$ [Q étant la force à laquelle le poinçon doit résister; P , l'effort exercé sur une contre-fiche et transmis par elle au point m , et a , l'angle $pm b$, égal à l'inclinaison de l'arbalétrier sur l'entrait].

Il résulte de cette disposition que l'effort de la pesanteur à chacun des points p et p' , transmis par la contre-fiche sur le poinçon, fait agir ce dernier de façon qu'il transmet à son tour cet effort et le partage aux arbalétriers qui reportent la portion qui leur est départie aux points a et a' , pour exercer dans ces points une poussée dont nous parlerons plus loin. Il résulte de là aussi que l'arbalétrier doit résister à la force qui le comprime dans sa longueur de b en a , c'est-à-dire à l'écrasement, comme nous l'avons fait remarquer plus haut. Mais cette résistance ne doit être calculée que pour ses portions comprises entre les points d'application des pannes et des contre-fiches qui se font équilibre.

Quand des moises suspendent des planchers aux arbalétriers qui soutiennent les couvertures, il faut d'une part proportionner les équarrissages

des moises aux efforts de traction que leur occasionne le poids des planchers et de leurs charges présumées, et, d'autre part, tenir compte aussi de l'effort que ces poids réunis exercent sur les arbalétriers, effort qui exige qu'on leur donne un surcroît de force, pour qu'ils puissent résister à l'écrasement dans le sens de leur longueur. Il faut, pour la même raison, augmenter dans ce cas l'équarrissage des tirants, afin qu'ils soient en état de résister à la poussée exercée par les arbalétriers.

Au reste, quand on fait des calculs de ce genre, on tombe quelquefois dans une sorte de cercle vicieux ; mais on en sort aisément par un tâtonnement d'autant plus court qu'on est plus familiarisé avec les calculs de ce genre. Il faut d'ailleurs ne pas oublier qu'on doit tenir les équarrissages beaucoup plus forts que ceux qui seraient indiqués par l'application rigoureuse des règles théoriques.

4° *Ponts.* — La détermination par le calcul de la force des bois employés dans les ponts est fondée sur les mêmes principes que pour les combles ; mais il ne faut pas oublier que les ponts sont sujets à des détériorations plus rapides, et qu'ils subissent des vibrations qui peuvent nuire à leur solidité primitive. Il faut donc faire avec plus de soin les calculs pour la détermination de la force à donner aux différentes pièces d'un pont, que s'il s'agissait d'un travail de charpente moins exposé à se détériorer par l'usage. On supposera pour cela le pont aussi chargé qu'il puisse l'être, et l'on déterminera les dimensions d'équarrissage des longerons simples selon leur portée, si c'est un pont construit suivant ce système, en se mettant dans

l'hypothèse où la charge partielle de la portée agirait dans le milieu des longerons. Si des contre-fiches soulagent ces longerons et permettent d'y employer des bois de moindre équarrissage, il faudra tenir compte de l'influence de ces contre-fiches et calculer la force qu'il convient de leur donner.

Soit (fig. C, pl. 17) un longeron de pont ab ; son équarrissage sera déterminé par la résistance qu'il doit opposer à un poids P dans toutes les positions qu'il peut prendre sur toute sa longueur, et c'est dans le milieu que cette action est la plus puissante. Si l'on suppose sous ce longeron deux contre-fiches qui lui servent de soutiens, il est évident que si ces contre-fiches ont une force suffisante, on pourra, comme nous l'avons dit, diminuer l'équarrissage des longerons, qui se trouveront partagés en trois portées partielles am , mm' , $m'b$, dans lesquelles l'équarrissage pourra être réduit à la force nécessaire pour chacune.

Pour que chaque contre-fiche remplisse le but pour lequel elle est établie, il faut qu'elle puisse résister à l'écrasement résultant de la pression exercée sur elle par le poids dont le pont est chargé : il faut de plus supposer ce poids agissant en P , et cette action reportée au point m ou m' , de sorte que, faisant $ab = l$; am ou $bm' = a$; l'on a $Q = \frac{pl}{2a}$. Si l'on suppose que l'effort Q agit

dans la verticale passant par le point m , cet effort se décompose en deux autres : l'un, agissant suivant la direction mb , est détruit par l'effet de la résistance du point b ; l'autre, dans la direction de la contre-fiche suivant mr , est égal à $\frac{Q}{\cos m}$ [m étant

la valeur de l'angle $r m o$ que fait la contre-fiche avec la verticale; c'est à cet effort ainsi calculé que la contre-fiche doit résister].

Si la contre-fiche est saisie par une moise $g j$ et par une moise horizontale passant par le point j , et unissant toutes les contre-fiches homologues des fermes, le point j est considéré comme fixe et la résistance de la contre-fiche à l'écrasement ne doit plus être satisfaite que pour chacune de ses deux poutres $m' j$, $r' j$, en raison seulement de la longueur de chacune.

3^e *Arcs employés dans les ponts.* -- Le plus ordinairement les arcs en gros bois employés dans les fermes de pont sont combinés avec d'autres pièces, notamment avec des moises pendantes qui divisent leur développement en parties égales que l'on peut, vu leur peu de courbure, regarder comme des droites dont les extrémités seraient fixes. Soit, par exemple (fig. B, pl. 17), un arc $a b a'$ qui se trouve combiné à un système de ferme dans lequel se trouve le longeron $d d'$. Par le moyen des moises pendantes $m o$, $n u$, $m' o'$, $n' u'$, les parties $o u$, $u b$, $b u'$, $u' o'$, peuvent être regardées comme une suite de contre-fiches, sur lesquelles le fardeau est placé dans la position où il a le plus de puissance pour la comprimer par écrasement; et ce même fardeau, en passant par toutes les positions qu'il peut avoir, reporte son action sur les mêmes cintres, par l'intermédiaire des moises pendantes. Supposons donc que l'effort produit par le point m soit représenté par Q agissant suivant la verticale $m q$: c'est cette force qui agit sur l'arc au point o et qui se décompose en deux efforts dirigés chacun

suivant la longueur de chaque portion d'arc *ou*, *oa*, et ces parties d'arc ont à résister à l'écrasement occasionné par ces forces. Au reste, après l'évaluation des résistances que les pièces doivent opposer, on assigne à ces pièces un équarrissage qui leur donne dix fois plus de force à leur résistance.

Poussées des charpentes

1^o *Poussée des fermes en bois droits.* — Toutes les circonstances de la poussée des charpentes formées de pièces droites se rapportent à celles d'un comble triangulaire *ab a'* (fig. A, pl. 17). Soient deux arbalétriers *ab*, *a' b* assemblés dans un poinçon vertical, au point *b*, et retenus dans leur position par l'assemblage de leurs pieds dans le tirant *aa'*. Leur poids joint à celui de toute la toiture qu'ils portent, même les lucarnes, produit un poids unique dont l'action est dirigée parallèlement à l'axe du poinçon. Soit $2P$ le nombre qui représente ce poids, P étant celui d'une moitié : soit aussi l'angle *b a d*, c'est-à-dire l'inclinaison du toit représenté par *a*. Les arbalétriers devant être inflexibles, soit par eux-mêmes, soit par l'effet de soutiens auxiliaires distribués sur leur longueur, tels que des contre-fiches ou des entrails, l'effort transmis dans la direction de leur longueur est exprimé par l'égalité $Q = \frac{P}{\sin a}$, expression au moyen de laquelle on détermine leur équarrissage, dans le cas de la résistance à l'écrasement.

La résistance à l'effort suivant la direction *da* parallèle au tirant, est exprimée par la relation $R =$

$\frac{P \cos a}{\sin a}$, et l'expression de la résistance suivant da' est la même. Ces forces égales et directement opposées, sont la mesure de l'action horizontale exercée en a et en a' par la poussée du comble, c'est-à-dire qu'elles expriment la tension du tirant aa' , et l'équarrissage de cette pièce sera déterminé par l'égalité de cette tension avec la résistance du bois à la traction par centimètre carré, d'après ce qui a été expliqué en son lieu.

A l'égard de l'équarrissage des arbalétriers ou de leurs parties, si des appuis sont distribués sous quelques points de leur longueur, il est déterminé par la nécessité de résister en outre à la rupture sous leur propre poids et sous la charge de la couverture : cette résistance est représentée par $K = P \cos a$. Ainsi la formule qui donne la surface de l'équarrissage pour résister à la rupture, doit donner cette même égalité.

Si l'on substitue un système angulaire ama' au tirant aa' en représentant l'angle mad ou $ma'd$ par n , la tension suivant la ligne ma ou ma' , et celle suivant ad ou $a'd$, seront entre elles dans le rapport de $\frac{am}{ad}$; ainsi, dans ce cas, l'expression de

la tension T suivant am ou $a'm$ est $T = \frac{P \cos a}{\sin a \cos n}$

Nous devons faire remarquer ici que si, au lieu d'un tirant aa' , ou au lieu d'un système angulaire ama' , on établit des entrails suffisamment liés aux arbalétriers, le tirant et les entrails s'opposeront simultanément à la poussée, et la somme de leurs résistances devra être égale à $\frac{P \cos a}{\sin a}$; par consé-

quent l'équarrissage de chacun pourra être diminué, de façon que la somme des surfaces d'équarrissage soit égale à celle qu'aurait le tirant s'il était seul.

Il en est de même des tirants en bois ou en fer du système angulaire représenté par les lignes $am a'm$. Quel que soit le nombre des tringles parallèles à am , à $a'm$, pourvu qu'elles soient parallèles, la somme de leurs résistances doit toujours être égale à $\frac{P \cos a}{\sin a \cos n}$

Dans les fermes composées comme celles de la figure B, la poussée exercée par ces contre-fiches sur les murs dans le sens horizontal, l'angle étant représenté par m , et représentant par P la force d'écrasement à laquelle la contre-fiche sait résister, cette force étant aussi celle transmise par la contre-fiche, suivant la direction mo sur le point o : la poussée est exprimée par $Q = P \cos. m$.

A l'égard de la poussée exercée par les arcs qui font partie des fermes (fig. B), il suffit de calculer la poussée horizontale exercée au point a , naissance de l'arc, de la même manière que celle exercée par une contre-fiche suivant la tangente à l'arc, la partie ao que nous considérons pouvant être regardée comme droite. On peut de même, dans une première appréciation, considérer tout le système ado comme celui d'une seule pièce inflexible, et lui substituer, dans un calcul approximatif, la ligne ao sur laquelle se trouveraient reportés tout le poids du système et celui du fardeau P , ce qui ramènerait la question au cas de la poussée exer-

cée par une contre-fiche ou par un pan de toit.

2^e *Poussée des cintres.* — La question de la résistance des cintres en charpente pour la construction des grandes voûtes, telles que les arches de pont en maçonnerie, est une des plus compliquées, lorsqu'on la considère par rapport aux cintres dits flexibles, et l'application du calcul ne saurait donner des résultats satisfaisants. Nous ne nous en occuperons pas, d'autant plus que l'on reconnaît aujourd'hui que les cintres fixes, aussi invariables de forme que la nature et la qualité des bois employés le permettent, sont les seuls qu'il convient d'employer; or, dans ce cas, on retrouve encore ici l'application des principes sur lesquels se fonde la stabilité des fermes de charpente en général.

3^e *Poussée des arcs employés dans les fermes.* — Les arcs en plein cintre, et à plus forte raison ceux de forme elliptique surbaissée, employés dans les fermes des combles, dès qu'ils sont flexibles, ont une poussée vers le niveau des points que l'on désigne ordinairement sous le nom de *reins* dans les voûtes en maçonnerie.

Les expériences qui ont précédé l'exécution de l'ingénieux et excellent système d'arcs en madriers courbés sur leur plat imaginé par M. le colonel Émy, ont signalé particulièrement ce genre de poussée, et l'inventeur a fait voir que cette poussée résulte de la flexibilité d'un arc d'équarrissage uniforme que rien ne maintient dans sa figure circulaire $am b m' a'$ (fig. D, pl. 17) et qui lui fait prendre celle $ar p r' a'$ dans laquelle les tangentes aux naissances, au lieu d'être verticales, ont les dispositions inclinées $at a' l'$, dans cette position la pous-

sée aux naissances paraît se diriger en sens inverse de ce qu'elle est ordinairement et de ce qu'elle serait réellement sans la flexibilité, ou si les murs, au niveau des naissances, ne présentaient pas une résistance suffisante à la force avec laquelle l'arc tendrait à les renverser au dehors, ainsi que le prouvent les expériences faites par le capitaine Ardent.

M. Emy, dans son grand et bel ouvrage, indique comment la poussée au niveau des reins doit être détruite par le système même. Nous y renvoyons le lecteur qui voudrait de plus nombreux détails ou d'autres renseignements sur les poussées exercées par les arcs de son système aussi bien que pour celles qui seraient exécutées dans un autre système que sien.

III. RÉSISTANCE DES BOIS; STABILITÉ DANS CETTE RÉSISTANCE

Connaître la résistance qu'une pièce de bois offre à toute force qui tend à changer sa forme est l'une des plus importantes espèces de connaissances qu'un charpentier doit chercher à acquérir. Être apte à juger du degré de cette résistance par le seul effet de l'observation, rien que dans les cas les plus communs, est une qualité qui n'exige rien moins que la pratique d'une vie d'homme dévouée tout entière à l'étude de la charpenterie.

C'est d'ailleurs une espèce de connaissance qui est parvenue à l'obtenir et qui meurt avec elle. C'est en un mot quelque chose de personnel qui ne peut se communiquer, un sentiment de rapports

qu'on ne peut décrire, quoiqu'avec de la réflexion et de la pratique on parvienne toujours à la posséder jusqu'à un certain point. Nous sommes, certes, loin de désirer qu'on s'abstienne de continuer à chercher, par de soigneuses observations, à augmenter les importantes notions que l'expérience fait acquérir : aucunes ne leur sont préférables ; mais il y a des cas où elles sont insuffisantes, comme par exemple quand la grandeur de l'objet se trouve beaucoup en dehors des limites habituelles de la pratique, ou bien encore quand il s'agit de tenter de nouvelles combinaisons. Dans ce cas, il n'est pas possible de s'en référer uniquement à l'expérience, même à celle de l'homme le plus expert dans la pratique.

Il y a, d'ailleurs, beaucoup de personnes pratiquant la charpenterie qui sont heureuses de connaître quelque chose des principes de l'art de bâtir et qui n'ont pas la possibilité d'attendre, pour les acquérir, les enseignements d'une longue pratique : pour ces personnes, il n'existe rien de plus utile que des règles basées sur les résultats de l'expérience de tout le monde.

S'agit-il de déterminer la grandeur et les dimensions qu'une pièce de bois doit avoir pour qu'elle soit capable de soutenir un poids ou de résister à une pression donnée, il est évident qu'il faut consulter les lois qui régleront sa résistance : il faut même, pour tirer le plus d'utilité possible de cette consultation, examiner quelle est la nature de l'effet qui se produit dans une pièce de bois quand elle est outrechargée. Cet effet, en général, n'est rien de plus qu'un certain degré de flexion ou

courbure. Il arrive rarement à la poutre d'être absolument brisée; mais, en général, il suffit d'une légère flexion dans une pièce de bois pour la rendre impropre au service qu'on en attendait.

Il a souvent été dit que la nature du bois était trop irrégulière pour qu'il soit possible de donner des règles ou de dresser des tables pour le calcul de leurs dimensions. On doit remarquer, néanmoins, que cette observation ne s'applique réellement qu'aux règles relatives à la force que les bois opposent à leur écrasement; encore, même dans ce cas, il n'y a pas tant d'irrégularités qu'on se l'imagine.

La différence à faire entre les diverses sortes de bon bois est bien moins perceptible encore, quand c'est la flexion seule et non la rupture ou l'écrasement que l'on considère. En effet, les lois qui régissent la flexion des bois sont fondées sur des expériences de la nature la plus inexceptionnelle.

Il a été déjà dit qu'un changement apporté dans la disposition des pièces résistantes donnait naissance à l'action de forces nouvelles. Ceci est la cause de l'irrégularité observée par Buffon dans ses expériences; mais, dans une pièce de charpenterie, ces changements ne sont jamais assez grands pour produire un effet sensible. Il serait d'un raffinement bien inutile de chercher à composer des règles embrassant toutes les modifications que de tels changements peuvent produire. Ces règles ne pourraient d'ailleurs être que trop compliquées pour être employées avec avantage.

Dans tous les cas où une pièce de bois est exposée à un grand effort, elle doit être de bonne

qualité; car c'est sur du bois de bonne qualité qu'ont été faites toutes les expériences qui servent de base à la théorie de la résistance des bois : mais comme, dans la charpenterie, ce que l'on a besoin de connaître, ce n'est pas la résistance exacte et absolue des poutres, mais une approximation suffisante pour ne pas se tromper trop grossièrement, on pourra toujours considérer comme bons bois ceux qui ne sont pas trop défectueux et, dans tous les cas, se tenir d'autant plus loin de la limite posée par la règle que les bois que l'on emploie sont d'une qualité plus inférieure.

Définitions et principes généraux

Les lois de la résistance des matériaux dépendent de la manière dont ils sont attaqués par les forces, et ces manières sont au nombre de trois :

1° Quand la force tend à allonger la pièce, en la sollicitant dans le sens de sa longueur. La résistance de la poutre est une *résistance à la tension*.

2° Quand la force tend à rompre la pièce en travers, la résistance de la poutre est une *résistance à la rupture*.

3° Quand la force tend à raccourcir la pièce en la comprimant dans la direction de sa longueur, la résistance de la poutre est une *résistance à la compression*.

La raideur est la propriété des corps en vertu de laquelle ils résistent à la flexion. *La vigueur* ou la *force* est la propriété des corps en vertu de laquelle ils résistent à la fracture et à la rupture.

Cette distinction, entre ces deux propriétés, doit toujours être soigneusement faite, parce que les

lois de la force et de la raideur ne sont pas les mêmes. Par exemple, la raideur d'un cylindre, exposé à un effort transversal, est proportionnelle à la quatrième puissance de son diamètre, tandis que sa force est seulement proportionnelle au cube de la même ligne. En doublant le diamètre d'un cylindre, on multiplie sa raideur par 16; tandis qu'on ne multiplie sa force que par 8.

Dans la charpenterie, la raideur comparative est une chose bien plus importante que la force comparative; parce que rarement on expose des poutres à des efforts qui les rompraient.

Tous les corps peuvent être étendus ou comprimés, allongés ou raccourcis, et, tant qu'on ne dépasse pas les limites ordinaires de la pratique, l'allongement ou le raccourcissement d'un corps est proportionnel à la force qui le produit : c'est-à-dire que si une force de P kilogrammes produit un allongement de l millimètres, une force égale à $2 P$ produira un allongement égal à $2 l$. Il en serait de même des raccourcissements, si les deux forces comparées P et $2 P$ agissaient de manière à produire un raccourcissement par la compression qu'elles exercent. C'est sur la vérité du principe ci-dessus que repose la majeure partie du développement qui va suivre. Trouvé par l'expérience, vérifié par elle dans toutes les circonstances de la pratique, ce principe est un des faits les moins contestables, de ceux dont on ne peut donner d'autre preuve que l'expérience universelle de tous ceux qui ont voulu en vérifier l'exactitude.

Notions sur la résistance des prismes aux allongements, à la compression et à la rupture

Quand on soumet un prisme solide à un effort extérieur de traction ou de compression, les molécules dont il se compose s'écartent dans certaines parties, se rapprochent dans d'autres et le corps subit une déformation générale, qui dépend : d'une part, de la direction et de l'intensité de l'effort, ainsi que de sa durée et du point auquel il est appliqué ; d'une autre part, de la figure extérieure du corps, ainsi que du nombre, de la forme et de la disposition de ses points d'application.

Considérons, par exemple, une barre prismatique ou cylindrique ayant une longueur représentée par le nombre L et une section droite représentée par le nombre A . Supposons-la sollicitée à ses deux extrémités par des efforts égaux représentés par le nombre P , et dirigés dans le sens de ses arêtes qu'ils tendent à allonger d'une quantité l . Soit que l'on considère cette barre comme composée d'autant de fibres parallèles qu'il y a de molécules comprises dans chacune des sections A , soit qu'on la suppose partagée en autant de tranches infiniment minces qu'il y a de molécules dans chacune des fibres parallèles, on est généralement conduit à admettre les trois conclusions générales suivantes :

1° La résistance de la barre est indépendante de sa longueur absolue, et elle est proportionnelle à l'étendue de la section A ;

2° Les allongements éprouvés par les différentes parties de la barre sont proportionnels à leurs

longueurs primitives; de sorte que l'allongement total de la barre est lui-même proportionnel à sa longueur entière;

3^e La résistance, aussi nommée réaction élastique de la barre, doit être mesurée par le rapport de la charge à l'allongement proportionnel qui correspond aux premiers déplacements des molécules.

Pour expliquer cette dernière conclusion, soit P la charge de la barre, L sa longueur primitive, et l l'allongement total qui résulte de la charge P ; le rapport $\frac{l}{L}$ que nous représenterons par i sera l'allongement proportionnel, c'est-à-dire l'allongement de chaque partie de la barre égale à l'unité de longueur. D'après la troisième conclusion, la résistance ou réaction élastique sera mesurée par $\frac{P}{i}$. Mais, si on appelle E la force à laquelle résiste chaque unité de surface de la section A , la résistance de la barre sera également mesurée par $E \times A$; donc $\frac{P}{i} = E \times A$. Par conséquent, l'équation $P = E A i$ kilogrammes sera la relation à employer pour calculer la valeur de la charge capable de produire un allongement donné i , par mètre, dans toute l'étendue des valeurs de P pour laquelle cet allongement i demeure sensiblement proportionnel à la charge P .

Si, au lieu de soumettre le prisme à un effort de traction, on lui en appliquait un de compression, toujours mesuré par P , mais incapable de le faire plier ou fléchir transversalement, la formule $P =$

E A i kilogrammes donnerait le poids capable de produire le raccourcissement proportionnel i .

Le nombre E, qui entre comme facteur dans la formule ci-dessus, est ce que l'on appelle *le coefficient de résistance* ou *le module d'élasticité* de la substance dont la barre est composée. C'est le poids qui serait capable d'accourcir ou d'allonger, par exemple, une barre de fer ou un prisme de chêne ayant pour section A l'unité de surface, d'une quantité précisément égale à sa longueur primitive, s'il était possible qu'un tel changement pût avoir lieu dans le premier cas sans que la barre soit anéantie, et dans le second cas sans que le nombre E changeât tout à fait de valeur, la force élastique se trouvant détruite bien longtemps avant.

On a réuni dans le tableau ci-contre les valeurs de E qui sont importantes à connaître pour le charpentier. On y a joint les valeurs correspondantes de i et P qui se rapportent aux limites d'allongement et de charge que l'on ne peut dépasser sans que l'élasticité du corps chargé soit altérée.

NOMS DES SUBSTANCES	Allongement ϵ relatif à la limite d'élasticité naturelle	Charge P par millimètre carré correspon- dant à la limite d'élasticité	Valeur E du module d'élasticité corres- pondant à chaque mill. carré de la section A
Chêne	$\frac{1}{600} = 0.00167$	2 kil. 00	1200 kil.
Sapin jaune ou blanc.	$\frac{1}{850} = 0.00117$	2 17	1300
Sapin rouge ou pin.	$\frac{1}{470} = 0.00210$	3 15	1500
Mélèze ou larix . . .	$\frac{1}{520} = 0.00196$	1 73	900
Hêtre rouge	$\frac{1}{570} = 0.00175$	1 63	930
Frêne	$\frac{1}{885} = 0.00113$	1 27	1120
Orme	$\frac{1}{414} = 0.00242$	2 35	970
—	—	—	—
Fer en barre (1) . . .	$\frac{1}{1520} = 0.00066$	12 205	20000
Fonte de fer à grains flus	$\frac{1}{1200} = 0.00083$	10 00	12000

(1) Nous avons cru devoir joindre le fer et la fonte au bois, pour que l'on puisse toujours faire la comparaison de la force de ces métaux avec celle des bois les plus employés dans la charpenterie.

Usage du tableau ci-dessus

Pour calculer, à l'aide de ce tableau, l'allongement que prendra un corps prismatique ou cylin-

drique d'une section donnée A sous l'action d'un effort donné P, il faut diviser P par l'aire de la section transversale du corps évaluée en millimètres carrés, on aura ainsi pour quotient Q la charge que supporte chaque millimètre carré de la section.

On cherchera ensuite le quatrième terme de la proportion dont les trois premiers seraient : 1° la charge P correspondant d'après le tableau à la limite d'élasticité pour la substance de la barre; 2° l'allongement i relatif à cette charge d'après le même tableau; 3° le nombre Q précédemment trouvé.

Cette quatrième proportionnelle, qui n'est autre chose que l'allongement par mètre courant, étant multipliée par la longueur de la barre, sera l'allongement absolu.

Exemple : Quel est l'allongement qu'éprouvera une barre ronde en fer de 25 millimètres de diamètre sur 8 mètres de long, sous un effort de 4,000 kilog. ?

L'effort Q de traction par chaque millimètre de section = 4000 : $\frac{\pi \times 25^2}{4} = \frac{16000}{\pi \times (25)^2} = 8 \text{ kil. } 45$;

or, pour le fer, la charge P, qui correspond à la limite d'élasticité, = 12 kil. 205 par millimètre carré, et l'allongement i , relatif à cette charge, = 0.00066. Posant donc :

$$\frac{12.205}{0.00066} = \frac{5.45}{x}$$

on trouvera pour l'allongement, par mètre, $x = 0.00044$, et pour l'allongement absolu des 8 mètres, 0^m00352.

Dans la pratique, il convient de ne soumettre les pièces qu'à des charges permanentes qui ne dépassent pas la moitié de celles qui correspondent à la limite d'élasticité : on ne pourra dépasser cette moitié que pour des cas de constructions non permanentes et non soumises à des efforts prolongés ; et il ne convient, dans aucun cas, que les charges dépassent les $\frac{3}{4}$ de celles correspondantes à cette limite. Il importe, toutes les fois que cela est possible, de faire usage de cette règle pour déterminer les dimensions des pièces de construction.

Contraction et dilatation latérale des prismes. — Quand on exerce sur les corps un effort qui tend à les allonger ou à les raccourcir, il s'en faut de beaucoup que les sections transversales demeurent constantes. En réalité, dans le premier cas, celui de l'allongement, le prisme va en se rétrécissant de plus en plus à partir des extrémités. Dans le second cas, celui du raccourcissement, le prisme va en se gonflant à partir des mêmes extrémités. Ces effets se manifestent d'une manière très apparente dans les prismes fort courts et de substances plus ou moins molles.

Dans la pratique, on n'emploie en général que des prismes dans lesquels la longueur est fort grande relativement aux autres dimensions, et qui sont doués d'une grande élasticité, tels que les bois et les métaux. Cet effet n'est pas sensible tant qu'on demeure dans les limites d'élasticité pour lesquelles les molécules conservent la faculté de revenir à leurs positions primitives.

Si l'on appelle a la diminution de la section A , le calcul fournit la relation $\frac{a}{A} = \frac{1}{2} i$ ou $\frac{a}{A} = \frac{l}{2L}$.

Résistance des prismes à la rupture; force absolue de ténacité

Si l'on fait supporter à un corps la charge d'un poids croissant et si on désigne par f la valeur de la résistance pour l'unité de surface, on aura pour le poids R , qui pourra produire la rupture, $R = Af$, ce qui permettra de déterminer R pour les divers corps employés dans l'industrie.

Pour les corps mous qui s'effilent avant de se rompre, cette relation $R = Af$ ne donnera guère que la mesure de l'adhérence qu'ont entre elles les molécules de ce corps, celle de la force nécessaire pour commencer l'allongement, qui, une fois commencé, déterminera la rupture par traction sous la même charge, tandis que la résistance à l'écrasement ira en croissant.

Rupture par extension

Le tableau suivant donne la mesure, ou le module, le coefficient f de la force absolue de la résistance des bois à la rupture par extension.

Pour le chêne, tiré dans le sens des fibres.	$f = 600$ à 800 kil.
Id. tremble,	idem. $f = 600$ 700
Id. sapin,	idem. $f = 800$ 900
Id. frêne,	idem. $f = 1200$
Id. orme,	idem. $f = 1040$
Id. hêtre,	idem. $f = 800$
Id. fer en barre (moyenne). $f = 4000$
Id. fonte (moyenne). $f = 1300$
Cordes, aussières et grelins, de 13 à 17 millimètres de diamètre. $f = 600$ au moins.

Résistance des bois à l'écrasement

Les bois étant composés de fibres droites, unies entre elles par une force d'adhérence moindre que celle de leurs propres molécules, se comportent, lors de la rupture, d'une manière différente de celle des autres corps. Quand on les soumet à une pression dirigée dans le sens des fibres, celles-ci se refoulent d'abord aux deux bouts; elles s'infléchissent au dehors en formant un renflement latéral, et finissent par se séparer et s'écraser, en se ployant les unes sur les autres pour se réduire en poussière. Ceci arrive principalement quand leur longueur ne surpasse pas de beaucoup les dimensions de leur section droite; mais quand le contraire a lieu, il arrive, ou bien qu'elles se fendent longitudinalement, ou bien qu'après s'être infléchies par le milieu, elles se rompent à la manière de celles qui, leurs extrémités portant sur des points d'appui, sont chargées d'un poids en leurs milieux. Ce dernier effet n'a généralement lieu que quand leur longueur contient plus de dix fois la moindre des deux dimensions de la section transversale.

Voici, suivant Rondelet et Larennie, d'après des expériences directes, à quel poids il faut évaluer par millimètre carré la résistance instantanée des bois chargés debout, et qui s'écrasent sans s'infléchir.

Chêne de France, de	3 kil. 85 à 4 kil. 63
Sapin id.	3 62 5 38
Chêne anglais.	2 71
Sapin blanc anglais	1 35

Pin d'Amérique.	4 kil. 18
Orme	0 90

D'après MM. Gauthey et Tredgold, la limite des pressions qu'on peut faire supporter, par millimètre carré, à une pièce de bois, afin qu'elle ne se refoule pas sensiblement sur elle-même, serait :

Pour le chêne français, la face étant pressée perpendiculairement aux fibres, 2 kil. 300 ;

Pour le même, la face étant pressée parallèlement aux fibres, 1 kil. 60.

Dans le même cas, pour le chêne anglais, 1,08, et pour le sapin jaune autant.

Ces nombres, dit Rondelet, doivent être réduits aux $\frac{5}{6}$, quand la hauteur est de 12 fois l'épaisseur, et à la moitié seulement, quand elle est de 20 fois l'épaisseur.

Dans tous les cas, dit le même auteur, on devra réduire les nombres à leur dixième, pour avoir la limite des efforts qu'il est permis de faire supporter d'une manière permanente dans les constructions de charpente ordinaire. Aussi la résistance, par millimètre carré, devra être regardée comme seulement égale à 0 kil. 40 ou même 0,30 pour le chêne chargé debout, à 0,50 ou même 0,30 pour le sapin chargé pareillement, même quand les pièces sont très courtes et appuyées latéralement. Lorsque les pièces seront plus longues, il faudra s'en référer au tableau que nous allons donner, page 292, de la force des supports, d'après le nombre qui exprime le rapport de leur longueur à la moindre de leurs deux autres dimensions.

Pilots. — Les pilots étant maintenus latéralement

par le sol dans lequel ils sont enfoncés, on peut les charger de 30 ou 35 kilogrammes au moins par centimètre carré.

Les règles de Rondelet pour les pilots dont la longueur de fiche est de 16 fois leur diamètre, correspondent même à des charges généralement plus fortes.

Les pilots doivent être enfoncés jusqu'à ce que chacune des dernières volées de 30 coups d'un mouton pesant de 300 à 400 kilogrammes et tombant de 1^m30 de hauteur, ne les fasse plus enfoncer que de 8 à 10 millimètres.

Exemple d'un calcul à ce sujet. — Une construction dont le poids doit être de 15,000,000 de kilogrammes, doit être fondée sur pilotis; les pilots que l'on veut employer ont 30 centimètres de diamètre: combien en faudra-t-il? Soit x le nombre

inconnu, $\frac{(0,30)^2}{4} \times \frac{22}{7}$ étant la surface de la

tête de chaque pilot, $\frac{x \times (0,30)^2 \times 22}{22}$ représentera

la surface en mètres carrés, et $\frac{x \times (30)^2 \times 22}{28}$ sera

la même surface en centimètres carrés. Or, chacun de ces centimètres pouvant porter 35 kilogrammes, l'ensemble des pilots pourra porter un nombre de

kilogrammes représenté par $\frac{x \times (30)^2 \times 22 \times 35}{28}$

ou $\frac{x \times 900 \times 22 \times 5}{4}$; et comme ce nombre doit

égaler 15,000,000, on a, pour trouver x la relation $\frac{x \times 900 \times 22 \times 5}{4} = 15,000,000$, d'où $x = \frac{60,000,000}{900 \times 110}$

$= \frac{60,000}{99} = 606$ pilots que l'on répartira de manière à ce qu'ils supportent, autant que possible, des portions égales de la charge totale.

Cas où la poutre comprimée debout subit une flexion transversale avant de se rompre

Quand le rapport de la hauteur à la moindre dimension de la base est un nombre supérieur à 12, le support doit être beaucoup moins chargé, parce que le prisme alors ayant une tendance à fléchir, ce n'est plus seulement à l'écrasement, mais à la flexion qu'il doit résister. Voici le tableau des charges qui correspondent aux rapports 12, 16, 20, etc.

(Voir le Tableau ci-contre.)

NOMS DES CORPS	Poids dont on peut, avec sécurité, charger chaque centimètre carré de la surface d'un support dont le rapport de la hauteur à la moindre dimension de la base =									
	12	16	20	24	28	32	36	40	48	60
Chêne fort.	25.0	21.2	17.8	15.0	12.0	10.8	9.2	7.6	5.0	2.5
Chêne faible.	8.4	7.4	6.4	5.6	5.2	»	»	»	»	»
Sapin jaune ou rouge. .	35.0	28.4	24.2	20.6	17.6	15.0	13.2	11.2	7.5	»
Sapin blanc.	8.0	6.6	5.8	5.0	»	»	»	»	»	»
MÉTAUX										
Fer.	835	710	600	500	420	350	290	240	167	84
Fonte.	1670	1420	1200	1000	840	700	580	480	334	167

Limite d'élasticité

Pour le chêne	}	$E = 1^{kl}340$	par millimètre carré.
		$i = 0^m 0007$	par kilogramme.
Pour le sapin	}	$E = 1^{kl}400$	par millimètre carré.
		$i = 0^m 006$	par kilogramme.

Ces valeurs, qui varient avec la nature et avec les espèces des arbres, ne doivent jamais être atteintes pour éviter les déchirements.

On fera bien, en moyenne, de prendre pour les diverses espèces de bois employés dans les constructions, $P = 1,200 A i$.

De cette manière, en faisant $i = 0,006$, et $A = 1$ millimètre carré, $P = 0,6$, c'est-à-dire que le poids qui correspond à l'état d'élasticité est le 10^e de celui de la résistance directe.

**Résistance des bois soumis à un effort transversal
qui tend à en opérer la rupture**

Quand un corps est soumis à un effort de ce genre, il éprouve une extension dans une partie de son étendue et une compression dans l'autre. Entre ces deux parties, il existe une file de fibres invariables.

Le calcul et l'expérience indiquent que le poids qui opère la rupture d'une pièce prismatique rectangulaire augmente en raison directe de la largeur et du carré de l'épaisseur, et en raison inverse de la longueur. En introduisant ces éléments dans une équation entre ces quantités, avec un facteur constant R dépendant de la ténacité de chaque bois et déterminé par l'expérience, on obtient des formules très avantageuses dans la pratique,

F désignant la résistance au point de rupture,
a, la largeur horizontale,
b, l'épaisseur,
 Et R, le nombre relatif à la ténacité,

On a :

Pour une section rectangulaire. $F = \frac{R a b^2}{6}$

Pour une section carrée. . . . $F = \frac{R a^3}{6}$

Pour une section carrée, mais
 dressée suivant une diagonale. $F = \frac{R r^3}{6\sqrt{2}}$

Pour une section circulaire . . $F = \frac{R \pi r^3}{4}$

Pour une section annulaire . . $F = \frac{R \pi (r^4 - r'^4)}{4 r}$ (1).

Pour utiliser ces formules, on considère quatre cas relativement à la position des points d'appui qui supportent la pièce, et, pour chaque cas, on détermine la puissance F' qui s'applique au point de rupture en fonction de la valeur de l'effort P' , et la longueur L de la poutre étant :

1° La barre encastrée par une extrémité . $F' = \frac{PL}{4}$

2° La barre supportée en son milieu . . . $F' = \frac{PL}{8}$

3° La barre supportée par ses extrémités . $F' = \frac{PL}{16}$

4° La barre encastrée à ses deux extrémités. $F' = \frac{PL}{32}$

Comme, au moment de la rupture, il y a égalité entre la puissance F' et la résistance F , en égalant dans chaque cas ces deux valeurs, on aura une équation d'où on déduira aisément la valeur de P .

(1) r étant le rayon extérieur, et r' le rayon intérieur.

Il suffit pour cela de connaître la valeur de R ; car les nombres L , ab , r , etc., étant déterminés dans chaque cas, on a trouvé par expérience que, quand on prend pour unité linéaire le centimètre, le nombre R avait deux sortes de valeurs qui correspondent à deux cas distincts.

Pour qu'il n'y ait pas de déformation :

Faites $R = 140$ kilog.	dans le chêne.
$= 500$	dans le sapin.
$= 500$	dans le fer forgé.
$= 120$	dans la fonte de fer.

Les valeurs de R , au moment de la rupture, sont :

Pour le chêne,	690.
Pour le sapin,	2,800.
Pour le fer forgé,	6,060.
Pour la fonte de fer,	610.

Pour employer les formules ci-dessus, on prend habituellement des dimensions cinq fois plus fortes que ce que l'on trouve pour minimum, afin d'éviter les chances de rupture, et cela s'obtient indirectement en introduisant dans les formules à la place de P , des nombres cinq fois plus grands.

Pressions transversales perpendiculairement à la longueur des poutres, et dimensions à donner aux solides pressés par des forces de cette nature.

Lorsqu'une poutre est encastrée par une de ses extrémités, et qu'on veut déterminer les dimensions de son équarrissage, si l'on tient compte du poids de la poutre, voici la formule qu'on doit employer :

$$nab^2 = \left(P + \frac{\rho c}{2} \right) c$$

Dans cette formule :

P représente l'effort exercé sur la poutre perpendiculairement à sa longueur ;

c , la longueur de la partie non encastree jusqu'au point où agit l'effort P : c'est ce que l'on appelle son bras de levier ;

p , le poids du mètre courant de la poutre en kilogrammes ;

b , l'épaisseur du solide, ou dimension parallèle à la direction de l'effort ;

a , la largeur du même, ou la dimension perpendiculaire à b ;

n , nombre qu'on peut, avec toute sécurité, remplacer par 100000, quand il s'agit de chêne ou de sapin ; par 1000000, quand il s'agit d'une barre de fer ; et par 1250000, quand c'est une barre de fonte.

Dans ce calcul, les poids ou pressions doivent être évalués en kilogrammes, et les dimensions linéaires en mètres.

Quand on peut négliger le poids de la poutre, la formule à employer est $nab^2 = Pc$, dans laquelle n a les mêmes valeurs que ci-dessus.

Quand la charge est uniformément répartie, il suffit de l'ajouter au poids et d'employer la formule

$$nab^2 = \frac{pc^2}{2}$$

dans laquelle p représente la charge et le poids de la poutre réunis, et le nombre $n = 200000$ pour le chêne ou le sapin, 2000000 pour le fer, et 2500000 pour la fonte.

Ces formules donnent des dimensions supérieures pour le fer que pour la fonte ; cependant, malgré

sa flexibilité, le fer doit être préféré pour les pièces exposées à des chocs ou à des vibrations considérables.

Relation entre la largeur et l'épaisseur des poutres. — Dans les applications des trois formules ci-dessus, on peut établir *a priori* une relation quelconque entre les deux dimensions a et b , c'est-à-dire entre la largeur et l'épaisseur de la poutre dont on s'occupe; mais quand il s'agit de charpente, il faut faire $a = \frac{5}{7} b$: à moins qu'on ne le puisse, c'est ce qui convient le mieux. Par économie, on peut refendre les pièces de bois destinées à être employées dans les constructions, et faire alors $a = \frac{1}{2} b$.

Cas où la section transversale est un carré. — Il suffit, pour passer du cas précédent à celui-ci, de faire $a = b$ dans les formules ci-dessus.

Cas où la section est un cercle. — Il faut remplacer ab^2 par d^3 et donner à n les valeurs suivantes: 39905 pour le chêne ou le sapin; 589050 pour le fer, et 736312 pour la fonte.

Poutres et solides prismatiques posés librement sur deux appuis: cas où l'on tient compte du poids de la poutre.

Par cette circonstance, la formule est encore:

$$nab^2 = \left(P + \frac{Pc}{2} \right) c$$

comme dans le cas analogue des poutres encadrées; mais ici c'est $2P$ qui représente la charge ou l'effort

exercé, et $2c$, la distance entre les appuis. $n = 100000$ pour les bois, 1000000 pour le fer, et 1250000 pour la fonte.

Quand on peut négliger le poids de la poutre. — En employant les mêmes notations, la formule est : $nab^2 = Pc$, en faisant $n = 100000$ pour les bois, 1000000 pour le fer, et 1250000 pour la fonte.

Quand la charge est uniformément répartie, il faut l'ajouter au poids de la poutre, représenter le tout par p , et employer la formule $nab^2 = pc^2$, en y faisant $n = 200000$, 2000000 ou 2500000 , suivant que le prisme est en bois, en fer ou en fonte.

Il y a bien entendu, à faire ici les mêmes remarques que pour les solides encastés, relativement au rapport à établir entre les dimensions a et b .

Cas où la section transversale est un carré. — Mêmes notations, avec $n = 100000$ pour les bois, 1000000 pour le fer, et 1250000 pour la fonte.

Si la charge est au milieu. . . $nb^3 = Pc$

La charge étant à des distances

$$l \text{ et } l' \text{ des points d'appuis . . } nb^3 = \frac{Pl l'}{c}$$

La charge étant répartie par

moitié, en deux points, à la

même distance l des points

d'appui $nb^3 = Pl$

La charge étant répartie sur une

$$\text{longueur } 2c' \text{ dont le milieu est } nb^3 = P \left(\frac{ll'}{c} - \frac{c'}{2} \right)$$

Cas où la section est un cercle ou un polygone régulier. — Les formules, dans ce cas, sont les mêmes que dans le cas précédent, en y changeant toutefois nb^3 en $58905 d^3$, pour le bois, en $589050 d^3$, pour le fer, et en $736312 d^3$, pour la fonte.

Poutres et autres solides prismatiques encastés par les deux extrémités

La résistance, dans ce cas, est deux fois plus grande que quand les prismes reposent simplement et librement sur les appuis : il suffit donc de remplacer, dans les formules du cas précédent, la lettre P , moitié de la charge, par $\frac{P}{2}$, quart de la charge, pour avoir les formules relatives au cas dont il s'agit. Ces formules, ainsi modifiées, deviennent pour les bois de chêne ou de sapin :

Si la section est rectangulaire :

En tenant compte du poids de
la poutre $nab^2 = \left(\frac{P + pc}{2}\right) \times c$

Quand on peut négliger ce poids : $nab^2 = \frac{Pc}{2}$

n égalant 100000 dans les deux cas.

Quand la charge est uniformément répartie, c'est la même formule que la dernière, mais $n = 200000$ et P représente alors la charge entière ajoutée au poids de la poutre.

Si la section est carrée :

Et la charge au milieu . . . $nb^3 = \frac{Pc}{2}$ (n égalant 100000)

La charge étant à des dis-
tances l et l' des appuis. $nb^3 = \frac{Pl'}{2c}$ (même valeur pour n)

La charge, répartie par moi-
tié, étant à la même dis-
tance l des appuis . . . $nb^3 = \frac{Pl}{2}$ (même valeur pour n)

La charge étant répartie sur
une longueur $2c'$, dont le
milieu est aux distances l

et l' des appuis. $nb^3 = \frac{P}{2} \left(\frac{ll'}{c} = \frac{c'}{2} \right)$ (idem.)

Si la section est un cercle ou un polygone régulier :

Les diverses formules du cas où la section est carrée sont encore applicables, en y remplaçant toutefois nb^3 par $38905 d^3$.

Application des formules précédentes

1^{er} Exemple. — Quelles doivent être la hauteur et la largeur d'une pièce de bois qui est encadrée à l'une de ses extrémités, et qui doit porter à l'autre une charge de 750 kilogrammes placée à 1^m75 du point d'encastrement?

En donnant à n sa valeur, la formule applicable à ce cas, si l'on ne tient pas compte du poids de la poutre, est de $100000 ab^2 = Pc$. Dans laquelle nous devons faire $a = \frac{3b}{7}$ et remplacer P par 750

et c par 1.75 ; en faisant ces substitutions, on trouve $\frac{500000 b^3}{7} = 750 \times 1.75$, d'où $b^3 = \frac{750 \times 1.75 \times 7}{500000}$;

enfin, $b = \sqrt[3]{\left(\frac{750 \times 1.75 \times 7}{500000} \right)}$; cela donne pour b^3 le nombre 0.0184. et pour b , le nombre 0.264. Ainsi, la hauteur $b = 0^m264$, et, par conséquent, la largeur $n = 0^m189$.

Si l'on voulait tenir compte du poids de la poutre, il faudrait calculer le poids de toute la partie

non encastrée, et se servir de la formule $\frac{300000 b^3}{7}$
 $= \left(P + \frac{p c}{2} \right) c$, ce qui serait plus compliqué,
 mais pas plus difficile.

Remarques générales relatives au poids des poutres qui doivent entrer dans les formules. — Quand les dimensions sont connues, pour avoir le poids, on commence par évaluer le volume et l'on multiplie ce volume par le poids spécifique. Mais quand on voudra, comme dans le cas qui nous occupe, tenir compte du poids p d'une poutre dont les dimensions a et b ne sont pas connues, puisque c'est de leur détermination qu'on s'occupe, voici en peu de mots ce qu'il faudra faire : on calculera d'abord, comme nous venons de le faire, les dimensions de la poutre en négligeant le poids. On le déterminera approximativement d'après cette première recherche, et, en ajoutant la moitié de ce poids approché à la charge P , on fera le calcul nécessaire pour avoir les nouvelles valeurs des dimensions a et b , qui, obtenues ainsi, seront suffisamment exactes.

Ayant fait cette remarque, qui peut s'appliquer à tous les cas où le poids propre du corps ou bien une charge uniformément répartie sur sa longueur pourrait avoir une influence notable sur sa résistance, nous nous bornerons, dans tous les exemples qui suivent, à tenir compte seulement de la charge extérieure P .

2° *Exemple.* — Quel doit être l'équarrissage d'une pièce de bois à section carrée encastrée à l'une de ses extrémités et chargée à l'autre de 2000 kilo-

grammes : la distance c de la charge au point d'encastrement égalant 1^m50 ?

La formule de ce cas donne $100000 b^3 = 2000 \times 1.50$, donc $b^3 = 0.030$, et par suite $b = 0.311$ millimètres.

3^e *Exemple.* — Quelles doivent être l'épaisseur et la largeur d'une poutre posée librement sur deux appuis, et destinée à supporter dans son milieu une charge de 3500 kilogrammes ; la distance des appuis étant de 4 mètres ?

Ici, P ne représente que la moitié du poids ; car c'est $2P$ qui, dans les formules de ce cas, représente la distance des appuis. En supposant donc, comme il le faut, $a = \frac{5}{7}$ de b , la formule du cas devient

$$\frac{500000 b^3}{7} \text{ ou } 71429 b^3 = Pc, \text{ mais } P = \frac{3500}{2} \text{ ou}$$

$$1750 c = \frac{4^m}{2} = 2^m, \text{ donc } b^3 = \frac{1750 \times 2}{71429} 0,0489,$$

et, par conséquent, $b = 0,366$, d'où $a = 0,261$; ainsi, l'épaisseur doit être de 366 millimètres et la largeur de 261.

4^e *Exemple.* — Quelle doit être l'épaisseur b d'une poutre posée librement sur deux appuis distants de 6 mètres et supportant une charge de 3000 kilogrammes par mètre courant ? On a $p = 3000$ kil., $c = 6$ mètres, et si l'on pose $a = \frac{5}{7} b$, la formule

$$\text{donnera } b^3 = \frac{3000 \times 9}{142858} = 0,189, \text{ d'où } b = 0^m574$$

millimètres.

5^e Exemple. — Quel doit être le côté de la section carrée d'une barre en fonte dont la longueur $2c = 1$ mètre, supportant un effort $2P = 750$ kilogrammes, agissant à des distances $l = 0^m40$ et $l' = 0^m60$ des points d'appui ?

La formule donne $b^3 = \frac{375 \times 0,40 \times 0,60}{1250000 \times 0,50} = 0,000144$,
d'où $b = 0^m0324$, c'est-à-dire 52 millimètres $\frac{1}{10}$.

6^e Exemple. — Quel doit être le côté du carré d'une pièce de bois de la longueur $2c = 4$ mètres, supportant une charge $2P = 12000$ kilogrammes répartie par moitiés en deux points situés à la même distance $l = 0,6$ des appuis ?

La formule applicable ici donne $b^3 = \frac{6000 \times 0,6}{100000} = 0,036$, d'où $b = 0^m330$.

7^e Exemple. — Quel doit être le diamètre d'un arbre en fer forgé dont la longueur $2c = 1^m5$, supportant un effort $2P = 360$ kilogrammes, agissant à des distances $l = 0,70$ et $l' = 0,80$ des points d'appui ?

D'après la formule, $d^3 = \frac{180 \times 0,7 \times 0,8}{589050 \times 0,75} = 0,000228$,
d'où $d = 0^m0611$.

Formules pour calculer la flexion que prennent les corps de formes prismatiques

Il est souvent nécessaire de calculer la flexion que prendra un support sous une charge donnée bien inférieure à celle qu'il peut supporter avec sécurité, ou, ce qui revient au même, de déterminer les dimensions du corps de façon que la flexion

ne dépasse pas de certaines limites. Nous ne consignerons pas ici les principes généraux de la théorie et de l'expérience sur la résistance des matériaux à la flexion. Nous nous contenterons de l'indication des formules dont l'emploi se présente le plus fréquemment. Ceux qui voudraient plus de détails à ce sujet, comme au sujet de la résistance à la rupture des arbres de couche avec noyaux en fonte, nervure, etc., trouveront tout ce dont ils pourraient avoir besoin dans l'*Aide-Mémoire mécanique et pratique*, par Arthur Morin, du Conservatoire des Arts et Métiers, etc.

En désignant par f la longueur de la flèche (1) qui sert de mesure à la flexion, et en conservant aux nombres P , p et c les mêmes significations que dans les formules analogues relatives à la résistance des poutres à la rupture, on a les formules suivantes :

Pour un solide encasté par un bout et soumis à un des efforts de flexion transversale perpendiculairement à sa longueur.

Quand on peut négliger le poids du solide,

$$f = \left(\frac{P \times 3/8 p c}{n a b^3} \right) \times c^3,$$

dans laquelle, pour les bois, $n = 250000000$ pour le fer, $n = 5000000000$, et pour la fonte, $n = 2750000000$.

Quand on peut négliger le poids du solide,

$$f = \frac{P c^3}{n a b^3}$$

(1) Cette flèche doit être exprimée en mètres et mesurée au bout des solides pour ceux qui sont encastés par une extrémité, et au milieu de la longueur pour les solides portés par deux appuis, ou encastés par les deux bouts.

(mêmes valeurs de n). En général, une charge uniformément répartie sur un solide encastré par un bout, produit la même flexion qu'un poids égal aux $\frac{3}{8}$ de sa valeur placé à l'autre extrémité, quelle que soit la section constante du solide.

Quand le solide est cylindrique et encastré par un bout, $f = \frac{Pc^3}{nd^4}$ (n égalant 147000000 pour les bois, 2940000000 pour le fer, et 1617000000 pour la fonte).

Si le cylindre est creux, $f = \frac{Pc^3}{(nd^4 - d'^4)}$ (d étant le diamètre extérieur, d' l'intérieur, et n le même nombre que ci-dessus).

Solides posés sur deux appuis

$2P$ représentant la charge et $2c$ la distance horizontale des appuis, si la charge agit verticalement au milieu de la longueur, il faut employer les mêmes formules que dans les cas des solives encastrées par un bout.

Solide à sections rectangulaires posé sur deux appuis et chargé en un point quelconque de sa longueur,

$f = \frac{Pl^2l'^2}{nab^3c}$ (n valant 250000000 pour les bois, 5000000000 pour le fer, et 2750000000 pour la fonte : l et l' ayant leurs significations ordinaires.

Cas où l'on tient compte du poids du solide. — Si le corps était chargé d'un poids $2P$ en son milieu, il faudrait ajouter au poids P moitié de la charge, $\frac{5}{8}p \times 2c$, ou les $\frac{5}{8}$ de la charge uniformément répartie.

Solides encastres par les deux bouts et chargés au milieu de leur longueur

La flexion des solides situés dans ce cas est égale à $1/4$ de celle d'un solide pareil librement posé sur deux appuis et soumis à la même charge.

Applications

1^{re} Exemple. — Quelle est la flexion que prend à son extrémité une pièce de chêne encastree par un bout et chargée à 4 mètres de l'encastrement d'un poids de 750 kilogrammes, sa largeur = 0^m20 et sa hauteur = 0^m30 ?

Le poids de la pièce est $pc = 800 \times 0,2 \times 0,3 \times 4 = 192$ kilog., et la formule ci-dessus donne :

$$f = \frac{(750 + 3/8 \times 192) \times 64}{300000000 \times 0,20 \times 0,027} = 0^m003,$$

c'est-à-dire 3 mill.

2^e Exemple. — Quelle est la flexion que prend une pièce de bois de chêne de 0,40 de largeur sur 0,50 d'épaisseur, chargée de 9000 kilogrammes par mètre courant, sa longueur étant de 3^m28 ?

La formule donne :

$$f = \frac{9000 \times (3,28)^4}{800000000 \times 0,40 \times (0,50)^3} = 0,0261.$$

3^e Exemple. — Quelle est la flexion que prend un arbre cylindrique creux en fonte, encastree par un bout et chargé à l'autre de 5000 kilogrammes, sachant que $c = 2$ mètres, $d = 0,30$, et $d' = 0,18$. La formule donne :

$$f = \frac{5000 \times (2)^3}{1764000000 \{ (0,3)^4 - (0,18)^4 \}} = 0,0032.$$

Mais en voilà assez sur ce sujet ; les limites naturelles d'un manuel ne nous permettent pas de nous en occuper plus longtemps. Rappelons seulement, pour finir, que quand on veut tenir compte du poids du solide, on doit ajouter au poids, moitié de la charge, les $\frac{3}{8}$ de $p \times 2c$, qui représentent les $\frac{3}{8}$ de la charge uniformément répartie, et que dans le cas d'un double encastrement, avec charge et flèche au milieu, la flexion est le quart de ce qu'elle eût été si la poutre eût été simplement posée sur les appuis, au lieu d'y être doublement encastree.

Observation

Comme il pourrait se faire que le lecteur fût peu habitué à se servir des formules, nous avons cru devoir reproduire ici le chapitre sur la résistance des bois tel qu'il était dans les anciennes éditions.

Les bois ne sont susceptibles que d'une extension et d'une compression limitées, au delà desquelles ils se déchirent ou s'écrasent.

Rien n'est peut-être plus difficile à apprécier que la résistance que peut offrir un solide de bois dans ses différentes situations, parce que cette résistance est toujours subordonnée à une foule de causes qui contribuent à la faire varier. Ainsi, par exemple, on a remarqué que les chênes qui croissent dans la forêt de Fontainebleau offrent moins de résistance que ceux qui viennent des départements de l'Allier et de la Nièvre ; les uns, quoique très durs, se cassent avec une extrême facilité ; les autres, qui sont plus mous, présentent plus de force d'élasticité.

Buffon, Bélidor, etc., ont observé que la résistance variait avec l'état de l'air, par l'influence hygrométrique, c'est-à-dire en raison de l'humidité dont le bois se pénètre, humidité dont la quantité n'est point la même dans les morceaux pris au centre, à la circonférence, à la base, au sommet et aux branches d'un même arbre. C'est là ce qui explique les différences dans les résultats obtenus par le grand nombre d'expériences qui ont été faites sur les bois. Cette force dépend encore des qualités et de la nature des fibres ligneuses, de l'âge de l'arbre et de la quantité d'aubier qui s'y trouve ; aussi avons-nous dit, en parlant de la contexture des bois, qu'il était important de connaître la disposition des couches concentriques qui les forment, pour bien apprécier leur résistance, surtout quand il s'agit de pièces de petites dimensions. Nous avons vu, en effet, que les réseaux qui séparent les couches ligneuses sont d'une matière plus tendre, plus poreuse que ces couches elles-mêmes ; on conçoit donc que de deux pièces de même bois et d'égales dimensions, celle-là sera la plus résistante qui aura le moins de couches, puisqu'alors elle sera plus compacte, et que la force est en proportion du poids spécifique.

M. Navier fait remarquer avec raison que, dans les bois, on doit considérer deux qualités principales : la force d'*élasticité*, qui est la résistance que le bois oppose lorsqu'on veut l'allonger ou l'accourcir d'une très petite quantité ; et la *résistance à la rupture*, qui est l'effort qu'il faut faire pour écraser les fibres en agissant par compression, ou pour en séparer les fibres en agissant par extension,

La force d'élasticité est importante à connaître, parce qu'elle donne les moyens de calculer la quantité dont une pièce de charpente peut se comprimer, s'allonger ou fléchir sous un poids donné.

La résistance à la rupture peut servir à déterminer la limite du poids qu'une pièce peut supporter. Mais, dans les constructions, il faut bien remarquer qu'il s'agit moins de connaître le poids qui rompt une pièce que celui dont on peut la charger sans que l'altération qu'elle subit augmente avec le temps. C'est donc cette limite qu'il est important de connaître, et qu'on ne peut pas dépasser sans danger.

Pour régler les dimensions des bois employés dans les constructions, on doit être assuré non seulement que les forces qui agissent sur chaque pièce n'en causeront pas immédiatement la rupture ; mais encore que l'action permanente ou fréquemment répétée de ces forces ne produira point dans les parties des édifices des altérations qui puissent faire des progrès et en amener la destruction. L'on doit donc, autant qu'il est possible, disposer les constructions de manière à n'y laisser d'autres causes de dépérissement que celles qui dépendent des détériorations occasionnées par le temps, et s'efforcer de prévenir ces altérations par des procédés d'entretien, tels que ceux dont nous parlons dans cet ouvrage.

La résistance des bois présente donc deux questions bien distinctes : 1^o celle où il s'agit de trouver le poids qui peut faire rompre une pièce de bois de dimensions, de position et de nature données ; 2^o celle où il s'agit de trouver les différentes flèches

des courbures que prend une pièce de bois, également de position, de dimensions et de nature données, lorsqu'elle est successivement chargée de différents poids.

On peut résoudre ces deux questions d'une manière satisfaisante pour la pratique, en s'appuyant des résultats d'un grand nombre d'expériences. Il est à regretter, toutefois, qu'il n'en existe point de spéciales, qui puissent donner avec certitude la limite de la charge à laquelle une pièce de bois peut être exposée, sous la condition que cette charge ne devra pas causer une flexion qui soit capable d'altérer son élasticité naturelle; en sorte que la pièce, étant débarrassée du poids de sa charge, reprenne la forme qu'elle avait avant d'être chargée, et que la courbure n'augmente pas avec le temps. Cette condition serait cependant indispensable à remplir dans les constructions qui doivent être durables. Les praticiens prudents la remplissent, en ne faisant supporter aux bois qu'une charge beaucoup au-dessous de celle qui amènerait la rupture, ainsi que nous le ferons connaître, après avoir indiqué les différents moyens d'apprécier la résistance des bois dans les diverses positions qu'on leur donne.

Résistance des bois considérés dans diverses positions

Une pièce de bois peut opposer de la résistance à un effort qui tend à la faire fléchir ou à la faire rompre, et cela peut avoir lieu principalement de trois manières différentes, ainsi que nous allons le faire voir.

1° L'effort peut être dirigé perpendiculairement à la longueur de la pièce. Dans ce cas, elle peut céder en ployant, de manière que les fibres de la face inférieure ou convexe s'allongent, et que celles de la face supérieure ou concave s'accourcissent ou se compriment : alors, la rupture résultera de la trop grande extension ou de l'allongement de certaines fibres, ainsi que de la trop grande compression ou de l'accourcissement de certaines autres dont la séparation ou l'écrasement auront été déterminés par l'effort exercé sur la pièce de bois.

2° L'effort peut être dirigé dans le sens de la longueur de la pièce, de manière à accourcir ou à comprimer ses fibres. Dans ce cas, nous remarquerons qu'elle peut céder en ployant, en rompant ou en s'écrasant.

3° Enfin, l'effort peut être dirigé dans le sens de la longueur de la pièce, de manière à l'*étendre*. Dans cette troisième hypothèse, la pièce de bois ne peut céder qu'en s'allongeant et en se rompant ensuite.

Résistance horizontale à la rupture

La résistance horizontale à la rupture est l'effort qu'il faut faire pour rompre une pièce de bois placée horizontalement, ou comprimée parallèlement à la direction de ses fibres.

Elle dépend évidemment de la forme de l'équarrissage au point de rupture, et la théorie et l'expérience s'accordent pour confirmer qu'elle est à la fois proportionnelle à la largeur de la pièce de bois et à la seconde puissance ou carré de son épaisseur ; de plus, les poids qui peuvent faire rompre

deux pièces de même équarrissage varient en raison inverse de la longueur de ces deux pièces.

La résistance horizontale à la rupture peut être éprouvée dans diverses circonstances :

1° En supposant la pièce fixée à l'une de ses extrémités, et en appliquant le poids à l'autre extrémité ;

2° La pièce étant dans les mêmes circonstances, mais le poids étant réparti uniformément sur toute la longueur de la pièce ;

3° En la supposant librement placée sur des appuis inébranlables, à ses deux extrémités, et en appliquant le poids en son milieu ;

4° En la supposant placée comme ci-dessus, mais le poids dont on la charge étant également réparti sur toute la longueur au lieu d'être placé au milieu ;

5° En supposant la pièce appuyée solidement et scellée par ses deux extrémités, la charge étant placée au milieu ;

6° En plaçant la pièce comme il vient d'être dit, mais la charge étant répartie uniformément sur toute la longueur.

De ces diverses positions, il résultera, comme nous l'avons dit, qu'une pièce de bois de même nature et de même densité supportera des poids très différents avant de se rompre. A l'aide des expériences faites en Angleterre, et qui ont confirmé celles de Buffon, Parent, Girard, etc., Barlow a calculé la valeur d'une constante relative à la résistance par chaque centimètre carré de section transversale, pour différentes natures de bois ; nous en avons extrait les suivantes :

Pour le bois de chêne, la constante est de	117 kilog.
Pour le pin du Nord ou de Riga	76
Pour le sapin pesse ou de Norwège	115
Pour le mélèze.	70
Pour l'orme	71
Pour le frêne	142
Pour le hêtre	109

Ces quantités supposent les poids spécifiques égaux à ceux que nous avons indiqués page 131 : dans le cas où ils ne seraient pas les mêmes, il faudrait changer les quantités ci-dessus dans le même rapport que les poids spécifiques.

Barlow a donné également un certain nombre de règles, pour trouver les poids qui doivent faire rompre une pièce de bois d'un équarrissage et d'une longueur donnés, dans les différents cas que nous avons indiqués.

Première règle

Pour le premier cas, celui où la pièce est encastree à l'une de ses extrémités et chargée à l'autre, il faut pour trouver le poids qui doit faire rompre la pièce, multiplier le nombre indiqué ci-dessus, et correspondant à la nature du bois qu'on veut employer, puis diviser ce produit par la longueur : le quotient sera le poids cherché. Toutes les mesures doivent être exprimées en centimètres.

Premier exemple. — On demande quel poids il faut employer pour rompre une pièce de chêne de 7 centimètres de largeur, 10 centimètres d'épaisseur et de 800 centimètres ou 8 mètres de longueur ?

Pour le chêne, la quantité constante
est de 117 kilog.
La largeur multipliée par le carré
de l'épaisseur est $7 \times 10^2 = . . .$ 700
 $700 \times 117 =$ 81900
Le poids cherché = $\frac{81900}{800} = . .$ 102 environ.

Deuxième exemple. — On demande de trouver le poids nécessaire pour rompre une pièce de bois de mélèze, fixée à une extrémité et chargée à l'autre, ayant 8 centimètres de largeur, 11 centimètres de hauteur et 400 centimètres ou 4 mètres de longueur ?

Pour le mélèze, la constante est de. 70 kilog.
La largeur multipliée par le carré
de l'épaisseur est $8 \times 11^2 = . . .$ 968
 $968 \times 70 =$ 67760
Le poids cherché = $\frac{67760}{400} = . .$ 169 kil. env.

Pour le deuxième cas, lorsque le poids supporté par la pièce est réparti uniformément sur toute la longueur, il faut un poids double pour la faire rompre ; ainsi, pour appliquer à ce cas la règle donnée ci-dessus, il faut multiplier par 2 le résultat obtenu.

Deuxième règle

Pour le troisième cas, en supposant la pièce supportée librement à ses deux extrémités et chargée en son milieu, quel poids faudra-t-il pour la faire rompre ?

Multipliez la quantité constante par quatre fois la largeur de la pièce et par le carré de son épais-

seur, puis divisez ce produit par la longueur, le quotient sera le poids cherché.

Premier exemple. — On demande quel poids il faudra employer pour rompre une pièce de chêne de 5 centimètres de largeur, 7 centimètres d'épaisseur et de 260 centimètres ou 2^m60 de longueur, supportée à chaque extrémité, le poids étant placé au milieu de la pièce ?

Pour le chêne, la constante est de .	417 kilog.
Quatre fois la largeur = $4 \times 5 =$	20
Le carré de l'épaisseur = $7^2 =$	49
Quatre fois la largeur multipliée par le carré de l'épaisseur = $20 \times 49 =$	980
Ce produit $980 \times 117 =$	114660
Le poids cherché = $\frac{114660}{260} =$	441 kil. env.

Deuxième exemple. — Trouver le poids nécessaire pour rompre une pièce de bois de pin du Nord supportée à ses extrémités et chargée en son milieu, et ayant 16 centimètres de largeur, 21 d'épaisseur et 250 centimètres ou 2^m50 de longueur.

Pour le pin du Nord, la constante est de	76 k. env.
Quatre fois la largeur = $4 \times 16 =$	64
Le carré de l'épaisseur = $21^2 =$	441
Quatre fois la largeur, multipliée par le carré de l'épaisseur = 64×441 =	28224
Ce produit $28224 \times 76 =$	2145024
Le poids cherché = $\frac{2145024}{250} =$	8580 k. env.

Pour le quatrième cas, lorsque la pièce est char-

gée uniformément sur toute sa longueur, la même seconde règle est applicable en doublant le résultat.

Pour le cinquième cas, si la pièce est encastrée à chaque extrémité, et la charge placée au milieu, le résultat obtenu par la seconde règle devrait être multiplié par 3 et divisé par 2.

Pour le sixième cas, lorsque la pièce est encastrée à ses deux extrémités et chargée uniformément sur toute sa longueur, il faut seulement multiplier par 3 le résultat obtenu par la seconde règle.

Il résulte de ce qui précède, que les poids qui occasionnent la rupture dans les différentes circonstances que nous venons d'examiner sont :

Pour des pièces placées sur des appuis et chargées au milieu, comme	1
<i>Idem</i> chargées uniformément sur toute la longueur	2
Pour des pièces encastrées aux deux extrémités et chargées au milieu, comme. . .	2/3
<i>Idem</i> chargées également sur toute leur longueur	3

Résistance à la flexion des bois placés horizontalement

Nous avons dit que la résistance à la flexion est une des choses les plus importantes à connaître dans les constructions, afin que l'action permanente ou fréquemment répétée d'un poids ne produise pas dans les charpentes des altérations qui en détruisent la stabilité. Les expériences faites en grand nombre par Barlow l'ont mis à même de calculer, pour différents bois de construction,

la valeur d'une constante applicable au commencement de courbure que prennent les bois chargés d'un poids donné; et il est parvenu à établir des règles pour la solution de quelques problèmes de pratique très importants.

Pour avoir une idée précise de cette constante, on peut supposer qu'on ait placé sur deux appuis une pièce de bois de 1 centimètre de longueur, 1 centimètre de largeur, et de 1 centimètre d'épaisseur, et qu'on ait cherché le poids en kilogrammes, qui eût pu donner à cette pièce de bois une courbure de 1 centimètre de flèche.

La valeur de cette constante est :

Pour le chêne	407260
Pour le pin du Nord	372775
Pour le sapin pesse ou de Norwège . . .	343730
Pour le mélèze	280180
Pour l'orme	196350
Pour le frêne.	461580
Pour le hêtre.	379970

La règle donnée par Barlow pour trouver les flèches de courbure des pièces de bois prismatiques à bases rectangulaires, encastrées à l'une de leurs extrémités, et chargées à l'autre d'un poids donné, est celle-ci :

1° *Multipliez la constante par la largeur et par le cube de l'épaisseur de la pièce donnée, ces mêmes dimensions étant réduites en centimètres ;*

2° *Multipliez aussi le cube de la longueur en centimètres par le poids de la charge évalué en kilogrammes, et encore ce produit par 32 ;*

3° *Divisez le dernier produit par le premier pour avoir la flèche demandée.*

Exemple. On demande quelle sera la flèche de courbure d'une pièce de chêne de 10 centimètres d'équarrissage et de 100 centimètres (1 mètre) de longueur, encastrée dans un mur, et chargée d'un poids de 100 kilogrammes placé à son extrémité ?

Pour le chêne, la constante est de . . .	407260
La largeur 10 \times le cube de l'épais- seur 10 =	10000
Premier produit = 4072600000	
Le cube de longueur = 100 ³ = . . .	1000000
Multiplié par le poids	100
Donne 100000000	
Le second produit sera 100000000	
$\times 32 =$	3200000000
La flèche demandée $\frac{3200000000}{4072600000} =$	0 centim. 79.

La même règle est applicable lorsque le poids est réparti uniformément sur toute la longueur, en multipliant toutefois le second produit par les $\frac{3}{8}$ de 32, au lieu de multiplier par 32.

La règle pour trouver les flèches de courbure des pièces de bois supportées à chaque extrémité et chargées d'un poids donné, placé au milieu est celle-ci.

1° Multipliez la constante par la largeur et par le cube de l'épaisseur ;

2° Multipliez aussi le cube de la longueur par le poids donné ; divisez alors le dernier produit par le premier pour avoir la flèche demandée.

Exemple. On demande la flèche de courbure d'une pièce de bois de chêne de 15 centimètres d'équarrissage, supportée sur deux appuis éloignés de

6 mètres et chargée au milieu d'un poids de 450 kilogrammes ?

Pour le chêne, la constante est de.	407260
La largeur 45 × le cube de l'épais- seur = 45 ³ =	50625
Premier produit =	<u>20617337500</u>
Le cube de la longueur = 600 ³ =	216000000
Multiplié par le poids.	<u>450</u>
Donne pour second produit	97200000000
La flèche demandée	$\frac{97200000000}{20617337500} = 4 \text{ centim. } 70.$

Si la pièce était encadrée à chaque extrémité, la flèche ne serait que les 2/3 de celle qu'on a trouvée par la règle précédente.

La même règle est applicable lorsque le poids est distribué uniformément sur toute la longueur de la pièce, pourvu qu'on ait soin de multiplier la flèche trouvée par 5/8.

Tous les résultats obtenus doivent être modifiés dans le rapport des poids spécifiques, lorsque le poids spécifique de la pièce de bois dont on cherche la flèche de courbure, n'est pas le même que celui qui est indiqué page 131.

Résistance à une pression dirigée dans le sens de la longueur des pièces de bois

Le rapport des dimensions de la base, autrement dit de l'équarrissage d'une pièce de bois avec sa longueur, détermine si elle ploiera ou si elle rompra étant chargée d'un certain poids ; c'est-à-dire

que si la longueur est très petite, relativement à l'équarrissage, elle ne cédera pas en ployant, mais elle s'écrasera : cela aura lieu toutes les fois que la longueur d'une pièce n'aura pas plus de six fois son épaisseur. Si la longueur dépasse cette limite, au lieu de s'écraser, elle fléchira ou se rompra. On doit donc considérer successivement, dans les bois posés verticalement ou debout, la résistance à l'écrasement et celle à la flexion.

Résistance à l'écrasement

Lorsqu'une pièce de bois de chêne est trop courte pour pouvoir ployer, la force qu'il faut pour l'écraser est de 385 à 462 kilogrammes par centimètre carré de sa base ou de son équarrissage. Pour le bois de sapin, elle varie de 462 à 538 kilogrammes, c'est-à-dire que celui-ci est d'un cinquième environ plus fort que le premier. Enfin, une pièce de bois dont la hauteur aurait cent fois le diamètre de sa base ne pourrait supporter le moindre poids sans ployer.

Des cubes de chacun de ces bois mis en expérience ont diminué de hauteur en se refoulant sans se désunir, ceux en bois de chêne de plus d'un tiers, et ceux en sapin de moitié.

Une pièce de bois, quelle que soit sa nature, perd beaucoup de sa force lorsqu'elle commence à fléchir ; c'est donc cette limite qu'il faut connaître pour ne pas la dépasser. Il est conséquemment inutile de rechercher le poids sous lequel une pièce de bois posée debout romprait.

Résistance des bois debout à la flexion

Comme, dans la pratique, la condition indispensable à remplir, est de ne pas charger les bois au delà du poids qui pourrait produire un commencement de flexion, nous allons donner, d'après Barlow, les solutions de quelques questions de pratique fondées sur des expériences et sur ses calculs.

Trouver le poids sous lequel une pièce de bois rectangulaire commence à fléchir, lorsqu'elle est pressée dans la direction de sa longueur.

Règle

1^o Multipliez la constante

Pour le bois de chêne	407260
Pour le pin du Nord ou de Riga	372775
Pour le sapin pesse ou de Norwège.	343730
Pour le mélèze	280180
Pour l'orme	196350
Pour le frêne.	461580
Pour le hêtre.	379970

par le cube de la moindre épaisseur, puis par la plus grande épaisseur, et enfin ce produit par le nombre constant 0,2036.

2^o Divisez ce produit par le carré de la longueur de la pièce : le résultat de cette division sera le poids cherché.

Exemple

On demande le poids qu'il faut employer pour faire fléchir une pièce de chêne de 3 centimètres de largeur, 5 centimètres d'épaisseur, et 200 centimètres, ou 2 mètres de longueur ?

Pour le chêne, la constante est de	407260
Le cube de 3 (petite épaisseur).	27
407260 \times 27	10996020
<hr/>	
10996020 \times 3 (plus grande épaisseur)	54980100
54980100 \times 0,2056	11303909
Le carré de la long ^r de la pièce 200 ²	40000
Le poids cherché sera $\frac{11303906}{40000}$	282 ^{kg} 60

Fourier fait remarquer que les résultats obtenus par la règle ci-dessus n'ont pas été exactement confirmés par des expériences faites avec beaucoup de soin par Lamandé, expériences d'où il semblerait résulter que les bois commencent à fléchir sous des charges moindres que celles qui sont obtenues par le calcul.

Mais comme, dans la pratique, il est prudent de rester au-dessous des charges qui pourraient occasionner un dérangement dans la stabilité d'une charpente, et que d'ailleurs il peut se rencontrer dans les bois des défauts qui en diminuent la résistance, on devra se conformer aux règles de Rondelet, qui prescrit de ne jamais donner en hauteur plus de dix fois le diamètre ou la largeur de la base, et de ne compter la force d'une pièce de bois chargée verticalement qu'à raison de 50 kilogrammes par chaque centimètre carré de la surface de sa base.

Si la base d'un poteau était un rectangle, au lieu d'un carré, il faudrait, pour déterminer la plus grande hauteur à donner à ce poteau, prendre la racine carrée de la surface de la base, et la considérer comme le côté d'un carré parfait.

On trouvera à faire, dans les constructions, de

nombreuses applications de tout ce qui précède, par exemple, dans l'emploi des bois placés *debout* ou *verticalement*, tels que les *pilots*, les *poteaux corniers*, les *poinçons*, etc.

Résistance à la rupture produite par un effort dirigé dans le sens de la longueur des fibres du bois, et tendant à allonger la pièce.

L'effet produit par un effort dirigé dans le sens de la longueur d'une pièce de bois de manière à *l'étendre*, ne peut se rapporter à aucune des lois de résistance : cependant on peut considérer comme vrai que la force avec laquelle les bois résistent à ce genre d'efforts, est proportionnelle au nombre des fibres ligneuses ou à l'aire de surface de la section transversale ; en supposant, toutefois, qu'il existe une parfaite homogénéité dans les bois, et que la longueur de la pièce n'influe en rien sur la force de traction. Les expériences faites à ce sujet ont toujours donné des résultats à peu près constants : ainsi, l'on a trouvé qu'il fallait pour rompre un morceau de bois, en le tirant par les deux bouts, ou en le suspendant verticalement et le chargeant inférieurement de poids capables de rompre les fibres et de les déchirer, savoir :

	kilog. par centim. carré de section transversale
Pour le bois de chêne	700
Pour le sapin	840
Pour le hêtre	800
Pour le frêne	1200

Ainsi, pour obtenir la force de résistance à la rup-

ture dans le sens de la longueur d'une pièce de bois de dimensions données, il faut *multiplier la surface de la base, ou la section transversale, ou l'équarrissage estimé en centimètres carrés, par le nombre correspondant à l'espèce de bois qu'on veut mettre en usage.*

On demande, par exemple, quel sera le poids qui fera rompre une pièce de bois de chêne de 8 centimètres sur 10 d'équarrissage ?

La surface de section ou de l'équarrissage est de :

$$8 \times 10 = 80 \text{ centimètres carrés.}$$

Le poids capable de rompre un faisceau de fibres dont la section transversale est de 1 centimètre carré étant de 700 kilogrammes, le poids demandé sera donc de :

$$80 \times 700 = 56,000 \text{ kilogrammes}$$

L'allongement du bois de chêne supportant une tension longitudinale de 1 kilogramme sur chaque millimètre carré de l'équarrissage est de $1/1000$, et la résistance à l'allongement est évaluée à 8 kilogrammes pour chaque millimètre carré de l'équarrissage : l'on voit donc que cette résistance est plus que double de la résistance à l'écrasement.

Flexion des bois au moment de la rupture

Fourier a ajouté au travail de Barlow les valeurs d'une constante pour trouver la flèche de courbure au moment de la rupture. Quoique la détermination de la longueur de cette flèche ne soit pas utile dans la pratique, puisqu'il ne s'agit, dans les constructions, que de connaître le poids dont

on peut charger les pièces de bois, sans occasionner une flexion sensible, nous croyons bien faire, afin de compléter toutes les questions sur la résistance des bois, de rapporter la règle suivante donnée par Fourier.

Pour trouver les flèches de courbure, au moment de la rupture, des pièces de bois supportées à chaque extrémité, *il faut multiplier une constante par l'épaisseur de la pièce, et diviser le carré de la longueur par ce produit.*

Voici les constantes pour les bois les plus en usage dans la charpente :

Pour le bois de chêne	435
Pour le pin du Nord ou de Riga	588
Pour le sapin pesse ou de Norwège	588
Pour le mélèze.	514
Pour l'orme.	509
Pour le frêne	595
Pour le hêtre	615

Exemple

On demande la flèche de courbure, au moment de la rupture, d'une pièce de chêne de 8 centimètres d'équarrissage et de 3 mètres de longueur ?

Pour le chêne, la constante est de	435
L'épaisseur est de	8

$$\text{Premier produit} = \underline{\underline{3480}}$$

$$\text{Le carré de la longueur} = 300^2 = 90000$$

$$\text{La flèche demandée sera } \frac{90000}{3480} = 25 \text{ centim. } 86.$$

Si la pièce était encastrée par une de ses extré-

Charpentier. Tome I.

mités, la flèche serait huit fois plus grande que celle donnée par la règle ci-dessus.

Fourier fait observer qu'on ne peut, quoi qu'il en soit, accorder qu'une faible confiance à ces résultats, parce que la loi des flexions devient très incertaine quand l'élasticité a cessé d'être parfaite, ce qui a lieu d'une manière très sensible, au moment de la rupture.

Application des règles précédentes à la pratique des constructions

Nous avons dit que, pour régler les dimensions des bois à employer dans les constructions, il fallait être assuré non seulement que le poids qui agit sur chaque pièce n'en causera pas la rupture, mais encore que l'action permanente ou fréquemment répétée de ce poids ne produira pas des altérations qui puissent faire des progrès et amener la destruction d'une charpente ; qu'enfin il ne doit y avoir d'autres causes de dépérissement que celles qui dépendent inévitablement de la nature même des matériaux mis en usage.

Pour remplir cette condition, les praticiens, après avoir calculé la charge qui causerait la rupture d'une pièce de bois donnée, ne lui font supporter qu'une charge beaucoup au-dessous de celle qui amènerait la rupture, et celle qu'ils adoptent alors varie du tiers au dixième de celle-ci.

La règle du dixième est celle qui est proposée par M. Rondelet : elle nous paraît un peu trop éloignée des charges qui produiraient la rupture, pour l'admettre dans toutes les constructions ; et

nous pensons que, dans bien des cas, on pourrait suivre celle du tiers indiquée par le savant praticien Gauthey, règle qu'il affirme pouvoir être suivie avec confiance dans la pratique. Cette règle est d'ailleurs confirmée par les expériences de Barlow, qui s'accordent pour reconnaître que « l'élasticité a été parfaite, et que la loi des flexions a toujours été confirmée, tant que le poids placé au milieu de la pièce pour produire les différentes flèches de courbure n'a pas dépassé le tiers du poids qui causerait la rupture ».

On peut conclure de cela qu'une pièce de bois peut supporter, sans inconvénient, le tiers du poids qui la ferait rompre.

Au reste, comme la résistance des bois peut varier, ainsi que nous l'avons déjà dit, en raison d'un foule de circonstances, c'est au constructeur à reconnaître le plus ou le moins d'homogénéité des bois qu'il mettra en usage, et de régler toujours leurs dimensions d'après l'objet et surtout d'après la durée de la charpente à établir. Ainsi, par exemple, dans un échafaudage où l'on n'a besoin que d'une résistance momentanée, on peut se rapprocher davantage de la charge de rupture, dans la détermination des dimensions des bois.

Nous terminerons ici ce que nous avons à dire relativement à la résistance des bois, parce que cela suffit pour guider les constructeurs dans toutes les circonstances où ils peuvent se trouver.

CHAPITRE IV

**Théorie, exécution et résistance
des assemblages**

SOMMAIRE. — I. Tracé et exécution des assemblages. — II. Théorie des assemblages au point de vue de leur résistance. — III. Chevillage en fer des pièces assemblées.

I. TRACÉ ET EXÉCUTION DES ASSEMBLAGES

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 dont les parties ne puissent se séparer que le moins possible.

Pour opérer cette réunion, on taille les pièces de bois de manière à les faire entrer les unes dans les autres, et cela se fait de plusieurs manières qui diffèrent entre elles. En général, la réunion s'effectue au moyen de *tenons* et de *mortaises*, dont la forme doit varier d'après la position des pièces entre elles, et d'après les efforts qu'elles ont à supporter.

Un tenon est le bout d'une pièce de bois diminuée d'une partie de son épaisseur; une mortaise est un trou pratiqué dans une pièce de bois pour recevoir un tenon dont elle doit avoir exactement la forme.

Dans le tracé de la figure qui doit déterminer la forme d'un tenon ou d'une mortaise, il faut éviter les angles trop aigus, parce qu'ils ont l'inconvénient de ne pas présenter une grande résistance, et qu'ils peuvent même se briser lors de l'introduction du tenon dans la mortaise, où il doit entrer de force; de plus, les angles aigus sont d'une exécution difficile, surtout dans les mortaises.

Il y a deux sortes d'assemblages : les assemblages *carrés* et ceux en *onglet*. On appelle *assemblages carrés* ceux qui servent à unir les pièces qui se rencontrent à angle droit, c'est-à-dire carrément ou d'équerre; les assemblages en *onglet* ou *anglet*, sont ceux qui servent à joindre les pièces qui se rencontrent obliquement.

Assemblage à mi-bois

Cet assemblage, l'un des plus simples, sert à unir deux pièces de bois carrément ou obliquement; c'est celui qui se fait par *entailles* à moitié bois (fig. 16, pl. II); quand on l'emploie, les pièces réunies ne forment qu'une épaisseur. On arrête ces assemblages avec des chevilles ou avec des boulons de fer.

Assemblage carré à tenon et mortaise

Un autre assemblage, également bien simple, dont on se sert pour unir les pièces de bois par leurs extrémités, est celui qu'on a représenté (fig. 12, pl. II), et qu'on nomme *assemblage carré*: il est composé d'un tenon *abcdef*, de forme rectangulaire, taillé carrément, et d'une mortaise *ghik*, dont

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

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 profondeur de la mortaise, qui doit être égale à la longueur du tenon, est ordinairement des deux tiers de l'épaisseur de la pièce dans laquelle elle doit être creusée; dans tous les cas, elle ne doit pas dépasser les trois quarts de cette épaisseur, surtout lorsque la pièce qui porte le tenon doit être posée debout.

On appelle *jouées* ou *joues* les parties M et N 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.

Lorsque le tenon est enfoncé dans la mortaise, les épaulements P Q du tenon doivent toucher les joues de la mortaise; alors on arrête l'assemblage par une ou deux chevilles de bois ou de fer. Ces chevilles doivent être placées de manière à traverser les joues et le tenon, en passant par le milieu de la longueur de celui-ci. Lorsqu'on veut mettre deux chevilles, il faut diviser la largeur du tenon en trois parties égales, pour qu'il reste des joues suffisantes autour des trous, et pour conserver la plus grande force au tenon, surtout lorsqu'il doit agir en tirant.

Cet assemblage n'a toute la solidité nécessaire que lorsque le tenon entre de force dans la mortaise.

Pour l'exécuter, il faut commencer par tracer avec beaucoup de soin, sur les deux pièces qui doivent se joindre, les lignes qui déterminent la figure du tenon et de la mortaise, afin de n'enlever que le bois inutile, et de parvenir, sans tâtonnement, à faire le tenon et la mortaise d'égales dimensions et parfaitement conformes l'un à l'autre, celle-ci en creux, l'autre en relief.

Nous allons indiquer la manière de faire ce tracé, en commençant par le tenon. Soit $ABCD$, etc. (fig. 27, pl. II), la pièce qui doit porter le tenon : on trace à une distance du bout de la pièce égale à la longueur du tenon, des lignes ab , bc , cd et da , carrément et de chaque côté de la pièce ; on divise ensuite deux des faces opposées en trois parties égales g , h , i , prises sur la largeur de la pièce, celle du milieu h devant être réservée pour le tenon ; puis, avec une scie, et suivant le trait bc , on coupe alors le bois jusqu'en k . On fait de même sur la face aB , en coupant jusqu'en n ; on enlève avec l'ébauchoir les morceaux i et g , et on équarrit le tenon avec la besaiguë pour l'achever.

Quand on veut exécuter un double tenon, 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 simple ; puis, pour détacher la partie comprise entre les deux tenons, on perce très près de leur épaulement, et avec une tarière, un trou qui traverse toute la pièce. On donnera ensuite deux traits de scie, en suivant les deux lignes qui séparent les tenons, et cet intervalle

ne tenant presque plus à rien, on le fera partir facilement, en frappant sur le bout. Il ne reste plus alors qu'à équarrir les deux tenons avec la besaiguë.

Lorsqu'on veut faire une mortaise, et que le tenon se trouve déjà exécuté, il faut commencer par mettre en chantier la pièce de bois dans laquelle on veut creuser la mortaise, et si le tenon doit être au milieu de la pièce, on trace une ligne *ab* (fig. 28, pl. II), à égale distance des deux arêtes *AC* et *BD*, on prend ensuite la moitié de l'épaisseur du tenon qu'on porte de chaque côté de la ligne *ab*, et on trace parallèlement à *ab*, deux lignes *cd* et *ef* : puis, prenant la largeur du tenon, on la porte entre ces deux lignes, et on a exactement la mesure du tenon. Si, au lieu de se trouver au milieu de la pièce de bois, la mortaise devait être portée plus d'un côté que de l'autre, il faudrait commencer par tirer une ligne qui fixât la position du tenon, prendre son épaisseur, et la tracer à côté de cette ligne ; car, en portant cette largeur entre ces deux lignes, on aura l'emplacement du tenon.

La mortaise étant tracée comme ci-dessus, pour opérer le creusement, il faut percer des trous *l, l, l, l*, 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 égale à la longueur du tenon ; on emploie à cet effet une tarière ou lasseret, dont la grosseur ne doit pas excéder l'épaisseur de la mortaise, que l'on équarrit ensuite intérieurement avec la besaiguë.

Si le tenon était double, il faudrait tracer ainsi les deux mortaises l'une près de l'autre, en portant

exactement la largeur et l'épaisseur de chaque tenon. Ces deux mortaises s'exécuteraient séparément et de la même manière que les mortaises ordinaires.

Assemblages en about ou obliques

Ces assemblages ne diffèrent, en général, des assemblages *carrés* que par leur inclinaison ; on emploie, en effet, les mêmes procédés pour exécuter les uns et les autres ; ainsi, ce que nous avons dit plus haut, à l'égard des assemblages faits carrément, peut s'appliquer à tous ces assemblages.

Assemblage à tenon avec renfort

L'assemblage que nous venons de décrire est aussi appelé à *tenon sans renfort*, parce qu'en effet, il a partout la même épaisseur ; mais les pièces qui portent les tenons ne sont pas toujours posées verticalement ou d'aplomb ; souvent, comme dans les planchers, elles doivent être mises horizontalement. Dans cette position, les tenons ne pouvant être posés que sur le plat, tout l'effort est supporté par leur épaisseur ; alors, pour donner au tenon une plus grande solidité, on le renforce par un petit pan coupé qui unit l'épaulement au tenon. Les figures 4, 14 et 13 (pl. II) font voir la forme de ces tenons appelés à *renfort incliné*.

Pour tracer un tenon renforcé incliné (fig. 13), on divise l'épaisseur du bois en quatre parties égales. On en donne une pour l'épaulement supérieur, une pour l'épaisseur du tenon et une pour le

renfort ; la quatrième forme l'épaulement inférieur à la moitié de la longueur du tenon.

Ce renfort ajoute une force considérable au tenon et à la mortaise ; il convient principalement aux *chevêtres* et aux *linçoirs* des planchers. On peut aussi le pratiquer pour les solives qui s'assemblent dans ces pièces.

Assemblage à double tenon

Pour rendre les assemblages encore plus forts, lorsque la dimension de la pièce de bois dans laquelle la mortaise doit être pratiquée le permet, au lieu d'un seul tenon et d'une seule mortaise, on en fait deux ; l'assemblage, alors, est appelé à *double tenon assemblé*. Il a l'avantage d'empêcher le devers des pièces de bois. La figure 1 (pl. II) offre un exemple de cette espèce d'assemblage.

Lorsqu'on a des assemblages à faire sur les angles des pièces de bois, tels que l'assemblage d'un poteau et d'une lisse de barrière, on les fait comme l'indique la figure 10 (pl. II). La partie A représente, vu sur l'un des angles, le poteau qui porte un tenon suivant l'une des diagonales ; la partie B est la lisse supérieure, avec une mortaise creusée suivant l'une de ses arêtes.

Assemblage par embrèvement

Il y a encore, pour assembler deux pièces de bois, une autre manière qu'on nomme à *embrèvement*. Cet assemblage est à tenon ordinaire ; il ne diffère du précédent que par une entaille faite à la mortaise : c'est cette entaille qu'on appelle *embrève-*

ment, et dans laquelle les épaulements du tenon doivent entrer. On en fait usage pour réunir des linteaux, des lisses, ou des sablières à un poteau, ou bien une contre-fiche à un poinçon, etc. On en voit un exemple dans la figure 37.

Assemblage à tenon passant

Dans l'assemblage à tenon passant, le tenon est plus long que l'épaisseur de la pièce de bois dans laquelle on a pratiqué la mortaise, qui est alors percée tout au travers. Au delà de cette épaisseur, le tenon est percé d'un trou carré dans lequel on fait entrer un morceau de bois que l'on nomme *clef*, et qui est plus épais d'un bout que de l'autre.

Assemblage des pièces qui se rencontrent obliquement

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.

La figure 37 représente l'assemblage d'un tirant ou d'un entrain A et d'un arbalétrier B. On y voit *abcd* qui est le plan de l'embrèvement ou *pas* de l'arbalétrier ; *m* est celui de la mortaise ; *n* est l'élévation du tenon dont l'about *op* est coupé à peu près d'équerre sur l'entrain.

La figure 35 représente les mêmes pièces assemblées, mais avec un renfort et un double tenon.

Dans la figure 36, les épaulements du tenon ont été coupés en *renfort d'équerre*, et sont emboîtés

dans les entailles d'embrèvement qui ont la même figure.

Dans la figure 34, l'assemblage a un double tenon.

Enfin, les figures 40 et 41 représentent des cas analogues aux précédents, mais beaucoup plus simples.

Les figures 32, 33, 17, 2, 3, 11, représentent différentes manières de tailler les bois dans leurs abouts pour les divers assemblages.

La figure 32 indique celle dite à *mors d'âne*.

La figure 33, celle dite à *chaperon*.

La figure 17, celle appelée à *paume*, et son entaille.

La figure 2 est appelée *tenon à paume*.

La figure 3 est nommée *paume à repos*.

Enfin, la figure 11 représente la taille d'un *tenon about* pour *décharges, tournisses, etc.*

Assemblages à queue d'aronde ou d'hironde

C'est une pièce d'assemblage par entailles exécutée avec des tenons en pyramides tronquées : son nom vient de la ressemblance de ces espèces de tenons avec la queue d'une hirondelle. On se sert de cet assemblage pour rallonger une pièce de charpente, comme les plates-formes qui portent les pieds des chevrons d'un comble, les assemblages des planchers, les retours à l'équerre, etc. Il se fait de plusieurs manières, à queue d'aronde simple ou à double queue d'aronde : celui qui est représenté par la figure 25 est à *double queue d'aronde* ; c'est un des plus solides.

On peut l'exécuter à *mi-bois*, comme dans la fi-

gure 25, ou en *queue perdue* avec filet de renfort et embrèvement, comme dans la figure 9 ; celui-ci est très usité dans les planchers. Enfin, la queue d'aronde est à *queue percée* lorsque le tenon et la mortaise prennent toute l'épaisseur du bois.

Les blochets s'assemblent ordinairement à queue d'aronde sur les plates-formes qui reposent sur les murs. La figure 38 fait voir cette espèce d'assemblage dans tous ses détails.

Assemblage à mi-bois bout à bout

La manière la plus simple de rallonger deux pièces de bois est de les entailler carrément à moitié bois, comme l'indique la figure 26 ; mais cet assemblage n'est pas d'une grande solidité, et on ne doit en faire usage que lorsque ces pièces sont maintenues par d'autres, ou appuyées comme le sont les sablières, qui reposent sur les murs ; encore faut-il, dans ce cas, les cheviller solidement et les armer de bandes de fer.

Assemblage à trait de Jupiter

Cet assemblage (fig. 7), composé d'entailles à redans, formant des angles aigus, s'emploie pour composer un tirant ou un entrait de plusieurs pièces, à défaut de bois assez longs pour les faire d'une seule. Outre les redans qui contribuent à tenir les deux pièces jointes ensemble, on fait encore usage de boulons à écrous et de liens en fer. Deux pièces de bois, entées de cette manière, sont aussi solides qu'une pièce de mêmes dimensions qui serait d'un seul morceau ; néanmoins, cet as-

semblage convient mieux aux pièces de bois dont l'effet se fait sentir dans la direction de la longueur de la pièce, qu'à celles qui doivent supporter un poids ; parce que tout l'assemblage est disposé de manière à résister plutôt à une force de traction qu'à un effort de pression.

La figure 5 (pl. II) fait voir les deux parties détachées de l'assemblage d'un tirant avec tenons et mortaises, en fausses coupes.

La figure 6 représente le tirant assemblé.

La figure 8 représente le plan du tirant avec l'indication des joints supérieurs de l'assemblage.

La figure 7 est l'élevation du même tirant assemblé boulonné, et supportant un plancher disposé de différentes manières.

La figure 18 indique une autre manière d'assembler les deux parties d'un tirant ou d'une poutre, avec tenon retourné et entaille en coin.

La figure 19 représente le même assemblage réuni et fixé par des bandes de fer.

La figure 20 fait voir un autre assemblage du même genre, par entaille seulement.

La figure 21 est le même assemblage réuni et maintenu par des pièces de fer.

Assemblage pour enter les poteaux et les autres pièces de bois destinées à être placées verticalement.

D'après la destination de ces pièces, il faut que la manière de les enter ne diminue pas leur force. Nous allons faire connaître les différents moyens qui sont le plus en usage.

La figure 24 (pl. II) représente l'assemblage dit *en fausses tenailles*. La partie supérieure porte un tenon, et l'inférieure est évidée par une mortaise, sur une des faces. Cet assemblage est employé 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.

La figure 23 fait voir un autre assemblage dit *chevronné*, qui est très usité pour les poteaux corniers.

La figure 22 représente l'assemblage appelé à *double enfourchement* ; il est formé de quatre mortaises, une sur chaque face du poteau, et de quatre tenons épaulés.

Des moises

Les moises sont des pièces de bois assemblées, comme on le voit en A et B (fig. 29, pl. II). Elles servent à empêcher d'autres pièces de ployer, en embrassant tout ou partie de leur contour, tel que C (fig. 29).

Pour former cet assemblage, on pratique des entailles à mi-bois dans chacune de ces diverses pièces, et on les assemble ensuite, en les reliant par des boulons ou par des étriers en fer.

La figure 30 représente des moises prêtes à être assemblées, et la figure 31 représente leur réunion complète.

II. THÉORIE DES ASSEMBLAGES AU POINT DE VUE DE LA RÉSISTANCE PLUS OU MOINS GRANDE QU'ILS PEUVENT OPPOSER AUX FORCES DESTRUCTIVES DE LEUR STABILITÉ.

(Planches XV et XVI)

Les assemblages ayant à supporter les efforts, quels qu'ils soient, auxquels sont soumises les pièces qu'ils sont destinés à réunir, il importe que celles des parties qui sont appelées à résister à la charge du système, puissent offrir une grande surface à l'action de ces forces, et que cette surface soit taillée de manière à opposer le plus de résistance possible à l'action destructive des forces agissantes.

Si, en effet, cette partie d'un joint qui supporte l'effort exercé sur l'assemblage était étroite et amincie, il arriverait de deux choses l'une, ou qu'elle s'enfoncerait dans la pièce à laquelle elle s'adapte, ou qu'elle se briserait sous l'effort qui la surcharge. Dans les deux cas, il en résulterait pour le système un changement de forme toujours préjudiciable à sa stabilité.

L'effet du retrait ou de l'expansion des bois doit être sérieusement considéré dans la construction des joints, et, à cause du retrait des bois, les queues d'aronde ne devraient jamais être employées dans la charpenterie, parce que le moindre degré de dessiccation tend à faire sortir l'assemblage de sa place, ce qui fait perdre au système tout l'avantage que l'on espérait de la disposition employée. Les queues d'aronde ne peuvent conve-

nir que quand les deux pièces réunies par elles subissent toutes deux des retraits qui se compensent et s'entre-détruisent pour ainsi dire ; mais ce cas, qui se présente souvent dans l'ébénisterie, arrive fort rarement dans la charpenterie.

Les joints donc doivent être formés de façon que ni le retrait, ni l'expansion du bois ne puissent avoir aucune espèce de tendance à fendre ou à faire éclater les pièces réunies. La force de contraction ou d'expansion est capable, il ne faut pas l'oublier, de produire sur un assemblage des effets étonnants ; et on a pu être bien des fois à même d'observer des résultats de ce genre, dans des assemblages trop serrés ou disposés dans de mauvaises directions. Ces merveilleux effets de l'expansion des bois ne sont pas ignorés des carriers qui utilisent cette force pour détacher d'énormes blocs de pierre d'un rocher dont ils font partie.

Quand on veut établir un joint, il faut d'abord bien réfléchir au résultat qu'on en veut obtenir ; car telle disposition, excellente dans un cas, serait désastreuse dans un autre. Ce sont aussi des considérations de ce genre qui vont nous guider dans la division des articles qui font l'objet de cet éclaircissement ou de cette théorie.

Du rallongement des pièces de bois qui doivent résister à des efforts exercés dans le sens de leur longueur.

La plus simple, et par conséquent la meilleure manière de rallonger une pièce, est sans contredit de lui en opposer une autre bout à bout, en ayant

soin de placer deux autres pièces suffisamment longues de chacun des deux côtés. Quand les quatre pièces auront été solidement boulonnées, ainsi que l'indique la figure 1 de la planche XV, il est évident qu'on aura un assemblage fort simple ; mais sa force dépendra de celle des boulons, ainsi que de l'adhérence latérale des quatre parties du système, adhérence résultant ici de l'énergie du frottement.

L'influence des boulons peut être amoindrie, soit en encastrant les pièces latérales dans les poutres réunies, comme on le voit à la partie supérieure de la figure 2, soit en introduisant des coins pénétrant à la fois les deux pièces, comme on le voit dans la partie inférieure de la même figure. Il faut remarquer, toutefois, que ces deux moyens ne doivent pas être employés au point d'amoindrir la force propre des pièces réunies. Il ne faut donc pas donner trop de profondeur aux encastremens. Il suffit, du reste, d'un peu de jugement pour se rendre compte de l'effet des boulons, ainsi que de l'avantage que l'on peut retirer des encastremens et des coins. Le but qu'on se propose sera rempli, si les boulons et les frottemens rendent chacune des deux parties de l'assemblage solidaire de tout effort de traction qui serait exercé sur l'autre dans le sens de la direction commune.

Dans la disposition indiquée par la partie inférieure de la figure 2, les deux petits rectangles que l'on y voit ménagés, étant formés aux dépens de la pièce latérale et des pièces du milieu, forment les trous dans lesquels on introduit de force des clefs qui s'opposent au glissement des pièces, comme le

font les entailles de la disposition ci-dessus. Dans l'un et dans l'autre système, il est évident que la force des poutres est amoindrie dans la proportion de la profondeur des entailles.

La raison qui fait qu'on cherche à rendre, autant que possible, la force de résistance indépendante des boulons, c'est que si l'on comptait uniquement sur eux, et non sur le frottement des bois, pour empêcher les deux poutres principales de se quitter, quand elles sont sollicitées en sens contraire dans le sens de leur longueur, il pourrait fort bien arriver que, dans le cas d'un grand effort, les fibres ligneuses soient tellement pressées par les boulons, qu'elles se trouvent écrasées par leur pression, et que, par conséquent, les deux poutres aillent en se séparant de plus en plus, les boulons s'étant frayé un passage dans le bois, ou ayant fini par se briser sous la résistance accumulée des fibres. De là vient que l'on a établi comme règle le principe suivant :

La somme des aires des boulons ne doit jamais être moindre que les deux dixièmes de l'aire de la section de la poutre, et, c'est une bonne habitude à contracter dans la pratique, de ne jamais fixer de boulons trop près des deux bouts assemblés.

La plus employée de toutes les méthodes relatives à l'aboutement des poutres est celle qui est appelée *aboutement par empatture, par enture, par enfourchement*. Dans cette méthode, les deux pièces sont réunies de manière à conserver la même largeur ainsi que la même épaisseur dans toute l'étendue des pièces aboutées ; c'est à elle qu'il faut recourir toutes les fois qu'on a plus en vue l'élégance du système que sa force de résistance.

De la figure 3 à la figure 10, se voient indiquées les différentes méthodes d'assemblages qui sont le plus fréquemment adoptées. La première (fig. 3) est la plus simple. Sa force dépend entièrement des boulons, et quand on a résolu de s'en servir, ce qu'il y a de mieux à faire c'est d'encastrent, sur les faces traversées par les boulons, des bandes de fer suffisamment longues, ayant la largeur du bois, et destinées à recevoir la tête des boulons. Il n'est pas inutile de terminer ces bandes par de légers retours qui s'encastrent, en façon d'agrafes, un peu plus profondément dans les poutres, un peu au delà des abouts.

La figure 4 est un autre assemblage, également très usité, mais pas aussi bon, parce que les boulons ne pressent pas les surfaces qui sont en contact dans une direction qui leur soit perpendiculaire, et qu'une pression oblique, comme celle qui se rencontre ici, doit avoir une certaine tendance à produire de la séparation entre les surfaces réunies, sans qu'il en résulte pour le système aucun avantage d'une autre espèce qui puisse faire compensation.

La figure 5 représente un assemblage dans lequel on peut se passer des boulons, mais il est clair que sa force ne serait pas même tout à fait égale à la moitié de celle d'une poutre d'une seule pièce. La clé, ou double coin, placée en *a*, devant y être introduite à l'effet seulement d'amener les pièces contre leurs aboutements respectifs, il vaudrait mieux s'en passer que de l'enchâsser de manière à produire sur le joint un effort continu et trop énergique. Aussi n'est-il pas nécessaire, quand

on adopte la disposition de cette figure, d'y faire entrer la clef qu'on y voit dessinée, excepté quand on doit y adapter aussi des boulons. Dans ce cas, il est désirable de pousser, au moyen de la clef, les deux pièces réunies contre leurs aboutements, avant l'introduction des boulons. L'addition de ces boulons, avec celle de garnitures en fer, rend excellent l'assemblage dont on vient de parler.

La figure 6 n'est qu'une légère modification de l'assemblage décrit ci-dessus. Les clefs y sont supposées de bois dur; et, plus serré en est le grain, mieux vaut la clef. Sous cette forme, l'exécution de l'assemblage n'offre aucune difficulté, et, quand on adapte les boulons, on en retire un aussi bon résultat que du précédent.

La figure 7 représente une forme très commune, mais qui n'en est pas moins bonne pour cela; quoiqu'elle soit évidemment inférieure aux deux précédentes (fig. 5 et 6) et qu'il soit beaucoup plus difficile d'en obtenir la parfaite exécution.

Quand des boulons doivent être employés, et il est toujours nécessaire d'en mettre, quand il s'agit de pièces exposées à de grands efforts, l'assemblage que représente la figure 8 est un assemblage excellent sous tous les rapports.

La figure 9 diffère de la précédente en ce qu'elle a des clefs, au lieu de crénelures ou crémaillères sur les faces de jonction.

La figure 10 représente un assemblage où les joints obliques du dernier exemple sont supprimés, et le même degré de force n'en est pas moins obtenu. Il est aussi simple à exécuter qu'à dessiner, puisque les faces de jonction sont toutes pa-

rallèles ou perpendiculaires aux axes des pièces.

Pour déterminer la grandeur qu'il convient de donner à une empatture, il est nécessaire de connaître la force qui poussera les fibres du bois à glisser les unes contre les autres : ceci est une application des règles de la mécanique dont il a été parlé dans l'Introduction. Pour appliquer ces règles à notre exemple, soient A et B (fig. 11) les parties extrêmes de deux poutres assemblées l'une avec l'autre bien exactement, sans boulons, et sollicitées par des forces agissant dans la direction commune de leurs longueurs : il est clair que la force de la partie cb doit être exactement égale à la force qui tend à faire glisser les fibres correspondantes à la ligne ponctuée cd ; car si la partie cb était trop courte, le joint ne serait pas aussi fort qu'il devrait être. D'un autre côté, si la profondeur de l'aboutement ac était trop petite, cet aboutement pourrait être écrasé ou entraîné par la pression : ainsi donc, les diverses parties de l'assemblage doivent avoir entre elles un rapport tel que le joint ait une égale force dans toutes ses parties.

Dans le premier moment de l'extension et de la compression, la résistance est égale à la force agissante : donc, la profondeur de l'aboutement ac doit être égale à la partie cb , afin que l'effort puisse être égal. Il est alors évident que, quand il n'y a qu'un aboutement, comme dans cet exemple, la profondeur ac doit être égale à un tiers de la profondeur totale. Ainsi donc, soit d la profondeur, ou l'épaisseur de la poutre, et m , le nombre des aboutements $\frac{d}{3m}$ doit être la profondeur de cha-

cun d'eux ; ou bien encore, en d'autres termes, la somme des profondeurs des aboutements doit toujours équaler le tiers de l'épaisseur entière de la poutre.

Pour trouver maintenant la longueur de la partie cd que nous avons appelée empature, il est nécessaire que nous connaissions le rapport entre la force de la résistance que le bois oppose à la séparation de ses fibres, comparativement à la force qu'il peut opposer à leur écrasement, à ce que l'on appelle vulgairement sa force de cohésion. Si ce rapport est égal à $\frac{1}{n}$, quel que soit le nombre n , la longueur de cd doit équaler $cb \times n$: ainsi, dans le chêne, le frêne et l'orme, le rapport $\frac{1}{n}$ variant entre $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{10}$, la partie cd de l'assemblage doit varier entre 8 et 10 fois cb .

Dans le sapin et les autres essences à fibres grenues, cd doit avoir de 16 à 20 fois la grandeur de cb .

De cette remarque dérivent certaines maximes suffisamment exactes dans la pratique :

1° Dans le chêne, le frêne et l'orme, la longueur entière de l'empature cd doit être égale à 6 fois l'épaisseur de la poutre, quand on n'y adapte pas de boulons ;

2° Dans le sapin, la longueur de l'empature doit avoir environ 12 fois l'épaisseur de la poutre, toujours quand on n'y met pas de boulons ;

3° Dans le chêne, le frêne et l'orme, la longueur entière d'une empature qui tire seulement sa force

des boulons, doit avoir environ 3 fois la *largeur* de la poutre : elle doit avoir 6 fois cette même largeur dans le sapin ;

4° Quand les boulons et les aboutements ou renforcements pour incrustations sont simultanément employés, la longueur entière de l'empatture, pour le chêne et les autres bois durs, doit être de 2 fois l'épaisseur : pour le sapin et autres bois mous, elle doit avoir 4 fois la même épaisseur.

Dans tous ces cas, la profondeur des entailles et la longueur de l'assemblage devront être déterminées par les mêmes règles que pour les poutres soumises à des efforts agissant suivant leurs longueurs.

Quand on assemble des poutres devant résister à un effort transversal, il y aurait un grand avantage à substituer aux boulons des bandages et des plaques en fer, ainsi que le font les charrons et les constructeurs de navires, et il serait fort aisé de confectionner l'assemblage de manière que le bandage s'y adapte exactement pour bien serrer.

Il n'existe aucune partie de la charpenterie qui requière plus de correction de la part d'un ouvrier que les assemblages de charpente, parce que toutes les crénelures doivent coïncider exactement, si l'on ne veut pas que le système perde la plus grande partie de sa force. D'après cela, il est facile de comprendre combien peu sont avantageuses certaines dispositions compliquées qui se trouvent indiquées dans les vieux ouvrages sur la charpenterie. Il est certainement très absurde de rendre d'une confection difficile un travail dont la force entière dépend d'une exécution parfaite qu'il est

presque impossible de réaliser. Il y a pourtant, dit le professeur Robinson, nombre de gens qui semblent viser à rendre une poutre de plusieurs morceaux plus forte que si elle était d'une seule pièce, et c'est ce but inconsideré qui a donné naissance à des crénelures et des combinaisons d'assemblages plus fantastiques les unes que les autres.

De l'allongement des poutres destinées à résister à des efforts transverses, et des poutres employées dans les édifices.

Les poutres qui doivent résister à des efforts dirigés transversalement, ont plus souvent besoin d'être rallongées que toutes les autres, et, de la nature même de ce genre d'effort, résulte une forme particulière d'assemblage qui est différente de celle qui vaudrait le mieux, si la poutre était sollicitée par une force agissant dans la direction même de la poutre. Il y a des cas où les poutres sont exposées en même temps à des efforts de ces deux sortes; mais le transversal est généralement le plus important des deux. Nous avons un exemple de cela dans l'entrait d'une ferme, où l'effort dans le sens de la longueur est incomparablement moindre que l'effort transverse.

Soit CD (fig. 12) une poutre pressée par une charge en E , et supportée par les deux bouts. Toutes les parties au-dessus de son milieu bc seront comprimées, et celles qui sont au-dessous seront allongées, étirées. Donc l'aboutement carré ae est meilleur pour la partie supérieure que toute autre espèce de jonction, quelle qu'elle soit; car il est évident que tout joint oblique doit être rejeté,

relativement au côté comprimé. Dans cette figure, la totalité de la force de la partie inférieure réside dans les boulons et la garniture.

La figure 13 représente une autre disposition où le côté inférieur, celui qui tend à l'extension, est incliné de façon à ce que sa force ne dépende pas entièrement de la garniture et des boulons; une clef y est introduite pour bander l'assemblage. Si le joint eût été taillé suivant la ligne ponctuée au lieu de l'être suivant la ligne oblique qu'on a suivie, il est de toute évidence que la résistance de la poutre eût été beaucoup moins grande.

La figure 14 est une autre forme d'empatture avec quelques modifications.

La figure 15 est une perspective cavalière d'un assemblage vu d'angle, où la jonction des poutres est effectuée d'une autre manière. Une plaque de fer existe en $abcd$, mais n'a pas été dessinée afin de laisser voir la languette ou tenon e qu'elle recouvre. Cette méthode paraît devoir conserver au bois une partie plus grande de sa force que ne le fait toute autre méthode : elle peut être judicieusement adoptée pour un entrain qui serait en même temps pressé transversalement et tiré dans les deux directions opposées de sa longueur.

Dans tous ces cas, la profondeur des crénelures ainsi que la longueur de l'empatture s'obtiendront par les mêmes règles que pour les poutres tirées dans le sens de leur longueur.

Quand on assemble des poutres pour résister à un effort transversal, il est très avantageux de substituer aux boulons des cordages de fer disposés de façon à maintenir solidement le système,

en serrant l'empatture à la façon d'un cercle de tonneau.

Il n'existe au reste aucune partie de la charpenterie qui exige plus de précision dans la main-d'œuvre, que celle qui a pour objet la jonction des poutres. Toutes les crénelures, en effet, doivent se rapporter exactement l'une à l'autre dans les deux pièces réunies, si l'on ne veut pas que la majeure partie de la force soit perdue. Cette observation doit faire pressentir combien peu avantageuses sont certaines dispositions qu'on rencontre dans les vieux ouvrages : compliquées au dernier point, elles n'auraient de valeur qu'à la condition d'être parfaitement exécutées, et leur complication même rend cette perfection impossible à obtenir.

Construction des poutres

La manière de construire les poutres a déjà été précédemment indiquée dans le corps même de cet ouvrage : il n'est cependant pas superflu de rappeler ici que la disproportion des dentelures qu'on y emploie n'est pas une chose indifférente. On doit comprendre en effet, que quand deux pièces planes sont mises l'une sur l'autre et supportées à leurs extrémités, toute pression exercée au milieu par un poids assez fort doit tendre à fléchir les deux pièces, en faisant glisser l'une contre l'autre les surfaces de contact. Dans ce mouvement, chacune des extrémités de la pièce supérieure tend à dépasser et dépasse bientôt l'extrémité correspondante de la pièce de dessous. On s'oppose efficacement à ce glissement des deux

surfaces, en crénelant le système de la manière indiquée par la figure 16 et qu'il est nécessaire de boulonner. Si les mêmes crénelures étaient renversées comme dans la figure 17, elles ne produiraient presque aucun effet, et les boulons seuls combattraient le glissement des surfaces.

Quelle que soit la place du point C (fig. 16), où s'exerce le principal effort de la charge sur la poutre, c'est en les dirigeant vers ce point, qu'on doit échelonner les crénelures, en les dessinant de manière à présenter carrément à la direction de la force la surface de l'aboutement qui est perpendiculaire à la ligne du glissement. Quand la poutre est uniformément chargée sur toute sa longueur, le point C du plus grand effort est au milieu de la poutre : c'est parce qu'on rencontre des crémaillères disposées comme dans la figure 17, aussi bien que de disposées comme dans la figure 16, que nous nous sommes arrêté à l'observation qui précède.

Quand la profondeur des dentelures est trop petite dans une poutre d'assemblage, ces dentelures ne sont pas capables de résister à la pression : quand, au contraire, elles sont trop profondes, le nombre des fibres qui résistent étant trop diminué, la poutre perd une grande partie de sa force ; c'est entre ces deux extrêmes qu'il faut se maintenir pour obtenir le résultat le plus avantageux, et ce maximum de résistance, l'expérience indique que pour y arriver, il faut veiller à ce que le sommet des crénelures ne s'élève pas au-dessus des $\frac{2}{3}$ de l'épaisseur de la poutre, et que la base de leurs aboutements inférieurs ne descende pas au-des-

sous du tiers de la même dimension : de cette manière, les crénelures occupent la partie moyenne de l'épaisseur divisée en trois.

De l'allongement des poutres destinées à résister à des forces de compression

Quand un poteau ou un support doit avoir plus de longueur que n'en a le bois qu'on peut se procurer, comme cela arrive souvent dans la construction des tours en bois, de pyramides, de ponts de bois, ou des cintres, on peut employer les mêmes formes de jonction que s'il s'agissait de pièces subissant un effort de traction longitudinale, avec cette différence toutefois qu'il ne doit y avoir aucune partie de l'assemblage disposée obliquement ou de biais : ainsi les figures 3, 5, 6, 10, 11 et 15 conviendront également à des poteaux comme à des entrails ; seulement, dans le cas de poteaux, il vaudra mieux mettre aux extrémités des languettes comme on en voit une en *e* (fig. 15).

Dans la figure 1, une pièce latérale ferait un bon effet sur chacune des quatre faces, à moins qu'on ne trouve moyen d'y suppléer par quelque autre mode de consolidation applicable à ce genre de rallongement. Ce n'est pas, il est vrai, une élégante méthode d'aboutement, mais c'en est une qui est suffisante pour des constructions temporaires, comme dans les grands cintres en bois établis pour la construction des arches auxquelles on en emploie, et dans d'autres circonstances, où des aboutements très soignés seraient déplacés singulièrement.

Assemblages angulaires ou par embranchements

Assemblages destinés à supporter une charge. — L'assemblage d'une solive avec un chevêtre est un exemple de ce genre de jonction. Les plus grands efforts sur les fibres d'un chevêtre s'exercent sur celles des surfaces supérieure et inférieure, et l'intensité de la pression va en diminuant, à mesure que l'on se rapproche de celle qui correspond au milieu de l'épaisseur de la pièce, où elle devient sensiblement égale à zéro. Il résulte de là que la place la plus convenable pour y pratiquer une mortaise, est précisément au milieu de cette épaisseur.

La face supérieure étant comprimée, quelques écrivains se sont imaginé que le tenon devait être disposé de manière à presser sur le chevêtre autant que la chose pouvait se faire, sans qu'il en résultât d'amointrissement pour la force de cette dernière pièce. C'est une erreur, car, pour quiconque connaît quelque chose à la pratique de la charpenterie, c'est une vérité incontestable que l'on ne saurait obtenir de bons résultats en agissant ainsi. D'un autre côté, le retrait du bois rendrait bientôt l'assemblage branlant, quelque serré qu'on l'ait établi dans l'origine.

Sachant que la place la plus convenable pour une mortaise, dans un chevêtre ou dans toute pièce ayant une position pareille, est précisément au milieu de son épaisseur, la première chose qui nous reste à faire, c'est de rechercher quelle doit être, pour le tenon, la place préférable et la meilleure forme.

Si le tenon est près de la face inférieure, il aura évidemment l'avantage d'utiliser une grande partie de la force de la solive; mais cette position ne peut être adoptée par rapport au chevêtre. Aussi, la forme la plus généralement usitée, celle qui est représentée fig. 18, est celle qui paraît réunir tous les avantages désirés. Le tenon y occupe un sixième de l'épaisseur, et il commence à un tiers de cette épaisseur à partir du côté inférieur.

Les solives et toutes les autres pièces ayant une position analogue, ne devraient jamais être faites avec un double tenon; car, comme M. Price l'a judicieusement remarqué, cela affaiblit le bois qui reste, et ce n'est que fort rarement que les deux tenons s'appuient en même temps d'une manière égale sur les parties inférieures de leurs mortaises respectives.

Toutes les pièces horizontales ayant pour fonction de porter une charge devraient être encastrées sur le haut de leurs supports, toutes les fois que la chose se peut, au lieu d'être assemblées avec eux, parce qu'il y a beaucoup de force de conservée au bois en agissant ainsi; la même observation s'applique aux pièces inclinées, comme par exemple aux chevrons ordinaires, qu'il vaut mieux encastrier qu'assembler à tenon dans les sablières.

Joints d'embranchement. — Le résultat qu'il s'agit d'obtenir dans tout système d'embranchement, c'est d'amener toutes les pressions à s'exercer suivant la direction même des pièces dont l'embranchement est composé. Il suit de là que la forme du joint doit être façonnée de manière à diriger l'action des forces suivant les axes mêmes des diffé-

rentes pièces de bois. Aussi quand la direction d'un effort ne coïncide pas avec l'axe de la pièce qu'il sollicite, son intensité se trouve par là considérablement augmentée. Ensuite, d'après la forme des joints communément employés, soit par l'effet de la dessiccation, soit en raison même de l'établissement du système, il doit arriver fréquemment que les abouts portent seuls toute la charge que l'assemblage devrait se partager, résultat qui non seulement donne une puissance de levier considérable à la force de pression, mais expose encore la partie la plus aiguë de l'assemblage, sur laquelle porte toute la pression, à céder à son effort, en se comprimant ou en s'écrasant, ce qui change la disposition du système, en détruit l'équilibre et en amoindrit de plus en plus la force de résistance. L'étendue du mal occasionné par des accidents de ce genre devient très manifeste quand les efforts sont considérables. Dans les arches du pont de Neuilly, sept ou huit pièces de chaque assemblage se fendirent d'un bout à l'autre, et beaucoup d'autres fléchirent considérablement. Dans ces arches pourtant les jonctions n'étaient pas très inclinées ; s'il en eût été autrement, les dégâts eussent été encore beaucoup plus sérieux. Personnet, en ayant reconnu la cause, y remédia, en donnant aux abouts la forme d'un arc de cercle ayant son centre à l'autre extrémité de la pièce.

On a eu recours à une semblable méthode, lors de la construction d'un cintre pour le pont de Saint-Maxence, et aussi pour celui du pont de la Concorde, à Paris ; et cela empêcha deux fois les assemblages d'éclater ou de se disjoindre. Le prin-

cipe, pourtant, n'était pas nouveau, puisque, dès 1545, il avait été recommandé, pour les assemblages des colonnes en pierres, par Serglio, dans son cours d'architecture.

Les aboutements circulaires ne sont pas moins chaudement recommandés par M. le professeur Robinson, dans le Supplément de l'*Encyclopédie britannique*, et il est certain qu'on peut les employer avantageusement. Le principe de leur construction se trouve dans le jouet d'enfant appelé bilboquet, ainsi que dans les articulations des membres de tous les animaux. Ces articulations réunissent à une grande latitude pour les mouvements dans plusieurs sens différents, une non moins grande uniformité de pression sur tous les points. Ces aboutements requièrent, je n'en disconviens pas, un peu plus de main-d'œuvre; mais, quand même la main-d'œuvre serait doublée, ce ne serait qu'une bagatelle en comparaison des avantages obtenus, quand il s'agit d'une construction de quelque importance, et ce n'est que pour celles qui sont dans ce cas que nous en recommandons l'emploi.

Il est évident que, lorsque l'une des deux pièces se déplace, un déplacement correspondant se manifeste à leur jonction, et quand le rayon de courbure de l'about est petit, comme il l'est dans les articulations des animaux, le mouvement qui en résulte est alors presque imperceptible. Pour une ferme de 10 mètres d'amplitude, dit Tredgold, une flexion de 12 millimètres au milieu n'occasionnerait pas à la jonction un déplacement plus considérable que n'en produirait une flexion de $\frac{1}{10}$ de millimètre au milieu de la pièce.

Nous pouvons maintenant mentionner les assemblages les plus communément rencontrés, et faire remarquer certains avantages plus grands qu'on pourrait tirer de quelques-uns d'entre eux par de légères modifications qu'on apporterait à leur forme habituelle.

Quand l'une des pièces est perpendiculaire à l'autre, comme, par exemple, un poteau sur un patin, la méthode la plus usitée, et en même temps la plus facile à exécuter, est de tailler l'about carrément, en y adaptant un petit tenon ayant environ $\frac{1}{4}$ de l'épaisseur de la solive, pour la maintenir solidement à sa place.

Cependant, si l'about n'est pas taillé très soigneusement, la charge entière ne portera pas sur l'endroit voulu, et par conséquent le centre de pression ne coïncidera bientôt plus avec l'axe du poteau, et sa force de résistance de stabilité en sera considérablement amoindrie.

Si au lieu de tailler le poteau carrément, on donnait à la coupe une forme angulaire, ainsi qu'on en voit une sur la figure 49, il suffirait de très peu de soin dans l'exécution de la taille, pour faire en sorte que le centre de la pression coïncidât avec l'axe.

Maintenant, il est évident que dans le cas d'un about angulaire aussi bien que dans celui d'un about taillé carrément, il suffira d'une légère déviation de la perpendicularité dans la direction de l'axe du poteau pour faire porter la pression sur une arête de la coupe, tandis que quand on donne au pied du poteau la forme d'un arc dont le centre serait sur l'axe, et dont le rayon serait un tant soit

peu plus grand que la demi-largeur du poteau, ainsi que cela se voit représenté sur la figure 20, il est toujours possible d'amener le poteau à cette position perpendiculaire, tout en ne renonçant pas à l'avantage de le faire porter uniformément sur tous les points de la surface d'aboutement.

Quand l'embranchement est biais, ou que la pièce qui doit s'assembler dans une autre rencontre celle-ci perpendiculairement, l'assemblage des deux pièces peut s'exécuter suivant deux méthodes qui se trouvent souvent réunies dans un arbalétrier, l'une à la tête de cette pièce, l'autre à son pied.

Avant de donner la description de ces deux méthodes, nous rappellerons au lecteur que la direction et la grandeur des efforts de la pièce inclinée ne dépendent aucunement du genre d'assemblage qu'on y doit adapter; mais que toute modification faite à la direction de l'aboutement transporte la pression d'une direction à une autre et produit une décomposition différente de la force de pression; ce qui, quand la forme de coupe est maladroitement choisie, peut faire acquérir un bras de levier puissant à une force dirigée de manière à faire éclater l'assemblage à l'endroit où il offre le moins de résistance.

La résistance d'un aboutement est, au reste, toujours plus efficace quand la surface qu'il présente à la pression est perpendiculaire à la direction de cette force. Quand l'assemblage est à angle droit, ce résultat s'obtient aisément; mais quand l'embranchement a lieu sous un angle très aigu, il est très difficile de tailler l'about carrément, sans ôter à la poutre qui le reçoit presque toute sa force de

résistance, à cause de la profondeur de l'entaille qui reçoit l'about encastré.

Soit ABC (fig. 21) l'assemblage d'un arbalétrier avec un entrait. Dans cette figure, nous avons AB qui représente la direction de la force qui agit suivant la longueur de l'arbalétrier, et Ba , la face inférieure de l'aboutement. Tirez ac perpendiculairement à Ba : alors, d'après le principe de la résolution des forces, ca représentera la pression exercée sur la base inclinée de l'assemblage, tandis que Ba sera la force de pression exercée sur la face d'aboutement Bd . C'est à cette pression que le bout de l'entrait doit résister, et il est évident que, toutes choses égales d'ailleurs, il lui résistera plus efficacement, si Bd est perpendiculaire à Ba , que s'il en était autrement.

La figure 21 représente un des assemblages les plus communément employés. Ba et Bd sont les deux surfaces de l'about, et elles sont perpendiculaires entre elles. La ligne be , parallèle à Ba , est la base du tenon qui ne doit avoir pour épaisseur que le sixième de celle de la pièce encastrée. Les aboutements de ce genre pourraient presque toujours être plus profondément encastrés qu'on ne le fait ordinairement : il n'y a pas, en effet, d'inconvénient à ce que Bd surpasse un peu la moitié de la largeur de la pièce encastrée, et l'on doit même veiller, en refouillant l'entrait, à ce qu'il y ait dans l'encastrement le jeu nécessaire, mais tout juste nécessaire pour que le contact suivant Bd soit aussi complet que possible.

L'assemblage représenté par la figure 22 est approuvé par quelques auteurs, mais généralement,

aujourd'hui, on lui préfère l'assemblage précédent. La ligne ponctuée représente la forme du tenon qui convient à ce genre d'aboutement.

La figure 23 représente une très bonne forme de coupe pour l'assemblage incliné, parce que la face d'aboutement y est perpendiculaire à la direction de l'effort qui agit sur elle, en supposant toutefois que cet effort soit dirigé suivant la direction de la pièce inclinée, ce qui existe presque toujours en ce cas.

Pour se rendre compte des détails et de l'exécution de ce genre d'assemblage, il suffit de jeter les yeux sur les figures A et B (fig. 23 bis), qui représentent le pied d'un arbalétrier et l'extrémité d'un tirant exécutés d'après le procédé de la figure 23. Le tenon, ici, ne fait plus partie de la pièce encastree qui reçoit au milieu une mortaise très facile à exécuter.

La figure 24 représente un aboutement circulaire. La ligne A B y indique la direction de l'effort, et *c* le centre qui doit être sur l'axe. Le rayon doit surpasser la moitié de la largeur de la pièce inclinée. Au reste, un seul coup d'œil jeté sur les figures C et D (24 bis) fera mieux comprendre l'exécution de ce genre de coupe, que ne pourrait le faire la description la plus minutieuse.

Quelques assemblages se construisent avec deux aboutements; mais cette manière de travailler exige beaucoup de précision dans le tracé et dans la main-d'œuvre. Comme en ce cas, le solidité de la ferme dépendrait entièrement du plus ou moins de soin que l'ouvrier donnerait à l'assemblage, on a fini par reconnaître en principe qu'un seul aboutement valait mieux que deux.

M. Robinson a fait très justement observer que, vu la difficulté de mouvoir à volonté de longues pièces, il y a un inconvénient à plusieurs fois éprouver un assemblage, pour voir jusqu'à quel point les deux parties se conviennent, ce qui fait que l'on ne soigne pas comme il faut le travail intérieur, sauf à laisser trop de jeu aux tenons. Voilà pourquoi les charpentiers qui ont de l'expérience donnent toujours la préférence aux assemblages dont l'efficacité, la stabilité reposent principalement sur ce qu'il y a de visible dans la coupe : l'intérieur pouvant être vicieux sans qu'il y paraisse.

En un mot, pour en finir, les assemblages à deux aboutements offrent plus de difficulté dans leur construction, et cet inconvénient n'est compensé par aucun autre avantage.

L'assemblage de la tête d'un arbalétrier diffère de celui de son pied à quelques égards, mais la différence n'est pas importante quant aux principes de la forme de la coupe. Soit pris, par exemple (fig. 27), un poinçon ayant son extrémité supérieure ou sa tête plus large que le reste de son étendue, afin de rendre plus solides les aboutements pratiqués en A ; il est évident qu'on pourra, comme du côté droit, tailler l'aboutement perpendiculairement à la direction de l'arbalétrier A, en donnant à celui-ci un tenon tel que le représentent les lignes ponctuées de la figure. Quand la tête du poinçon n'est pas assez large pour qu'on y puisse sans inconvénient faire l'entaille nécessaire à l'encastrement carrément fait de l'arbalétrier A, on emploie le procédé indiqué à gauche pour l'arba-

létrier B. Dans les deux cas, il faut laisser l'assemblage un peu ouvert et un peu lâche pour faciliter la pose lors de la mise en place.

On peut employer les mêmes dispositions pour des assemblages de contre-fiches ou d'aisieliers, et généralement pour des pièces obliques, telles que C et D (même figure), qui s'assembleraient par leur pied dans un poinçon ou dans tout autre poteau montant.

On voit en E, à côté de la figure 27, la manière dont le poinçon est assemblé dans l'entrait, et de quelle manière on peut consolider leur embranchement avec une garniture en fer boulonnée deux fois sur le poinçon.

Pour se rendre un compte exact des détails de l'assemblage de chacune des différentes pièces qui s'assemblent avec le poinçon de la figure 28, pl. XVI, il suffit de jeter un coup d'œil sur les perspectives cavalières indiquées sur la planche par les lettres E et F (fig. 28 bis); $a b y$ étant sur l'épure perpendiculaire à $b c$, ce genre de coupe vaut mieux que le précédent, d'après les raisons qui ont été données ci-dessus.

La figure 29 est un assemblage de même nature que les précédents, mais tous les abouts y sont circulaires, et leur construction, faite d'après les principes ci-dessus énoncés, ne présente aucune difficulté, ni pour le tracé, ni pour les détails dont on se rend compte très aisément en jetant les yeux sur les perspectives qui accompagnent l'épure. Au-dessous de ces trois morceaux se trouve indiquée la vue de l'extrémité inférieure d'une contre-fiche dont l'about est également taillé sui-

vant un arc de cercle. Deux tasseaux sont représentés sur la figure principale : l'un, celui du haut, sert à augmenter le nombre des points d'appuis de la pièce qui s'embranchement horizontalement à la tête du poteau ; l'autre, placé à la droite de son pied, sert à contrebalancer la poussée que la contre-fiche exerce sur le pied du montant. La garniture en fer sert à suspendre l'entrait au poinçon comme dans les figures précédentes.

Au lieu de la méthode ordinairement employée pour assembler avec les poinçons portés ou suspendus les extrémités des arbalétriers, contre-fiches, etc., il est beaucoup plus avantageux d'opposer ces pièces tête-à-tête ou pied-à-pied, d'appliquer des pièces parallèles sur l'assemblage des trois pièces et de consolider le système avec des boulons convenablement distribués. Les figures 30 et 31 sont suffisantes pour indiquer les détails de ce genre d'assemblage, principalement adapté à ce que l'on appelle poteaux pendants ou poinçons suspendus ; on en voit des exemples au pont de Schaffausen et à la ferme du manège de Moscou,

Les charpentiers allemands et plusieurs autres placent une plaque de plomb entre les surfaces d'aboutement de leurs assemblages, à l'effet de distribuer également la pression sur tous les points des deux surfaces. Cette méthode n'est pas cependant aussi utile dans les ouvrages en bois que dans ceux en pierre ; une plaque de fonte entre des surfaces d'aboutements en bois serait peut-être plus avantageuse ; telle est au moins l'opinion de Tredgold, de l'ouvrage excellent duquel presque tous ces détails sont extraits.

Assemblages défectueux des entrails, etc.

Il n'existe pas de partie dans la charpenterie où la défectuosité des assemblages soit accompagnée d'inconvénients aussi sérieux que l'exécution des assemblages d'entrails. Il n'existe pas non plus d'assemblages qui soient aussi mal construits que ceux-là. C'est que ce n'est pas chose aisée que de bien assembler un entrail, eu égard à la constitution même du bois dont la nature est telle que beaucoup d'entrails sont employés qui devraient être bannis des combinaisons adoptées, à moins qu'il ne soit tout à fait impossible de le faire.

On a déjà dit ailleurs que les queues d'aronde devraient être repoussées des ouvrages de la charpenterie. Or, cette maxime doit être surtout mise en pratique toutes les fois que ce genre d'assemblage a pour but, comme dans le cas des entrails, d'unir deux pièces de bois l'une avec l'autre.

Supposons, par exemple, que la lettre A (fig. 25, pl. XV) représente l'angle d'un bâtiment dont les sablières sont assemblées en queues d'aronde, la partie *ab* étant à contre-fil du bois devra se raccourcir en séchant, et l'autre pièce étant à droit fil n'éprouvera qu'un insensible raccourcissement. Donc, le moindre degré de raccourcissement permettra au joint de tirer considérablement, ainsi que cela est indiqué par les lignes ponctuées, et cela contribuera, comme le ferait un coin, à désassembler les deux pièces. Un assemblage constitué, ainsi que l'indique la figure 26, ne ferait pas résulter un inconvénient pareil d'un raccourcissement du bois, fût-il même plus considérable. Concluons-

en qu'un assemblage ainsi pratiqué vaut mieux dans ce cas qu'un assemblage à queue d'aronde.

Les assemblages et tenons de cette espèce ont toujours été jusqu'ici fréquemment adaptés à beaucoup de pièces de charpente, tels que faux-entraits de petites fermes, extrémités inférieures de pignons portés et suspendus, jonctions de sablières, etc., etc. Dans tous ces cas, ce sont les pires assemblages que l'on puisse employer. L'assemblage connu sous le nom anglais de *carpenter's boast* (le triomphe du charpentier) doit être également rejeté comme aussi défectueux que tous ceux qui appartiennent à la classe des queues d'aronde.

La figure 32 représente une manière d'assembler un faux-entrait C avec un arbalétrier D, qui est de beaucoup préférable à leur réunion en queues d'aronde.

Une vigoureuse cheville de chêne dur, mais taillée à droit fil, est une excellente chose à ajouter aux assemblages d'entraits : c'est plus économique qu'un boulon de fer. Rien ne prouve mieux d'ailleurs l'utilité des chevilles que le fréquent usage qu'on en a toujours fait dans la charpenterie ; mais il faut une certaine habitude de chevillage pour percer les trous de façon que l'introduction de la cheville rapproche l'une de l'autre les surfaces qui doivent se toucher dans un assemblage chevillé.

Les diverses parties d'un assemblage peuvent être attachées l'une à l'autre au moyen de chevilles de bois, de clous, de vis et de bandages. Les cas où l'interposition d'une matière collante peut être employée sont rares et sans importance, parce que

les variations que les points de résistance subissent dans les assemblages de charpenterie sont rendues trop fréquentes et trop considérables par le retrait ou par la flexion des bois pour que de la colle puisse leur résister. Dans la menuiserie et l'ébénisterie, c'est bien différent, parce que les mêmes inconvénients ne s'y rencontrent pas au même degré.

Chevilles de bois. — La liaison des assemblages au moyen de chevilles est une vieille et efficace méthode qui continue encore à être la meilleure des méthodes à employer dans de très nombreuses circonstances. La section de la cheville doit être au moins suffisante pour résister à l'effort qui tend à la rompre par son travers; et, quand les chevilles sont établies dans le but de serrer l'assemblage, la flexion de la cheville mise en place doit être moindre que celle qui correspond à la courbure qu'on lui donne, autrement l'effort sur la cheville serait trop considérable.

Les bois durs et droits font les meilleures chevilles, et dans ces derniers temps il a été pris plusieurs brevets pour comprimer le bois et le rendre ainsi meilleur pour la confection des chevilles. Sur quelques chemins de fer, on a substitué des chevilles en bois aux chevilles en fer qui fixaient le rail sur le coussinet de jonction.

Devant avoir occasion, dans le paragraphe suivant, de parler du chevillage métallique, ainsi que des liens et autres garnitures qu'on aperçoit dans les figures 27, 28, 29 et 31, nous terminerons cet examen critique des assemblages et de leurs acces-

soires par un système d'assemblage autrefois breveté en Angleterre.

Assemblage par enfourchement de charpentes réunies par leurs bouts

Cette espèce d'assemblage, pour lequel un brevet a été accordé, en 1835, à M. Robert, maître charpentier à l'arsenal royal de la marine, à Plymouth, est un perfectionnement apporté par lui aux manières habituelles d'unir les pièces bout à bout. Ce perfectionnement est applicable à la construction des mâts et mâts de hune des vaisseaux, ainsi qu'à la construction des pilotis, et à certaines autres constructions qui exigent l'allongement des charpentes.

Ce système doit apporter une grande économie, en ce que les mâts peuvent être dorénavant construits avec du sapin ordinaire, les mâts de hune avec des bois plus courts et moins coûteux que ceux actuellement employés, et les pilotis avec toute longueur voulue.

Cette manière d'assembler des pièces de bois bout à bout, consiste à former les parties repliantes de chacune des extrémités à joindre, de telle sorte que chaque partie repliante soit fourchue, les deux fourchons étant placés diamétralement opposés l'un à l'autre, par rapport au centre de la masse générale des pièces de bois à joindre, et les deux pièces étant assemblées de manière à ce que lesdits fourchons de chaque pièce s'entrecroisent réciproquement et soient compris l'un entre l'autre : ainsi chaque fourchon de chaque fourche

appartenant à l'une des pièces de bois, est en contact par ses deux faces avec chacun des fourchons d'une fourche appartenant à l'autre pièce. Pour cela, il faut aplanir les surfaces des fourchons qui sont mis en contact et celle des fourchons qui se croisent et se coupent suivant l'axe central de la masse de chaque pièce de bois, et les extrémités des deux fourchons des fourches de chaque pièce doivent aboutir solidement contre les épaulements entre les fourches de l'autre pièce, de manière à remplir tout interstice entre les fourches des diverses pièces, et à faire la jonction des deux pièces de même épaisseur que les autres parties de la pièce.

Cette jonction peut être consolidée par des boulons en métal, ou des chevilles insérées transversalement dans les fourchons des fourches, traversant les fourchons opposés de chaque fourche, de manière à les maintenir ensemble, et on peut les arrêter dans cette position en entourant convenablement la jonction de cercles en métal pour maintenir bien en contact les surfaces des fourchons.

L'on peut aussi placer des bandes de métal sur les côtés des pièces assemblées, de manière à dépasser la jonction et les fixer au bois au moyen de clous : cette méthode perfectionnée d'assembler bout à bout des pièces de bois, substituée à la manière qu'on appelle communément écarver, qui consiste en une jonction oblique des extrémités joignantes et repliantes, unira plus fortement les bois, en ce que l'extrémité jointe et repliante de chaque pièce est comprise entre deux parties de l'extrémité repliante correspondante de l'autre

pièce, qu'elle est en contact des deux côtés de la ligne centrale des pièces de bois jointes, et que les extrémités aboutissantes des deux pièces de bois à joindre sont en contact sur toute la surface de la section transversale du bois, ce qui rend cette méthode particulièrement applicable aux pilotis, aux pistons de pompe des puits de mines, ainsi qu'aux mâts et à tous autres usages qui exigent une jonction très exacte des pièces pour les rendre capables de résister à une pression longitudinale.

Et pour l'explication plus complète de cette méthode, j'ai représenté quelques-unes de ses applications; les figures 37, 38, 39 et 40 (pl. 16) représentent le mode de jonction applicable aux pilotis. A est la masse solide d'une des pièces de bois, B celle de l'autre pièce, *a* et *n* les deux fourchons de la fourche de A, *b* et *m* ceux de la fourche de B; les surfaces des fourchons des fourches qui doivent être en contact latéral l'une avec l'autre, pour la jonction, sont des plans de biais qui se coupent au centre de la masse générale de la pièce de bois en allant d'un angle à l'autre, ainsi que le montre la section transversale (fig. 38). Les extrémités aboutissantes des fourchons *a* et *b* des fourches s'appliquent exactement aux épaulements *r* et *s*, comme le montre clairement la figure 37; et de même les extrémités des autres fourchons *m* et *n* aux épaulements correspondants aux autres côtés des pièces de bois, et remarquez que ces extrémités aboutissantes peuvent se terminer par des surfaces perpendiculaires à la longueur des pièces de bois, ou par des surfaces légèrement inclinées à cette même longueur,

pour les faire tendre à rassembler les fourchons de chaque fourche chacun vers le fourchon opposé, au lieu de les faire tendre à s'écarter l'un de l'autre; chaque fourchon présente sa pointe au centre de la pièce de bois; tout ceci est suffisamment détaillé dans le dessin.

Les figures 41, 42, 43, 44 représentent un semblable mode de jonction, pour le même but, ne différant du premier qu'en ce que les surfaces planes des fourchons qui doivent être en contact (lesquels fourchons se coupent au centre, comme avant), sont parallèles aux faces extérieures de la masse solide, ainsi que le représente la section transversale (fig. 41), au lieu d'être en diagonale comme dans la figure 38.

Tous ces exemples de cette méthode sont applicables à la jonction bout à bout de pièces de bois pour pilotis, à enfoncer en terre, pour les appuis ou supports usités dans la construction des bâtiments; pour les pistons de pompes à puits de mines, et autres objets semblables; remarquez que tous boulons, chevilles, cercles ou bandes de métal, appliqués dans la manière ordinaire de joindre des pièces de bois, peuvent encore l'être dans celle-ci.

Les figures 45, 46, 47, 48 et 49 font voir comment cette même méthode peut s'appliquer à la fabrication des mâts, mâts de hune, de beaupré et autres; le mode d'assemblage étant le même, et les lettres employées les mêmes que précédemment, il est inutile d'expliquer ces figures.

Quant aux dimensions, les dessins sont faits à l'échelle, de sorte qu'on pourra observer les pro-

portions convenables, dans l'application à des pièces de bois de grandeur quelconque, en se conformant pour chaque cas à la dimension du bois, de manière à être toujours en accord avec le dessin.

Remarque. — Pour unir par ce procédé deux arbres de manière à n'en former pour ainsi dire qu'un seul de grosseur décroissante, il faut les choisir convenablement. Soit, par exemple, M la longueur du plus gros des deux arbres; D , son diamètre inférieur, et d , son diamètre supérieur. Si L est la longueur qu'il convient de donner aux fourchons de l'assemblage, il est évident que $(M-L)$ sera la longueur réelle de la partie inférieure de la pièce du bas, puisque c'est à une distance $(M-L)$ du bas de la forte pièce que se trouve le bas de la pièce du haut, c'est-à-dire de la moins grosse. Il suit de là que la seconde pièce M' doit avoir son grand diamètre D' égal au diamètre que possède la pièce M à une distance de sa base égale à $(M-L)$. Il faut encore que la grosseur de la pièce M' aille en diminuant dans le même rapport que la pièce M , c'est-à-dire que la réduction métrique des diamètres doit avoir la même valeur dans les deux arbres; sans cela, le second ne ferait pas suite au premier.

Or, la réduction métrique absolue de la pièce du bas est égale à $\frac{D-d}{M}$: donc, à la hauteur où commence la poutre du haut, le diamètre de la poutre M , ou, ce qui revient au même, le diamètre D' de la poutre M' doit être inférieur au diamètre d'une quantité égale à $\left(\frac{D-d}{M}\right) \times (M-L)$; et le

diamètre d , du haut de la seconde pièce, doit être inférieur au diamètre D' , qu'on vient de déterminer, d'une quantité égale à $\left(\frac{D-d}{M}\right) \times M'$, puisque cette extrémité est à une distance M' de l'endroit où la seconde pièce a commencé.

Soit 6 mètres la longueur de la pièce M ; 40 centimètres le diamètre inférieur et 32 centimètres le diamètre supérieur de la pièce M qui doit s'enfourcher avec une autre pièce à 5 mètres de sa base.

La réduction totale du diamètre, ou $(D - d) = 8$ centimètres : donc, $\frac{8^{\text{cm}}}{6}$ est la réduction par mètre que l'assemblage doit avoir. Il suit de là qu'à 5 mètres de la base, le diamètre doit être réduit de $\frac{40^{\text{cm}}}{6} = 6^{\text{cm}}66$ environ ; ainsi la base de la seconde pièce doit avoir son diamètre égal à $40^{\text{cm}} - 6^{\text{cm}}66$, ce qui fait 33.34, à un dixième de millimètre près. Maintenant ce diamètre D' étant réduit dans le même rapport le long de la pièce M' , si cette pièce a 9 mètres de longueur, on aura pour valeur de la nouvelle réduction $\frac{8^{\text{cm}}}{6} \times 9$, ou $\frac{72}{6} = 12$, desorte que la seconde pièce M' , à son extrémité supérieure, n'aura plus qu'un diamètre $d' = 21^{\text{cm}}34$.

La figure 48 *bis*, où les diamètres sont exagérés, fera comprendre l'explication et le calcul ci-dessus, en supposant que la grosse pièce est $abcd$, et que la petite pièce est $efgh$; car alors M est la longueur de $abcd$; M' , celle de $efgh$; D , le diamètre ab ; d , le diamètre cd ; D' , le diamètre ef ;

d' , le diamètre gh , et L , la longueur de l'enfourchement $efcd$.

III. CHEVILLAGE EN FER DES PIÈCES ASSEMBLÉES

Les anciens faisaient peu d'usage du fer pour relier leurs constructions en charpentes : de simples chevilles en bois dur leur suffisaient pour maintenir leurs assemblages et consolider leurs constructions. Maintenant on y emploie des clous, des vis, des boulons de différentes grosseurs et de différentes formes, des espèces de clous conjugués à distance, qu'on appelle clameaux, des frettes, des liens, des scellements, des bandes de fer, des étriers, des équerres, des tirants, et même quelquefois des chaînes.

Nous allons passer successivement en revue ces divers objets en fer, dont on se sert le plus habituellement pour relier entre elles les pièces de charpente assemblées et mises en place.

Nomenclature des pièces

Clous et broches

M. Emmerly, dans la description du pont d'Ivry, remarque 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 lames plates et tranchantes, à deux biseaux comme celle d'un fermoir; et lorsqu'on les

chasse dans le bois, il faut que le tranchant soit perpendiculaire aux fibres, et non dans leur sens, pour qu'il les coupe et ne les écarte pas. Les figures de la planche XVII, depuis le n° 1 jusqu'au n° 9, représentent les deux projections principales des diverses sortes de clous employés dans la charpenterie. La figure 10 est un crampon à deux pointes, et les n° 12, 13 et 14 sont encore des clous avec patte, crochet ou anneau à la place de la tête.

Quand un clou dépasse le bois dans lequel il est enfoncé, et qu'on veut le river, il faut maintenir la tête en frappant du marteau la pointe obliquement.

Vis

Pour qu'une vis 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 partout et que le corps soit cylindrique dans sa partie non taraudée, car dans la partie taraudée, le diamètre peut aller en augmentant progressivement vers la tête. Quand on veut que la tête d'une vis affleure, il faut lui préparer d'avance son logement dans le bois.

Dans les bois tendres, on se contente d'amorcer le trou de la vis avec la pointe du compas. Les serruriers se contentent alors d'enfoncer la vis à coups de marteau : c'est un usage pernicieux.

Il est utile, pour la conservation des vis, de les graisser avant de les introduire dans le bois : c'est le moyen qu'elles ne s'y rouillent pas. Dans les

endroits humides, on doit préférer les vis en cuivre, mais alors elles doivent être plus fortes que si elles eussent été de fer.

Du n° 15 au n° 20, la planche XVII représente les principales sortes de vis avec tête, piton, ou crochet.

Clameaux

Les clameaux (planche XVII, fig. 40 à 44) sont des espèces de crampons à deux pointes perpendiculaires à la partie moyenne, qui est plate.

On les fait confectionner de la grandeur dont on a besoin et on les emploie ordinairement à maintenir côte à côte deux pièces de bois dont les surfaces sont sur le même plan. Une pointe entrant dans chaque pièce, si l'on y pousse plusieurs clameaux au moment où elles sont bien en place, il est clair que les clameaux s'opposeront à leur séparation ou à leur déversement.

Boulons

Les figures 21 à 38, planche XVII, représentent les diverses sortes de boulons les plus employés. Les trous à travers lesquels les boulons doivent passer sont percés avec grand soin, tout juste aux diamètres des boulons, très droits et exactement dans la direction des boulons.

Il y a de nombreuses espèces de boulons qui diffèrent par la forme de leur tête et par celle de leur écrou ; il y en a aussi de taraudés par les deux bouts, mais leur description nous mènerait trop loin. On ne leur donne ordinairement que juste le diamètre nécessaire pour résister à la pression qui

agit sur eux. Quand l'épaisseur totale des bois réunis est considérable, on doit préférer y mettre un boulon à deux écrous, et quand la pression est très grande, il est bon de mettre au moins deux rondelles sous les écrous.

Les écrous de boulons se manœuvrent au moyen de *clefs* appropriées à chaque forme de tête (Voyez pl. XVII, fig. 74 à fig. 81).

Frettes

Les frettes (planche XVII, fig. 45 à 53) sont des espèces d'anneaux ronds, carrés, octogones ou à pans, formés par une bande de fer suffisamment épaisse, soudée par les deux bouts avec le plus grand soin.

Les figures 65 à 68 représentent des frettes de formes particulières, la dernière surtout est excellente pour les pièces carrées. Pour qu'une frette serre bien la pièce de bois qu'elle enveloppe, il faut avoir soin d'abord de ne l'appliquer qu'à des bois très secs; de donner un tant soit 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. Autrement, après qu'on l'a forgée juste, et pendant qu'elle est encore chaude, on la met en place; et comme l'anneau se rapetisse par le refroidissement, il serre alors fortement la pièce qu'il enveloppe; c'est par un moyen semblable que l'on cercle en fer les roues de voitures.

Les mâts formés de deux pièces, d'après le sys-

tème d'enfourchement que nous avons décrit à la fin du paragraphe précédent, ont besoin, pour être maintenus, d'avoir plusieurs frettes échelonnées, qui consolident l'enfourchement de leurs deux pièces.

On fait usage de frettes oblongues pour retenir les arbalétriers dans leurs embrèvements sur les tirants. Ces longues frettes sont chassées à coups de masse à leur place, et l'on fait en sorte qu'elles soient également inclinées sur les pièces qu'elles lient ; puis on les retient sur les faces en pente par de forts clous chassés au-dessous d'elles. Il ne faut pas y pratiquer de trous : cela leur ôterait de leur force.

Il y a des frettes circulaires d'une seule pièce : d'autres, également circulaires, sont formées de deux arcs terminés par des oreilles que l'on serre avec des boulons à vis et écrous. Il y en a aussi de carrées formées de deux moitiés ayant leurs oreilles aux angles ; d'autres les ont au milieu de deux côtés opposés ; d'autres enfin sont d'une seule pièce, et pour les poser, on prend les mêmes précautions que pour celles qui sont circulaires.

Les frettes de forme polygonale, qui servent à maintenir les colonnes entées ou assemblées bout à bout, se font également d'une seule pièce ou de plusieurs que l'on réunit avec des boulons. Mais les joints à oreilles et notamment ceux où on les place aux angles des pièces, ne serrent pas aussi bien qu'on pourrait le croire à cause du déversement que les oreilles peuvent éprouver lorsqu'elles ne s'appliquent pas complètement l'une sur l'autre.

Liens

Les liens sont des espèces de frettes.

La figure 63, pl. XVII, représente deux liens *a* et *b* qui serrent des madriers appliqués les uns sur les autres ; une partie plate réunit les deux branches du lien *a* qui forment deux coudes représentés dans la coupe *a'* au-dessus de la principale projection. Dans le lien *b*, les deux branches sont les prolongements d'une bande qui s'arrondit sur un tasseau *p* représenté en *p'* sur la coupe *b'*. Cette disposition a pour objet de prévenir la rupture des coudes, qui est toujours à craindre dans les ferrements plats qui opèrent de fortes pressions.

Dans l'un et l'autre lien, la pression est opérée par les brides *m* dans les yeux desquelles passent les bouts taraudés qui sont saisis par des écrous garnis de leurs rondelles.

Des liens de cette forme s'emploient concurremment avec les frettes pour maintenir les arbalétriers dans leurs embrèvements sur leurs tirants. Dans ce cas, il faut avoir soin de les placer dans une direction perpendiculaire aux arêtes de l'arbalétrier et de les maintenir en place au moyen d'entailles pratiquées sur les faces supérieure et inférieure de cette pièce inclinée.

Les liens sont encore employés pour serrer des pièces qui se croisent, surtout quand elles le sont à angles droits. (Voyez fig. 56).

Scellements

Les fers à scellements sont employés à fixer des pièces de bois contre des murs en maçonnerie. La

figure 62 représente trois sortes de scellements. En A est un boulon scellé dans le mur et destiné à traverser une pièce de bois pour l'attacher contre le mur. Deux oreillons qui tiennent lieu de tête le fixent dans le scellement.

En B, une bande coudée g embrasse une pièce de bois b et la tient appliquée contre le mur par l'effet de deux scellements.

En C, deux boulons pp , scellés comme celui A, retiennent entre eux une pièce de bois f appliquée contre le mur au moyen d'une bride e saisie sous les deux écrous de ces boulons.

Bandes de fer

Quand on emploie des bandes de fer pour consolider un assemblage, il vaut mieux les fixer sur les pièces au moyen de vis qu'avec des clous : des boulons sont encore préférables.

Lorsque deux bandes sont nécessaires pour consolider une entee de deux pièces, il vaut mieux mettre une bande de chaque côté et courber leurs extrémités ou agrafes, afin qu'elles se cramponnent au bois, où des logements doivent être pratiqués pour recevoir les crochets. (Voyez pl. XVII, de fig. 57 à fig. 60.)

Etriers

Quand on ne se servait pas de fer dans la charpente, on retenait les pièces de bois à celles qui devaient les soutenir par des clefs de bois. Pendant longtemps, même, les boulons ont été suppléés par des moises et de longues clefs de bois. Maintenant on se sert, pour soutenir les pièces de bois, de

bandes de fer qui les enveloppent, et dont les branches, en se prolongeant jusqu'au support, vont s'y appliquer et y sont attachées au moyen de forts clous. Quelquefois aussi les deux branches opposées sont traversées, ainsi que la pièce qui porte, par un boulon.

On emploie surtout les étriers à supporter les faux-entraits.

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, ou bien encore ceux des chevêtres et des limons avec les solives.

Équerres

Les équerres (pl. XVII, fig. 70 et 71) sont employées à maintenir l'assemblage de deux pièces de bois faisant un angle; il y en a de plates et d'autres qui sont de champ. Une équerre plate doit être incrustée le plus possible dans le bois, si on veut qu'elle produise son effet, et ses bouts doivent s'y enfoncer sous forme de crampons. Il y en a de doubles qu'on appelle des T (fig. 83), parce qu'elles ont la forme de cette lettre.

Que l'équerre soit double ou simple, si l'on veut qu'elle maintienne solidement l'assemblage où on l'applique, il ne faut pas qu'elle soit seule, mais qu'elle corresponde à une autre équerre qu'on place parallèlement de l'autre côté de l'angle, et avec laquelle on la réunit par des boulons traversant le bois. Quand on emploie des clous pour fixer les deux équerres, il faut, au contraire, veiller à ce que leurs trous pour les clous ne se correspondent

pas. Les équerres, au reste, coûtent assez cher et ne remplissent qu'imparfaitement l'office qu'on en attend.

Des *goussets* et de simples bandes (fig. 69), judicieusement disposés, sont aussi aptes qu'une équerre à empêcher l'angle de deux pièces de se fermer ou de s'ouvrir.

Tirants

Les tirants, comme on a dû le voir, servent à unir des parties de charpente qui sont éloignées les unes des autres. Quand les distances sont très grandes, les tirants ne peuvent pas être faits d'une seule pièce; il faut, par conséquent, en réunir plusieurs bout à bout par des joints solides, et dont la plupart doivent fournir le moyen de donner une tension convenable à la solidité du tirant.

Les figures 72 et 73 sont des projections de différents moyens de jonction pour les parties des tirants. Dans la première, qui représente des parties de tirants formées de bandes plates, *a* est un joint à clavette en projection verticale, et *a'* est la projection horizontale du même joint, pour le cas où ce joint étant isolé, son épaisseur peut dépasser également des deux côtés celle des bandes dont le tirant est formé; *a''* est la projection horizontale pour le cas où le joint doit être porté d'un côté, parce que le tirant doit être appliqué contre quelque objet. Ce joint est aussi appelé moufle.

On y voit en *b* deux projections d'un joint à oreilles serré par deux boulons traversant une oreille et se vissant dans l'autre.

En *c*, deux projections d'un joint à oreilles dou-

bles serré par un boulon à écrou. Ce joint est préférable aux précédents, parce que, en serrant les boulons également, l'effort est le même des deux côtés du tirant.

Enfin, en *d*, est un joint plat serré par des boulons et rondelles.

Dans la figure 73, qui représente un tirant formé de barreaux carrés :

e est un joint à vis se réunissant dans un écrou commun. Si cet écrou doit produire la tension du tirant, il faut que les parties du tirant soient taraudées en sens inverse, et que l'écrou commun soit aussi taraudé en sens inverse, afin qu'en le tournant il attire à lui les deux parties du tirant.

f est un joint avec boulon à deux tiges sur une seule tête romaine, et deux taraudages en sens inverse, qui terminent les extrémités du tirant.

g, joint plat. Des tenons *x*, qui font partie de la patte du tirant *p*, sont reçus dans la patte du tirant *q*. Cet assemblage est retenu en joint par des coulants *v*, *y*, *z*, qui peuvent glisser au besoin tout le long de l'assemblage, les tenons *x* ne dépassant pas la surface de la patte du barreau *q*.

On fait aussi usage de fer rond pour les tirants.

Chaines

Les chaînes qui sont employées en charpente à la place de tirants ne doivent être composées que de chaînons fort longs, formés de tringles terminées par des anneaux ronds ou ovales. On ne doit y recourir que très rarement, à cause de l'élasticité des anneaux, et aussi parce qu'elles offrent peu de

résistance comparativement à la quantité de fer qu'elles contiennent.

Fers interposés dans les assemblages

On a depuis longtemps observé que le défaut de dureté dans le bois est cause que les contacts des assemblages n'opposent pas toujours une résistance suffisante aux pressions qu'ils éprouvent. Ou les fibres longitudinales sont comprimées les unes contre les autres par les abouts, ou, dans ces abouts, les fibres sont refoulées, et de cet inconvénient résulte un jeu dans les assemblages et de grands tassements dans les charpentes.

L'intercalation des lames de plomb, conseillée par Mathurin Jousse et Perrault, obvie jusqu'à un certain point à ce double inconvénient pour les assemblages à bois debout, quand surtout le tassement peut être prévu et calculé d'avance.

Le zinc, le fer-blanc et même le cuivre ont été successivement employés dans le même but ; mais ce n'est guère que depuis 1810 qu'on a commencé à revêtir les pieds de fortes pièces d'enveloppes ou chaussures métalliques nommées semelles, sabots, chaussons, patins, etc., selon le caprice des architectes et des fondeurs.

M. de Betancourt, en décrivant la charpente de la salle d'exercice de Moscou, avait reconnu que *les bois, agissant dans la direction de leur propre longueur, ne doivent jamais, directement ou indirectement, exercer leurs efforts de pression contre des pièces qui reçoivent leurs abouts.*

Huit ans avant la construction de cette char-

penne, en 1810, il s'avisait, pour la première fois, dans la construction du pont de Kamennoi-Ostrow, composé de sept grandes arches (celle du milieu ayant 28 mètres d'ouverture), de faire porter leurs naissances sur des boîtes en fonte de fer, et en décintrant, les arcs ne baissèrent pas d'un millimètre. Depuis, il a introduit cette méthode dans les assemblages de ferme pour les combles, et la première application qu'il en a faite a été dans la construction des fermes de la salle d'exercice de Moscou.

Nous avons reproduit sur la planche 17 (fig. E) les têtes en fonte de fer qui couronnent les moises-poinçons ou faux-poinçons, en sorte que les bois ne sont jamais en contact direct. La figure E *bis* représente deux projections de la partie supérieure de l'une de ces moises. Une cloison de chaque tête et son rebord sont saisis entre les moises; les arbalétriers et contre-fiches logent leurs abouts dans la cavité que la tête leur présente de chaque côté, et pour compléter la liaison de cette tête avec les moises, de chaque côté des moises, un étrier fourchu les unit au moyen d'un boulon qui traverse la tête, et de trois autres boulons qui traversent la cloison et qui serrent les moises.

Dans les fermes représentées par les figures M et N (planche XVII), on trouve d'autres exemples de l'emploi du fer coulé comme intermédiaire dans les assemblages. La figure M appartient au comble d'un atelier de Liverpool; celui de la figure N fait partie d'un comble couvrant une remise de voitures à la station d'un chemin de fer à Londres. Les figures P, Q, R et S représentent, sur une échelle

quadruple, les détails des pièces en fonte des fermes M et N, dans lesquelles tous les poinçons sont supprimés.

Ce système de construction a été étendu à de plus grandes portées en augmentant le nombre de boulons ou aiguilles pendantes en même temps que celui des contre-fiches. Ces boulons servent autant à suspendre les tirants qu'à empêcher l'exhaussement d'un des bouts de l'entrait, par l'effet d'un fléchissement de l'autre bout, qui serait occasionné sous des charges inégales ou mal réparties du tirant. Vu la forme hexagonale formée par le tirant, l'entrait, les arbalétriers et les contre-fiches, les boulons sont indispensables à l'invariabilité de la figure et à la stabilité du système.

Nous nous proposons de revenir sur cette question, dans le volume suivant, en parlant des poutres armées et des semelles en fonte.

TABLE DES MATIÈRES

DU

TOME PREMIER

	Pages
INTRODUCTION	v
EXPLICATION DES SIGNES ALGÈBRIQUES.	ix
CHAPITRE PREMIER. — <i>Principes géométriques.</i>	1
I. Géométrie élémentaire	1
Premières notions	1
Mesure et comparaison des lignes et des surfaces.	13
Lignes et plans dans l'espace.	20
Polyèdres ou corps terminés par des plans.	23
Corps ronds élémentaires.	26
Mesure et comparaison des corps	29
Surfaces et volumes des trois corps ronds.	32
Opérations graphiques	33
Reproduction, réduction et amplification des figures	41
Sections coniques	46
II. Art du trait.	56
III. Notions de géométrie descriptive	59
Premiers exercices.	62
Rabattements des plans	72
Projections auxiliaires.	74
Utilité des plans auxiliaires	76
Projection des corps et leurs intersections.	79
Projection des polyèdres	80

Projection du cylindre, du cône et de la sphère	85
Projections ombrées	94
CHAPITRE II. - - <i>Bois de charpente</i>	102
I. Des bois en général et principalement de ceux qui sont propres aux constructions . . .	102
Structure des bois	102
Défauts et vices des arbres.	112
Age auquel on doit abattre les arbres. . .	114
Equarrissage et sciage des bois	117
Sciage de long et débit des planches	122
Vices et défauts apparents des bois après leur équarrissage	127
Pesanteur ou poids spécifique des bois. . .	128
II. Mesurage et cubature des bois	132
Principes généraux	132
Cubature ancienne	133
Cubature nouvelle	137
Us et coutumes	138
Comparaison des mesures anciennes et des mesures métriques.	140
Tables de conversion et de cubature. . . .	147
III. Mode de livraison des bois dans le commerce.	161
IV. Dessiccation des bois	162
Procédé Paulin-Désormieux	167
Procédé Mugueron	172
Modification du procédé Mugueron, par M. Neuman	173
Procédé de pénétration du bois	174
Procédé pour durcir le bois.	175
Procédé Atlée pour durcir le bois et l'empêcher de travailler par l'effet de l'humidité.	175
V. Conservation des bois	176
Moyen de rendre les bois inaltérables . . .	178

Préservatif du bois contre les vers	179
Conservation des bois par l'acide pyroli- gneux.	179
Procédés Brochard et Watteau	180
Procédés Ador.	183
Procédés Knab.	184
Procédés François.	184
Procédés Boucherie.	188
Nouveaux procédés Boucherie.	204
VI. Incombustibilité des bois.	207
VII. Courbure des bois.	240
CHAPITRE III. — <i>Théorie des forces et résistance</i> <i>des matériaux.</i>	
I. Théorie des forces	212
Leviers d'assemblage.	221
Influence de la position des poutres sur la nature des efforts qu'elles supportent	222
Leviers composés.	222
Manière de distinguer les pièces tirées des pièces comprimées.	228
Du centre de gravité.	234
Pression sur les poutres inclinées.	237
II. Tables des sinus et applications à la compo- sition et à la résolution des forces.	242
Principes sur lesquels repose la résolution des triangles.	257
Calculs particuliers relatifs aux principales combinaisons de charpentes	263
Poussées des charpentes	272
III. Résistance des bois; stabilité dans cette résis- tance.	276
Définitions et principes généraux	279
Résistance des prismes aux allongements, à la compression et à la rupture	281

Résistance des prismes à la rupture; force absolue de ténacité.	287
Rupture par extension	287
Résistance des bois à l'écrasement	288
Cas où la poutre comprimée debout subit une flexion transversale avant de se rompre.	291
Limite d'élasticité	293
Résistance des bois soumis à un effort transversal qui tend à en opérer la rupture. .	293
Pressions transversales perpendiculairement à la longueur des poutres et dimensions à donner aux solides pressés par des forces de cette nature	295
Poutres et solides prismatiques posés librement sur deux appuis : cas où l'on tient compte du poids de la poutre.	297
Poutres et autres solides prismatiques encastés par les deux extrémités.	299
Formules pour calculer la flexion que prennent les corps de formes prismatiques. .	303
Solides posés sur deux appuis.	305
Solides encastés par les deux bouts et chargés au milieu de leur longueur	306
Résistance des bois considérés dans diverses positions	310
Résistance horizontale à la rupture	311
Résistance à la flexion des bois placés horizontalement.	316
Résistance à une pression dirigée dans le sens de la longueur des pièces de bois. .	319
Résistance à l'écrasement	320
Résistance des bois debout à la flexion . .	321
Résistance à la rupture produite par un effort dirigé dans le sens de la longueur des fibres du bois, et tendant à allonger la pièce.	323

Flexion des bois au moment de la rupture.	324
Application des règles précédentes à la pratique des constructions.	326
CHAPITRE IV. — <i>Théorie, exécution et résistance des assemblages.</i>	328
I. Tracé et exécution des assemblages	328
Assemblage à mi-bois	329
— carré à tenon et mortaise	329
— en about ou oblique.	333
— à tenon avec renfort	333
— à double tenon	334
— par embrèvement.	334
— à tenon passant	335
— des pièces qui se rencontrent obliquement	335
— à queue d'aronde ou d'hironde	336
— à mi-bois, bout à bout.	337
— à trait de Jupiter.	337
— pour enter les poteaux et les autres pièces de bois destinées à être placées verticalement	338
Des moises	339
II. Théorie des assemblages au point de vue de leur résistance.	340
Rallongement des pièces de bois qui doivent résister à des efforts exercés dans le sens de leur longueur	341
Allongement des poutres destinées à résister à des efforts transverses, et des poutres employées dans les édifices.	349
Construction des poutres	351
Allongement des poutres destinées à résister à des forces de compression	353
Assemblages angulaires ou par embranchements	354

Assemblages défectueux des entrails, etc.	365
Assemblage par enfouissement de char- pentes réunies par leurs bouts	368
III. Chevillage en fer des pièces assemblées	374
Nomenclature des pièces	374
Clous et broches	374
Vis	375
Clameaux	376
Boulons	376
Frettes	377
Liens	379
Scellements	379
Bandes de fer	380
Étriers	380
Equerres	381
Tirants	382
Chaînes	383
Fers interposés dans les assemblages	384



FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

telles que MOM' sont des diamètres. — Toute ligne qui passe par les milieux de deux cordes parallèles est un diamètre, comme dans l'ellipse. — Deux diamètres sont dits conjugués quand chacun d'eux divise en parties égales les parallèles à l'autre. — Etant donnée une hyperbole, on en trouve le centre, les axes ou les foyers en opérant comme il a été dit à l'occasion de l'ellipse. Il y a dans une hyperbole des diamètres limités et des diamètres illimités. — Les deux lignes qui séparent les diamètres infinis de ceux qui ne le sont pas, sont les *asymptotes* de l'hyperbole. — Les asymptotes de l'hyperbole sont des espèces de tangentes, qui, partant du centre, rencontreraient les deux branches à une distance infinie.

Tracé de l'hyperbole. — Etant donnés les sommets A et A' , ainsi que ses foyers F et F' , pour tracer cette courbe, des points F et F' comme centre, avec un rayon quelconque, mais plus grand que AF , avec $A m$, par exemple, décrivez des arcs de cercle; puis des mêmes points comme centre, avec un rayon égal à $A'm$, décrivez de nouveaux arcs : ces nouveaux arcs couperont les premiers en quatre points qui appartiendront tous quatre aux branches de la courbe. En déplaçant le point m , on obtiendra de même quatre autres points, puis quatre autres, et on continuera ainsi jusqu'à ce que les points soient assez nombreux et assez rapprochés pour que les branches de l'hyperbole puissent se tracer à la main ou au *pistolet*.

Tangente à l'hyperbole. — La tangente à l'hyperbole par un point donné de la courbe s'obtient en tirant les deux rayons vecteurs de ce point et en

ENCYCLOPÉDIE-RORET



CHARPENTIER

TOME SECOND

80V

13737

MANUELS - RORET

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DU

CHARPENTIER

OU

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE ET PRATIQUE DE CET ART

CONTENANT

les principes de Géométrie, l'Art du Trait,
la structure, la conservation et le débitage des Bois,
la résistance des Bois et de leurs assemblages,
l'Outillage du Charpentier et la description des Travaux
de Charpente de toutes sortes

Par **BISTON, HANUS, BOUTEREAU & GAUCHÉ**

Nouvelle édition

REFONDUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE

de la Charpente en fer et de la série des Prix
pour les Travaux de Charpente

Par **N. CHRYSOCHOÏDÈS**

Ingénieur des Arts et Manufactures

*Ouvrage accompagné d'un Atlas de 22 planches et orné
de 94 figures dans le texte*

TOME SECOND

PARIS

ENCYCLOPÉDIE-RORET

L. MULO, LIBRAIRE-ÉDITEUR

12, RUE HAUTEFEUILLE, VI^e

1903

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DU

CHARPENTIER



TOME SECOND

CHAPITRE V

Outillage

SOMMAIRE. — I. Outils et instruments. — II. Machines.

Nous nous proposons de donner dans ce chapitre la nomenclature et la description des outils, des instruments et des machines dont les charpentiers se servent le plus fréquemment. Le cadre de cet ouvrage étant trop restreint pour nous permettre de représenter dans notre Atlas toutes les figures des machines les plus usuelles, nous nous sommes borné à indiquer de préférence celles qui sont d'un usage fréquent.

I. OUTILS ET INSTRUMENTS (Pl. XIII).

Amorçoir

L'amorçoir (fig. 24) est une espèce de trépan à vis aciérée, dont on se sert pour préparer ou *amorcer* les trous que l'on veut percer. Les charpentiers n'en font guère usage : ils préfèrent l'*ébauchoir*; mais les charrons l'emploient fréquemment pour percer les ridelles des voitures.

Bec-d'âne

Le bec-d'âne (fig. 35) est une espèce de ciseau en forme de burin, mais moins large et plus épais, ayant un biseau et formant coin, à peu près comme l'extrémité de la bisaiguë. Il sert à refouiller le fond des mortaises qui ne traversent pas le bois de part en part. Mais il est moins employé par les charpentiers que par les menuisiers, qui ne se servent pas d'autre outil pour mortaiser.

Bisaiguë

La bisaiguë (fig. 35) est un outil en fer servant à dresser et à *préparer* les bois ébauchés à la cognée. On s'en sert également pour faire les tenons et les mortaises des grosses pièces. L'une de ses extrémités *a*, qu'on nomme *planche* ou *panne*, est disposée comme un ciseau ordinaire à un tranchant, mais de plus il est affûté sur les côtés jusqu'à la hauteur de 12 à 13 centimètres : l'autre extrémité *b* a la forme d'un *bec-d'âne*. Dans le milieu est une douille *c*, dont l'ouvrier se sert

pour tenir l'instrument et le manœuvrer : la longueur totale de cet outil est ordinairement de 1^m30. La biseau dite à *gouge*, comme le ciseau (fig. 17), sert à travailler les bois courbes : ses deux bouts sont alors plus cintrés l'un que l'autre, afin que l'outil puisse ainsi servir à différents ouvrages.

Boulonnier

Le boulonnier est une forte *tarière*, plus grande que celle représentée par la fig. 22, ayant 65 centimètres environ de longueur. On s'en sert pour percer des trous de boulons dans les poutres armées ou dans les pièces moisées. On en fait aussi de 1^m14 à 1^m46 de tige, pour traverser de part en part les deux limons d'un escalier dont on veut maintenir l'écartement par des boulons en fer ; ou bien lorsqu'il n'y a qu'un seul limon et qu'on veut le retenir, toujours par le même auxiliaire, soit au pan de bois, soit au mur d'échiffre qui forme la cage de cet escalier.

Calibre

Le calibre est un modèle dont on se sert pour tracer les courbes sur les pièces de charpente, selon la disposition adoptée.

Chevilles d'assemblage

Ce sont des broches en fer (fig. 15), à tête aplatie et percée d'un trou ; on s'en sert pour retenir les assemblages, jusqu'à ce qu'on puisse les cheiller définitivement. Quant au trou pratiqué dans la

tête, il est uniquement destiné à recevoir une autre broche, afin de pouvoir arracher la première, dans le cas où celle-ci serait trop fortement retenue par et dans l'assemblage.

Ciseau

Le ciseau (fig. 16 à 19) est un outil dont on se sert pour dresser les tenons et les mortaises des petits ouvrages. L'outil proprement dit est en fer aciéré : le manche est en bois. Le ciseau dit à *planche* ou à *panne* (fig. 18), a un tranchant en biseau : il sert particulièrement aux usages sus-désignés.

Les ciseaux (fig. 17 et 19) sont à *gouge* ; leur taillant est arrondi et leur fer évidé. On s'en sert pour effectuer les parties courbes.

Pour se servir de cet outil, quelle que soit d'ailleurs sa forme, l'ouvrier le tient d'une main et frappe de l'autre sur la tête du manche avec un maillet de bois ; parfois aussi c'est avec la paume de la main, lorsqu'il ne s'agit plus que de parfaire l'ouvrage.

Cognée

La cognée est un outil de fer aciéré, dont la forme est celle d'une hache, comme dans la figure 34. Les bûcherons s'en servent principalement pour abattre les arbres, et les charpentiers pour les équarrir.

La cognée ne diffère, au reste, de la hache, qu'en ce que son tranchant a plus de tour ou de développement, et que son manche a plus de longueur. Cependant, dans quelques localités, les charpen-

tiers appellent aussi *cognée* la hache qui leur est propre, et que l'on voit représentée par la même figure 34.

Compas

Le compas est un instrument qui sert à décrire des cercles et à prendre des mesures. Ceux dont les charpentiers font usage sont de diverses grandeurs. Celui dit compas d'*appareilleur* (fig. 12), qui est ordinairement d'une assez grande dimension, sert à tracer les épures, mesurer les ouvertures d'angles, élever des perpendiculaires, etc. Il se compose de deux règles en bois, jointes par l'une de leurs extrémités au moyen d'un axe ou clou rivé; les autres bouts se terminent en pointes revêtues en fer. Les branches ont jusqu'à 65 et même 80 centimètres de longueur.

Celui que l'on a dessiné (fig. 11), est un *compas de poche*; il est tout en fer, sert à tracer les coupes pour les assemblages, etc., et n'a guère que 16 centimètres de longueur. Les charpentiers le portent ordinairement sur eux.

Cordeau

Le cordeau, que l'on nomme encore *fouet* (fig. 7), est une corde fine, ordinairement en chanvre, dont on se sert pour tracer les épures, aligner les pièces de bois. On le roule autour d'une bobine de bois traversée par une broche.

Crochet d'assemblage

Ce crochet (fig. 20), dont les extrémités en pointe sont recourbées, sert à maintenir juxtaposées deux

pièces que l'on veut assembler, et qui ne sont point encore chevillées. C'est un auxiliaire utile, et dont les charpentiers se servent principalement lorsqu'ils mettent leur charpente en *herse*.

Ebauchoir

Cet outil n'est, à bien prendre, qu'un ciseau tout en fer, aciéré à son taillant (Voy. fig. 16 et 17). Par cette raison, il n'est employé qu'aux ouvrages qui nécessitent plus d'efforts que ceux pour lesquels on peut employer les ciseaux à manche de bois.

Doloire

La doloire, qu'on nomme encore *épaule de mouton*, est la plus grande et la plus large des cognées dont se servent les charpentiers pour équarrir leurs bois (Voy. *Cognée*).

Equerre

Cet instrument sert à tracer des angles droits, ou à mener une ligne perpendiculaire à une autre. Il se compose, ordinairement, pour les charpentiers, de deux règles en bois (figure 6, planche 13), ajustées de manière à former un angle droit ou un angle de 90 degrés, tant en dehors qu'en dedans. Quelquefois on donne à l'une des branches un épaulement ou sur-épaisseur *a*, afin de pouvoir mieux fixer l'instrument contre la pièce que l'on veut tracer : dans ce cas, on l'appelle *équerre à branche épaisse*. Enfin, l'on donne encore le nom d'*équerre* au *calibre* en bois (fig. 4), qui sert à vérifier les

angles droits des pièces corroyées ; elle a 32 centimètres de longueur et 27 centimètres d'épaisseur. Quant aux équerres dont on se sert pour dessiner, elles sont ordinairement en bois et non évidées.

Essette

L'essette est une petite herminette courte de *panne* et à marteau arrondi du côté opposé au tranchant.

Fausse équerre

Cet instrument, qu'on nomme communément *beveau* ou *sauterelle* (fig. 10), est composé de deux règles en bois ou en métal, formant charnière par un de leurs bouts, comme un compas, au moyen d'un clou rivé qui les traverse l'une et l'autre. Ainsi disposée, la fausse équerre sert à relever les angles qui ne sont pas droits, et peut conséquemment tenir lieu de compas ou de calibre dans plusieurs circonstances.

Fermeoir

Le fermeoir est un grand ciseau de même forme que celui qu'on a représenté fig. 18, mais de 55 millimètres de largeur de *panne*, et ordinairement à deux biseaux ; il sert à faire joindre les planches d'une aire ou d'un plancher les unes contre les autres. Pour cela, l'ouvrier le fait entrer à plomb, à coups de maillet, dans la solive qui porte le plancher, et par le manche, l'attire à lui, comme un bras de levier, de manière à imprimer à la planche contre laquelle il est appliqué, une pres-

sion telle que celle-ci se serre contre celle à laquelle elle doit être accolée ou unie par son assemblage. Cet outil sert en même temps à fendre les cales qui peuvent être nécessaires dans le cours d'un pareil ouvrage. Les menuisiers surtout en font un usage constant dans la pose des parquets.

Fil à plomb

Cet instrument (fig. 8) se compose d'un plomb percé à son centre, et d'un cordonnnet auquel ce plomb est suspendu, de manière à ce que la partie à jour soit toujours dégagée. On s'en sert pour conduire les ouvrages verticaux (*à plomb*), ou pour projeter des points des parties supérieures de l'objet que l'on considère, sur les parties inférieures, et *vice versâ*.

Galère

Cet outil, qu'on nomme aussi *demi-varlope* (fig. 36), est une espèce de rabot servant à dégrossir les bois, avant de les passer à la varlope, et après qu'ils ont été dressés à la hache ou à la biseaiguë. Cet instrument doit être mû par deux hommes, l'un pour le pousser en avant, l'autre pour l'attirer à lui. Deux chevilles en bois le traversent à cet effet et servent de poignées. Il est également à double fer, comme le rabot (Voyez ce dernier outil).

Gouge

La gouge est un petit ciseau concave comme celui que représente la fig. 19, ayant un biseau servant à faire des cannelures, et notamment les

encastremens quarderonnés dans les limons d'escalier pour l'assemblage des marches.

Guillaume

Le guillaume est un rabot étroit, à un seul fer, d'environ 35 centimètres de longueur sur 8 centimètres à 108 millimètres de largeur, et 23 millimètres d'épaisseur ; il sert à dresser ou à *pousser* les filets carrés du dessous des marches profilées.

Hache

On donne ce nom à plusieurs outils tranchants : c'est en général un outil en fer aciéré (fig. 34), adapté à un manche de bois, et dont on se sert pour hacher et fendre le bois.

La hache ordinaire du charpentier est celle qui est représentée par la figure ci-dessus désignée : *a* en est le tranchant, *b*, la douille, *c*, le manche en bois. Le manche, y compris la largeur du fer est ordinairement de 48 à 54 centimètres.

On appelle aussi *hachereau* ou *hachette*, une petite hache.

Herminette

L'herminette (fig. 37) est un outil dans le genre de la hache, mais dont le manche est moins grand et la panne tranchante recourbée. Le taillant fait un angle droit avec le manche, et la partie convexe est en dehors. On s'en sert pour délarder les bois couchés sur leur plat, et notamment pour débiller les échiffres et les limons des escaliers. Lorsqu'il est à gouge, il sert à fouiller les parties

creuses et courbes, On en fait de trois manières : celle qu'on voit fig. 37 est appelée herminette double, parce que d'un côté elle porte une *gouge*. La simple n'a qu'un tranchant et rien au delà de la douille ; enfin, celle qui est dite à *marteau* porte ce deuxième outil en place de la gouge (fig. 37) ; dans ce cas, on l'appelle plus communément *essette*.

Jauge

La jauge (fig. 1), est une petite règle de poche de 33 centimètres de long sur 3 centimètres de largeur et 3 millimètres environ d'épaisseur. On l'appelle ainsi, parce que les charpentiers s'en servent généralement pour tirer les mortaises et les tenons d'épaisseur. A cet effet, l'ouvrier l'applique sur la pièce à assembler ; il trace d'un côté et d'autre, dans le sens longitudinal, un trait avec la rainette, et obtient ainsi un intervalle d'environ 4 centimètres, et par suite l'épaisseur ordinaire d'un tenon.

Laceret

Le laceret (fig. 21) est une petite tarière qui sert à percer les trous pour cheviller. Un compagnon charpentier doit en avoir 10 à 12 de 13,5 millimètres à 23 millimètres de diamètre.

Mail

Cet outil, qu'on nomme quelquefois *mailloche*, se compose d'une masse de bois d'orme ou de frêne (bois qui se fendent moins que les autres), et dans laquelle est un manche de même bois. On l'emploie

pour frapper sur le bout des pièces, lorsqu'on les assemble.

Maillet

Cet outil (fig. 31) est à peu près semblable au précédent, dont il ne diffère que par de plus petites dimensions. Les charpentiers s'en servent pour frapper sur la tête des ciseaux, parce qu'il a plus de coup qu'un marteau ordinaire.

Marteau

Le marteau (fig. 32) est un outil bien connu, composé d'une masse carrée ou ronde à l'une de ses extrémités *a* et aplatie à l'autre extrémité *b*. Cette extrémité est en outre fendue dans son milieu ; le manche est en bois. Les charpentiers s'en servent pour enfoncer les clous et les chevilles de fer qu'ils emploient dans certains ouvrages. Quant au côté refendu, il sert au contraire à arracher les clous dans les vieux bois.

Masse de fer

La masse est une autre espèce de marteau de forme cubique, de 10 centimètres de côté, à manche de bois. Il sert à frapper sur les assemblages qu'il faut ajuster serrés.

Mètre

Cet instrument (fig. 3) est une règle graduée qui sert à mesurer.

Le mètre est l'unité de mesure reconnue par la loi, depuis l'établissement du système décimal ;

c'est la dix-millionième partie du quart du méridien. Il se divise en dix parties ou décimètres ; le décimètre en dix autres parties ou centimètres ; et enfin, le centimètre en dix millimètres. Six picds, ou la toise ancienne, font 1^m949036 millionièmes de mètre.

Niveau

C'est un instrument en bois (fig. 5 et 9), au milieu duquel pend un fil à plomb, et dont le côté inférieur est perpendiculaire à ce fil, de manière qu'en posant l'instrument sur une pièce de bois, par exemple, on s'assure si elle est horizontale ou de niveau ; cela arrive lorsque la verticale du plomb passe par le milieu du côté inférieur.

Passe-partout

C'est une espèce de scie (fig. 38) dont on se sert pour scier les bois en grume et déraser les pieux (Voyez *Scie*).

Pince en fer

La pince (fig. 23), est une sorte de levier en fer d'environ 1^m60 à 1^m95 de longueur sur 54 millimètres de grosseur, aplatie à l'une de ses extrémités, de manière à ce qu'on puisse insinuer l'outil sous l'objet que l'on veut soulever. Parfois aussi les deux extrémités sont disposées à cet effet, et encore il arrive que l'une d'elles est fendue comme un pied de biche, ainsi que l'indique la figure 23. Cette fente a été imaginée afin que, par son intermédiaire, on puisse arracher les forts clous, la

pince ainsi disposée ayant plus de force que le marteau ordinaire.

Piochon

Cet outil n'est autre qu'une espèce de bisaiguë très courte, avec manche en bois, dont on se sert dans quelques localités pour faire les mortaises, comme avec la bisaiguë ordinaire. Cette dernière, (fig. 35), est infiniment supérieure à l'autre, et doit être préférée.

Rabot

Les charpentiers se servent de cet outil, bien connu de tout le monde, pour raboter (unir) les ouvrages de sujétion et à profils, tels que les lucarnes et les escaliers, ou pour replanir les joints des parties lisses : les menuisiers en font un fréquent usage. Il se compose d'une masse en bois (fig. 33), percée d'un trou qui reçoit un fer ou ciseau à un tranchant, et qui s'y trouve fixé par un coin en bois, de manière à pouvoir être retiré et remplacé à volonté. Le tranchant de ce fer ne doit dépasser que d'une quantité pour ainsi dire imperceptible la surface lisse inférieure du bois, et son biseau doit être tourné en dessous.

Cet outil comprend en outre un deuxième fer, également 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 le bois, et aussi pour rompre en ce point la *planure* à son passage,

Rainette

La rainette (fig. 14) est un petit instrument de 22 centimètres environ de longueur, en fer plat, 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, comme on le voit par la figure 14; ces refends sont pris dans un disque qui termine l'outil, et chacun d'eux est également terminé par un œillet vers le centre de ce disque, afin que, pendant l'opération, les dents de la scie ne touchent pas, par leur sommet, le fer de l'instrument.

La rainette se fait aussi comme celle qui est représentée par la figure 13; alors elle est double pour le trait, et les refends qui servent à donner la voie sont pratiqués en son milieu. Pour que le fer puisse marquer assez profondément dans le bois, il est recourbé sur lui-même à son extrémité. Cette extrémité est tranchante, et enlève par conséquent assez de la superficie du bois, pour que le trait que l'on veut obtenir y reste incrusté. Les charpentiers portent toujours cet instrument sur eux, de même que le compas de poche et la jauge.

Règles

Les règles de charpentier (fig. 2 et 3) sont ordinairement de deux mètres de longueur; leur largeur est d'environ 5 centimètres, et leur épaisseur 1 centimètre; elles servent indifféremment à tracer ou à mesurer des lignes ou des dimensions, et sont, à cet effet, divisées soit en pieds, pouces et lignes, soit en mètres, décimètres et centimètres.

Scie

La scie est un instrument usuel et bien connu, composé d'une monture qui peut recevoir diverses formes, et d'une lame de fer longue, étroite et mince, dont l'un des côtés présente des angles saillants qu'on appelle *dents*. Cet instrument sert à diviser les bois, quand on exerce avec lui un mouvement de va-et-vient sur le corps que l'on veut fendre. La figure des dents n'est point indifférente : elle varie selon la nature et la dureté des substances employées. Plus le corps est dur, plus les dents doivent être petites, et par conséquent rapprochées.

Nous allons indiquer les diverses sortes de scie dont se servent les charpentiers.

1° La scie du *scieur de long* (fig. 26). Elle est composée d'un châssis en bois et d'une lame fixée dans deux anneaux de fer serrés par des coins, aussi en bois, ou par des vis dirigées dans le même sens qu'elle pour la raidir. Sur le haut et sur le bas de la scie, sont deux poignées avec lesquelles les hommes qui la font mouvoir la tirent de haut en bas et de bas en haut. Celle du haut est dirigée suivant le plan même du châssis, et celle du bas lui est perpendiculaire. Le fer de la scie offre une lame plate d'environ 3 millimètres d'épaisseur, sur 8 centimètres de largeur par les bouts, et 11 au milieu. Pour être bonne, elle doit être plus épaisse du côté de la denture que par derrière, et être exempte de paille et d'inégalités : ses dents sont courbes, de manière à présenter un angle aigu au fil du bois, afin de le déchirer et de le rompre avec

facilité ; elles sont à 27 millimètres l'une de l'autre, et ont 8 à 10 millimètres de profondeur (Voyez fig. 28). Elles ne se liment pas carrément, mais de biais, et chaque dent à contre-sens de celle qui la précède.

Il faut observer que ce biais ne règne que dans la partie creuse de la dent, et que le bas est à angle droit ou d'équerre avec la scie.

En général, les dents doivent *avoir de la voie*, c'est-à-dire doivent être écartées en dehors de leur épaisseur, les unes à droite, les autres à gauche, afin qu'elles passent mieux dans le bois.

On donne plus ou moins de voie aux scies suivant divers usages ; mais en général, le moins qu'on peut en donner est le meilleur. En tous cas, il faut faire attention que la *voie* ne doit jamais surpasser la moitié de son épaisseur, parce que, si cela était, la scie ferait deux traits, et, par conséquent, ne pourrait plus aller (Voyez fig. 27).

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 ou 30 millimètres de largeur, afin de pouvoir tourner plus facilement. La scie est mue, dans beaucoup d'endroits, par deux hommes ; dans d'autres, par trois.

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 décimètres environ. L'effort moyen de chaque homme est de 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 ».

2° La scie dite *passé-partout* (fig. 38). Elle sert à débiter les gros bois, et elle doit être mue aussi par deux hommes; mais son mouvement de va-et-vient ne doit lui être imprimé que dans un sens opposé à celui de la scie de long, c'est-à-dire horizontalement, n'importe que la lame soit tenue verticale ou couchée à plat. Dans la figure 38, les poignées sont en fer et évidées; on en fait également en bois, mais pleines et en forme de manches,

3° La scie dite *à refendre* (fig. 29). Elle est comme celle du scieur de long, mais n'a ordinairement que 97 centimètres de longueur. Un seul homme la fait mouvoir en la tenant des deux mains, l'une à droite, l'autre à gauche, à environ la moitié du châssis.

4° La scie dite *à main* (fig. 30). Elle est semblable à celle des menuisiers; les charpentiers s'en servent: 1° pour scier leur bois en travers, et ils la font alors mouvoir à deux hommes comme le *passé-partout*; dans ce cas aussi elle a environ 33 centimètres de longueur; 2° pour débiter les bois courbes, tels que les limons des escaliers; mais dans ce cas encore, elle n'a que 66 centimètres, et sa lame doit être fort étroite.

5° Enfin, la scie dite *à couteau* ou *égoïne* (fig. 25). Elle n'est propre qu'à abattre les chevilles et à faire divers autres menus détails.

Dans la charpenterie, on fait encore usage de scies circulaires, mais qui sont mues par des moyens mécaniques, ce qui leur imprime une très grande vitesse. Elles ont sur les scies ordinaires un avantage immense, en ce que nul temps n'est perdu dans leur mouvement, parce qu'elles opèrent avec continuité et toujours dans le même sens ; tandis que la scie de long et les autres ont l'inconvénient de toutes les machines dont les mouvements sont alternatifs ; chaque fois qu'elles rétrogradent, il y a un temps de perdu pour le sciage. Il est vrai que, dans une multitude de circonstances, le charpentier ne saurait en faire usage.

Tarière

La tarière (fig. 22) est un outil de fer aciéré de 28 millimètres environ de diamètre, servant à faire des trous ronds ou à entamer l'évidement des mortaises. Son taillant est faiblement recourbé, et la partie inférieure de sa tige est évidée ou concave, afin que le bois coupé puisse sortir en remontant. Avec cet outil, on peut à la rigueur se passer d'amorçoir.

En général, sa forme ne diffère pas de celle du boulonnier et de la tarière ; seulement chacun de ces outils porte un nom différent suivant son usage et ses dimensions.

Traceret

C'est un poinçon ordinaire de 18 à 21 centimètres, propre à faire des traits ou à *piquer* les ouvrages pour tracer leurs coupes et leurs assemblages.

II. MACHINES

Bascule

La bascule simple est une machine employée à décharger les fardeaux; elle se compose d'un poinçon soutenu par des contre-fiches, appuyées, ainsi que le poinçon, sur un empattement composé de racineaux. Le poinçon est surmonté d'un moufle tournant à pivot sur lui, et 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.

Baudet

Le baudet est un grand chevalet dont se servent les scieurs de long pour poser leurs pièces.

Cabestan

Le cabestan, qu'on nomme aussi *guidos* ou *quin-deau* (fig. 40), est une machine employée à faire avancer de gros fardeaux; elle se compose d'un arbre vertical retenu, par ses extrémités ou tourillons, dans deux collets maintenus par un bâti de charpente.

La tête ou sommet de l'arbre, que l'on nomme aussi *chapeau*, est épaisse, carrée et percée de deux trous ou amelottes destinés à recevoir les barres qui, mises en place, forment une croix horizontale à quatre branches égales, dont la longueur est pro-

portionnée au fardeau que l'on veut mouvoir. Ces barres sont poussées par des hommes qui appliquent leur force à leurs extrémités, pour faire tourner l'arbre sur son axe : le poids que l'on veut amener est attaché au bout d'un câble enroulé autour de l'arbre qui, en tournant, force le câble à s'envelopper et à tirer le fardeau vers lui, tandis qu'un homme, placé au pied de l'arbre, développe l'autre bout du câble. La machine est fixée à des pieux par des cordes. Ce cabestan est appelé mobile, parce qu'on peut le transporter à volonté.

Cabre

La cabre est une espèce de chèvre grossièrement construite, et composée de trois perches liées ensemble par un bout et d'une poulie attachée par son axe au lien qui fixe les perches.

Chaîne

On nomme chaîne un assemblage de plusieurs pièces de métal appelées *chainons* ou *anneaux*, engagés les uns dans les autres, de manière que l'assemblage entier soit flexible dans toute sa longueur, comme une corde dont il a les mêmes usages en plusieurs occasions. Les chainons, qui en forment les différentes parties, sont disposés de manière à ne pouvoir se séparer que par la rupture. Dans la charpenterie, on se sert de chaînes au lieu de cordes, pour traîner ou pour soulever des fardeaux d'un poids considérable.

Chevalet

C'est un instrument composé d'une pièce de bois assemblée horizontalement sur quatre, et quelquefois six pieds, plus écartés par le bas que dans le haut, et retenus par des entretoises qui empêchent leur écartement : on s'en sert comme moyen d'exhaussement.

Chèvre

La chèvre est une machine qui sert à élever les fardeaux : la plus simple (fig. 41) se compose d'un treuil mù par des leviers, autour duquel s'enroule un cordage renvoyé par une poulie placée au sommet des deux bras, qui sont maintenus par des entretoises.

Cette corde est attachée au fardeau que l'on veut enlever, et l'extrémité des deux bras est assemblée par un boulon à clavette. Pour l'employer, on la maintient en haut par des cordages nommés *haubans*, qui embrassent son sommet, et qui sont fixés à des objets solides. Lorsque l'emplacement le permet, on remplace les haubans par une pièce de bois nommée *bicoq*, articulée à charnière au sommet, au moyen d'une cheville, et placée de manière à ce que la chèvre porte sur trois pieds, et présente les trois arêtes d'une pyramide triangulaire.

Celle qui est représentée par la figure 42 est à roue, et par cette raison, préférable à la première, parce qu'elle offre la possibilité d'un mouvement continu.

Cordes et cordages

La corde est communément plus fine que le cordage ; ce dernier nom s'applique aux cordes d'un fort diamètre. On admet généralement que la résistance moyenne et absolue d'une corde est de 3 kil. 93 à 4 kil. 39 par millimètre carré de section, c'est-à-dire qu'une corde chargée d'autant de fois ces poids qu'il y a de millimètres carrés dans sa section doit rompre sous cette charge. Si donc on tient à ne pas rompre ces cordes, il faut veiller à ce que cette charge n'atteigne jamais cette valeur. Si on veut calculer directement la force intime d'une corde, on se sert de la formule

$$35 C^2$$

C étant la circonférence exprimée en centimètres, ou par celle

$$345 D^2$$

D étant le diamètre en centimètres, ou enfin

$$3,45 D^2$$

D exprimant le diamètre en millimètres.

Ainsi une corde dont le diamètre serait de 20 millimètres ne devra pas être chargée du poids de 1,380 kilogrammes sous lequel elle romprait et il ne faudrait guère lui faire porter d'une manière permanente que le quart ou le sixième de ce poids, si l'on veut qu'elle ne se détériore pas ou qu'il n'arrive pas d'accident.

Cric

Le cric (fig. 39) est une machine qui sert à soulever les fardeaux. Elle se compose d'une pièce de bois d'un mètre de hauteur, de 12 centimètres de largeur sur 24 d'épaisseur, frettée par les deux bouts. Dans cette pièce est enchâssée une crémaillère qui, par le moyen d'une manivelle et d'un pignon, sort et rentre pour hausser ou pour baisser le fardeau.

Diable

Le diable est une petite voiture basse, à bras et à deux roues, au milieu de laquelle est placé un timon : elle sert à transporter des bois à pied d'œuvre.

Echelle

L'échelle est un instrument trop connu pour que nous en donnions la description. Il y en a des simples, des doubles, en bois, en fer et même en cordes.

Ecoperche

C'est une pièce de bois, portant une poulie à son extrémité, et que l'on ajoute au bec d'une grue pour lui donner plus de volée. Quelquefois l'écoperche seule est employée dans les constructions ; c'est alors une écharpe. Lorsque l'écoperche se compose de deux pièces de bois implantées sur le sol et dressées en l'air de manière à se trouver un peu écartées l'une de l'autre par le bas, et unies en haut, où elles portent la poulie ou le moufle, elle se nomme *bisaiguë*.

Engin

On donne ce nom générique aux machines servant à élever les fardeaux : c'est de lui que vient le mot ingénieur, faiseur d'engins.

Équipage

On nomme ainsi l'ensemble de tout ce qui sert à la construction et aux transports des matériaux, comme voitures, machines, échafauds, etc.

Fardier

Le fardier est un chariot destiné à transporter les grosses pièces de charpente ; il est formé de deux grandes et fortes roues de 2^m66 à 3 mètres de haut, d'un essieu en fer et de deux grands brancards en bois, dont les bouts, d'un côté, servent de limonière, pour atteler un cheval. Pour charger un fardier, on range le plus régulièrement possible, sur deux chantiers, le bois à transporter, de manière à former un tas qui n'excède pas en largeur l'intervalle entre les deux roues du fardier, et en hauteur celle de l'essieu ; on amène ensuite le fardier dessus de manière que son essieu corresponde à peu près au centre de gravité de la charge. On passe 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 placé entre les deux brancards du fardier ; on agit par le moyen du

treuil sur le levier qui, en baissant, élève le tas de bois. Dès qu'il a abandonné le chantier, on arrête. Pour décharger, il s'agit de faire faire deux ou trois tours au treuil en sens inverse.

Grue

La grue est une machine destinée à monter ou à descendre des fardeaux, et à les porter dans un endroit qui n'est pas sur la verticale qui correspond à sa position primitive. Cela se fait au moyen d'une potence horizontale ou oblique, adaptée à un axe vertical tournant, et au bout supérieur de laquelle se trouve le rouet d'une poulie fixe, tandis que le bout inférieur porte l'arbre d'un treuil que l'on met en mouvement avec des barres, ou par le moyen de tambours, qui sont des roues larges, creuses, placées sur les flancs de la machine, et présentant un chemin intérieur sur lequel marchent les ouvriers chargés de la faire aller. L'axe de la grue est porté par un empattement composé de diverses pièces assemblées, et formant la base du système. La plupart des grues sont établies sur le bord 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 : leur construction exige des connaissances fort étendues en géométrie et en mécanique ; mais nous n'entrerons point dans de plus grands détails à cet égard, pour ne point nous écarter du but principal de notre sujet.

Gruau

- C'est une sorte d'appareil formé à l'instar des grues, mais qui a plus d'élévation et moins de saillie.

Hauban

On donne ce nom aux cordages employés dans les grues, engins, etc., qui servent à soutenir ces machines dans le sens opposé aux poids qu'elles sont destinées à enlever.

Levier

Le levier est la plus simple de toutes les machines employées à remuer les fardeaux : elle consiste en une barre de bois ou de fer, dont un des points 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. Le point d'appui fixe pouvant avoir trois positions différentes, par rapport au point d'application de la résistance et de la puissance de l'effort, on distingue trois espèces de leviers : celui de la première espèce a le point d'appui fixé entre le point où se fait l'effort et le point où est le fardeau : c'est le cas le plus ordinaire, comme lorsque l'on pousse un levier sous une pierre, et que l'on met un coin sous le levier entre la pierre et l'homme qui agit. Dans le levier de la seconde espèce, la résistance occupe une place intermédiaire entre le

point d'appui et la puissance; c'est le cas qui se présente quand on charge du bois sous un fardier au moyen de la chaîne qui passe sur un rouleau, sous lequel est le bout du levier, et qui forme appui. Enfin, dans le levier de la troisième espèce, la puissance est placée entre le point d'appui et la résistance, ce dont on voit un exemple dans la balance connue sous le nom de *romaine*.

Moufle

C'est un appareil propre à élever des fardeaux : il est composé de plusieurs poulies qui sont placées les unes au-dessus des autres, et autour desquelles tourne un cordage, renvoyé autant de fois qu'il y a de poulies tournant chacune sur son axe. Cet assemblage est retenu à quelque objet inébranlable, ou du moins considéré comme tel ; il est destiné à augmenter la force de traction.

Moulinet

C'est une espèce de treuil, auquel on adapte quatre bras de levier perpendiculaires les uns aux autres, à chacune des deux extrémités.

Mouton à bras

Le mouton est une machine dont on se sert pour enfoncer les pieux : c'est une masse de bois de chêne en forme de parallépipède, frettée aux deux bouts et garnie sur chaque face d'anses qui servent à l'élever ou à le mettre en mouvement. Cette machine pèse depuis 50 jusqu'à 250 kilogrammes.

Rouleaux

Les rouleaux ou *roules* servent à mener, d'un lieu à un autre, les poutres et autres fardeaux qui sont lourds, mais non pas d'une pesanteur extraordinaire.

Ce sont de simples cylindres de bois de 20 et quelques centimètres de diamètre, et de 50 à 130 centimètres de longueur, que l'on met successivement par devant sous les pièces qu'on veut conduire, tandis qu'on les pousse par derrière avec des pinces ou avec des leviers. Quand les fardeaux sont d'un poids excessif, on se sert de rouleaux sans fin, qu'on nomme autrement *tours-terriers*. Pour donner à ceux-ci plus de force et empêcher qu'ils ne s'écrasent, on les fait de bois, assemblés à entretoises : ils ont en longueur et en diamètre presque le double des rouleaux simples, et sont en outre garnis de larges cercles de fer aux deux extrémités. A 32 centimètres, près de chaque bout, sont quatre mortaises, ou plutôt deux seulement, percées d'outre en outre. Elles servent à y mettre de longs leviers de bois que des ouvriers tirent avec des cordes qui sont attachées au bout, et l'on change de mortaises à mesure que le rouleau a fait un quart de tour : ce travail est long et pénible, mais sûr.

Singe

Le singe est un treuil appuyé sur deux supports assemblés en croix de Saint-André, et posés sur deux sommiers : ce treuil est mù par des leviers,

Sonnette à tiraude

Cette machine (fig. 43) sert à battre les pieux ; elle est composée d'un appareil de charpente ayant à son sommet une poulie dans laquelle passe un câble pour mettre en mouvement un mouton fixé à l'une de ses extrémités, et plus fort que le mouton à bras. A l'autre extrémité du câble sont attachées plusieurs cordes réunies au même point, et au moyen desquelles les ouvriers, qu'on appelle *sonneurs*, élèvent le mouton à la hauteur moyenne de 30 centimètres, pour le laisser retomber ensuite sur la tête du pieu : il faut trente coups de mouton pour faire une volée. Le mouton doit peser 600 kilogr. environ.

Sonnette à déclic

La sonnette à déclic diffère de celle dont nous venons de parler, par le poids du mouton qui est infiniment plus considérable, et par la manière de le mettre en mouvement. Cette machine est composée d'un treuil à engrenage, au moyen duquel on enlève le mouton jusqu'à une certaine hauteur : une détente le lâche ensuite, pour le laisser tomber librement.

Tréteau

C'est une espèce de chevalet employé par les scieurs de long.

Treuil

Le treuil est une machine formée d'un cylindre horizontal, tournant sur deux pivots, que l'on met en mouvement avec des leviers qui le traversent

de la même manière que dans le cabestan, qui n'est qu'un treuil vertical; on peut aussi le mettre en mouvement par le moyen d'une roue placée à l'extrémité du treuil, et de manière à ce qu'elle ne puisse tourner sans entraîner le cylindre dans son mouvement. Une corde y est fixée par un bout, et enroulée dessus : à l'autre bout libre de cette corde, on attache le corps que l'on veut faire marcher. Il est un autre treuil qui se compose de deux parties de diamètres égaux; tandis que la corde s'enveloppe sur la plus grosse, elle se développe sur la plus petite. Ce treuil a l'avantage de pouvoir soutenir, sans encliquetage, le fardeau qu'il soulève. Quelquefois les deux parties, au lieu d'être sur une même ligne, sont disposées parallèlement, ce qui diminue le frottement; ce treuil à deux parties peut surtout être employé comme *arrache-pieux*. On effectue avec cette machine, d'une manière très simple et sans aucun danger, cette opération si longue, et quelquefois si difficile.

Vérin

C'est une machine composée de deux forts madriers, de deux grosses vis en bois qui traversent l'un d'eux, et d'un pointal enté dans le milieu des madriers. Cette machine sert à élever de grosses pièces pour les placer dans les voitures, ainsi qu'à remettre d'aplomb des jambages de cloisons, des pans de bois : il sert aussi à remettre les planchers de niveau.

Vindas

Espèce de treuil.

CHAPITRE VI

Tracé des pièces

SOMMAIRE. — I. Signes conventionnels, marques, lettres, chiffres. — II. Manière de tracer les pièces de bois.

I. SIGNES CONVENTIONNELS, MARQUES, LETTRES, CHIFFRES ET INDICATIONS CARACTÉRISTIQUES EN USAGE DANS LA CHARPENTERIE.

Il ne suffit pas à un charpentier de savoir construire une épure, de disposer les bois sur l'étalon, d'en piquer les rencontres et de dessiner les assemblages. Quand cela est fait au chantier, il lui faut empiler les pièces façonnées et les mettre en tas jusqu'au moment où l'on aura besoin de les transporter au pied du mur, c'est-à-dire à l'endroit où le bâtiment doit être élevé. Il est clair que si chaque pièce ne portait pas sur elle-même des signes suffisants pour en bien indiquer la place, l'ouvrier chargé de diriger l'ajustement et la pose perdrait un temps précieux à s'y reconnaître, quand bien même on aurait eu la précaution, toujours bonne à prendre, de faire autant de tas différents qu'il y a de pans différents dans la bâtisse, et de ne transporter que successivement les tas au pied du mur, au fur et à mesure qu'ils deviennent nécessaires à la construction des pans dont ils font partie.

Les signes conventionnels dont se servent les charpentiers sont ou des marques, ou des lettres, ou des chiffres, et tous doivent être composés de manière à pouvoir être aisément tracés avec la rainette ou la bisaguë.

1° *Signes conventionnels ou marques.* — Ces marques, au nombre de six, sont indiquées au bas de la planche ci-contre, sous les numéros 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

Le n° 1 porte le nom de franc.

Le n° 2 — — contre-marque.

Le n° 3 — — crochet.

Le n° 4 — — patte-d'oie.

Le n° 5 — — langue-de-vipère.

Le n° 6 — — demi-rond.

2° *Chiffres.* — Les chiffres sont principaux ou composés. Les principaux, dont la valeur est indiquée, correspondent, comme on doit le voir, aux nombres 1, 5, 9, 10, 15, 19 et 20. Les composés se forment des principaux de la manière suivante :

De 1 à 5, on répète le chiffre 1 autant de fois que cela est nécessaire.

De 5 à 9, on met les 1 dans le cinq, comme on le voit pour le nombre 8.

De 10 à 15, on met les traits à la droite du (X), comme on le voit pour le nombre 14.

De 15 à 19, on met les traits dans le chiffre (15), comme on le voit pour le nombre 16.

De 20 à 30, de 30 à 40, etc., on emploie des moyens analogues dont il est facile de se rendre compte en regardant comment s'écrivent les nombres 27, 39 et 45,

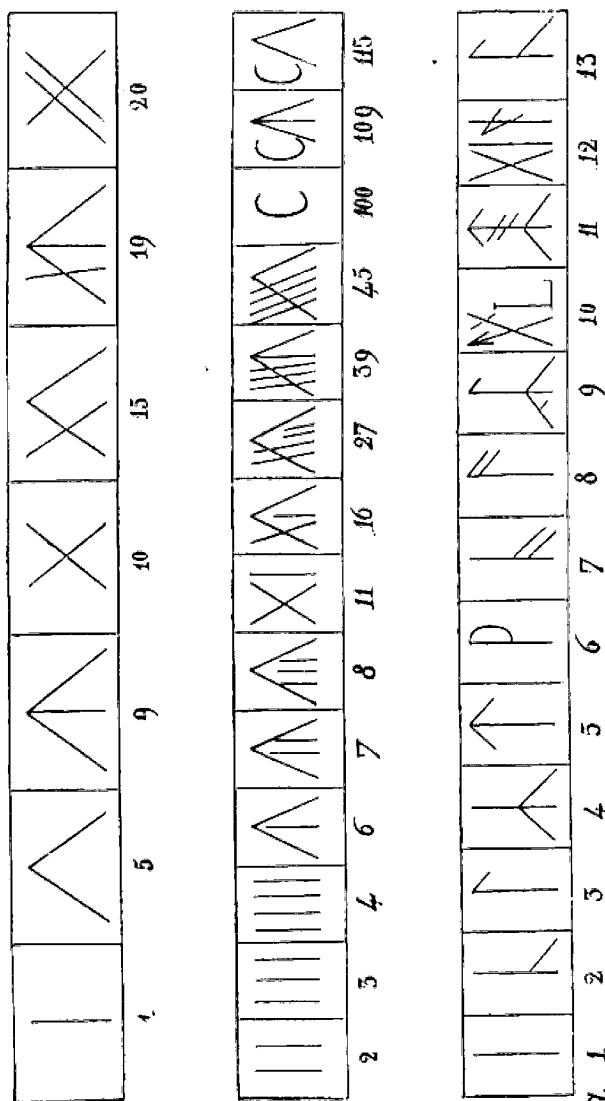


fig. 1

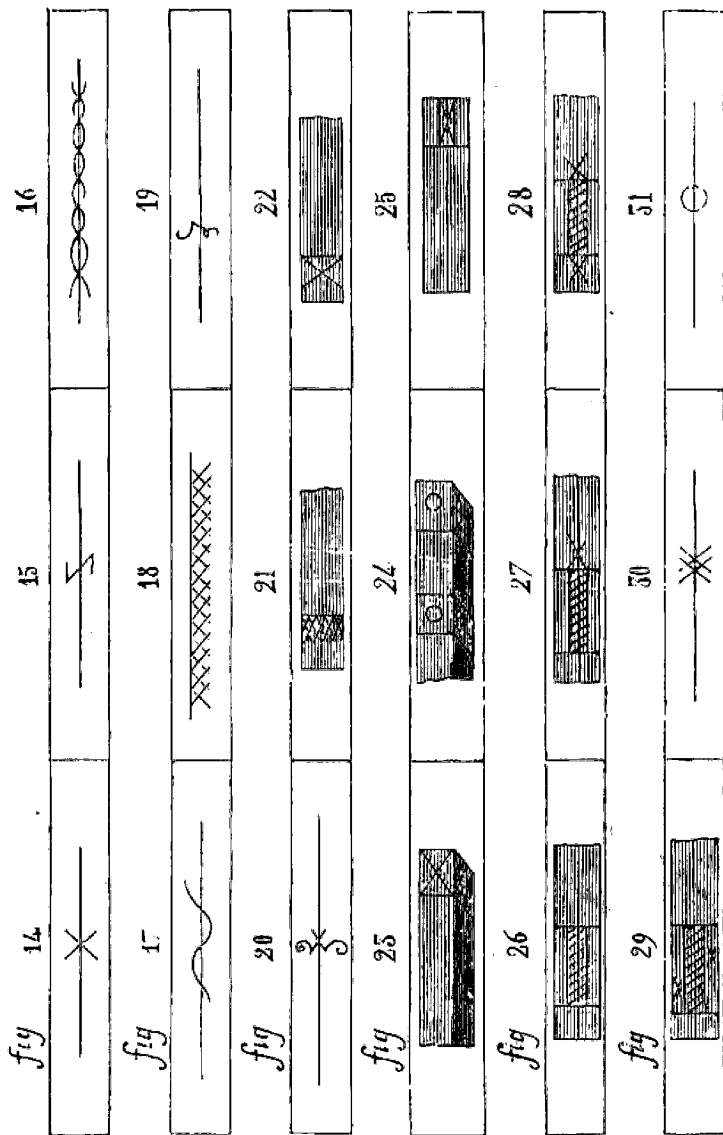
Le nombre cent s'exprime par un C ou demi-rond ayant l'ouverture à droite, et pour les nombres qui passent cent, on met le surplus à la droite du C, voir les nombres 100, 109, 103, écrits à la suite de 45 au tableau.

Lettres. — Les lettres que l'on emploie sont celles de l'alphabet majuscule qui sont composées de traits droits autres que I, V et X déjà employées pour chiffres.

Indications diverses ou marques d'établissement. — Ces indications, représentées ci-contre sont :

- Fig. 14. Trait à couper.
 15. Trait de repère.
 16. Plumé de devers.
 17. Bouge.
 18. Carreau ou niveau d'étage.
 19. Naissance ou raccord des cintres.
 20. Ligne de milieu.
 21. Remur ou portée en plein sur le mur.
 22. Portée dans un pan de bois ou sur une poutre.
 23. Epaulement.
 24. Vide d'entaille.
 25. Tenon.
 26. Mortaise carrée.
 27. Mortaise avec gorge.
 28. Mortaise à tournelle ou double gorge.
 29. Mortaise peu profonde.
 30. Ligne ou face de dessus.
 31. Ligne ou face de dessous.

En mariant un nombre avec une lettre, on obtient des signes nouveaux, par exemple, en joignant la lettre L au signe langue-de-vipère, on a



le signe langue-de-vipère à l'L, et quand on met un nombre, un signe et une lettre, on a un signe triple qu'on indique dans l'ordre que nous venons de dire.

Pour indiquer les étages, on ajoute un petit trait oblique à leur marque ; les bois du rez-de-chaussée n'ont point de marque.

Au reste, pour se rendre un compte exact des signes doubles et triples, il suffit de jeter les yeux sur les signes composés des cases 8, 9, 10, 11, 12 et 13 (page 33). Ceux des lecteurs qui voudraient plus de détails à ce sujet pourront consulter le *Vignole du Charpentier*, 1 vol. in-8, avec Atlas de 72 planches grand in-8, publié à la *Librairie Roret*.

II. MANIÈRE DE TRACER LES PIÈCES DE BOIS

On commence par tracer en grand, sur un terrain uni, les principales lignes du plan et de l'élévation de l'ouvrage qu'on se propose de faire. Les lignes du plan servent pour les enrayures, les planchers, etc., dont les pièces doivent être posées horizontalement ; celles de l'élévation servent pour les pièces qui doivent être d'aplomb, telles que celles des pans de bois. Quant aux parties qui doivent être placées obliquement, comme les pentes des combles, on suppose leurs faces couchées sur le terrain, c'est ce que les charpentiers appellent *rallongement*. On agit de même à l'égard des parties circulaires, mais seulement lorsqu'elles peuvent être développées, ou lorsque leur coupe peut s'appliquer exactement sur un plan.

Lorsque le terrain sur lequel on doit exécuter ces tracés n'est pas assez uni, on ajuste des planches pour tenir lieu du sol.

Le tracé des principales lignes, que les charpentiers appellent *étélon*, étant fait, on place au-dessus les pièces de bois telles qu'elles doivent être, c'est-à-dire de niveau ou en devers, obliquement ou d'équerre, afin de tracer dessus les lignes que l'on a besoin d'y avoir.

Pour mettre au trait deux pièces de bois qui doivent s'assembler, on pose la principale au-dessus de l'étélon, et de manière à ce qu'elle n'empêche pas de voir les lignes qui doivent déterminer la position qu'on veut lui donner. Après cela, 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 celle qui doit s'assembler avec elle, en la faisant avancer de ce qu'il faut pour son assemblage.

Cela fait, avec un cordeau fin et un plomb, on détermine juste, sur l'une et sur l'autre pièce, les points où elles doivent se rencontrer, ainsi que l'obliquité des joints qu'elles doivent former, afin de pouvoir tracer les assemblages, comme nous l'avons indiqué.

On place ainsi successivement toutes les pièces qui doivent former l'assemblage, afin de les tracer et de leur donner la forme convenable. Cette opération est très importante et doit toujours être confiée aux soins d'un charpentier intelligent, car c'est d'elle seule que dépend la réussite d'un ouvrage.

CHAPITRE VII

Planchers et Pans en bois

SOMMAIRE. — I. Planchers. — II. Pans de bois.

I. PLANCHERS

Les planchers servent à former les aires des différents étages d'une maison. On distingue quatre espèces principales de planchers.

Première espèce de planchers

La première espèce comprend les planchers *simples*, ceux qui sont composés de solives *a, a*, parallèles et portées sur des appuis, tels que les murs ou les pans de bois (fig. 1, 2, 3 et 16, pl. IV). Lorsque les solives se touchent, on dit que le plan est *plein*; mais on construit rarement de cette sorte; les solives sont presque toujours plus ou moins espacées.

Dans la distribution des solives, il faut avoir égard aux *âtres b* des cheminées et à leurs tuyaux *c*, qui débouchent des étages inférieurs, afin de prévenir les incendies. Pour satisfaire à ces conditions, on place à 96 centimètres ou à 1^m 30 des murs, des pièces *d*, appelées *solives d'enchevêtrement*, auxquelles on donne, sans avoir égard à leur longueur, de 3 à 5 centimètres de plus d'équarrissage qu'aux solives ordinaires, parce qu'elles sont des-

linées à porter d'autres pièces *e*, nommées *chevêtres*, qui s'y assemblent par un bout, et qui, de l'autre, portent dans le mur. Le vide que ces trois pièces laissent entre elles s'appelle *trémie*, et sert à l'établissement d'un foyer dont l'aire en maçonnerie est soutenue par des bandes de fer *n* (fig. 1 et 11, pl. IV); un autre vide *c* (fig. 1) sert au passage des tuyaux inférieurs, et se trouve formé par une solive boiteuse *g*, assemblée dans le mur et dans l'un des chevêtres.

Dans la construction d'un plancher de l'espèce dont il s'agit, on fait encore usage de plusieurs autres pièces nommées *lambourdes*, *linçoirs*, *étré-sillons* et *liernes*.

Les *lambourdes* sont des pièces *h* que l'on encastre dans les murs, et dans lesquelles viennent s'assembler les solives. On leur donne ordinairement un peu plus d'épaisseur qu'à ces dernières pièces, et leur hauteur doit avoir la moitié en sus. Souvent aussi on les soutient par des corbeaux de fer, scellés de même dans le mur, et placés à 1^m 93 de distance les uns des autres. Ces corbeaux ont aussi pour objet d'empêcher le devers des lambourdes sur les solives,

La fig. 14 (pl. IV) indique un des moyens de coordonner ces diverses pièces entre elles. On remarquera que la face *n* est coupée en biseau vers le mur, de manière à recevoir un profil de corniche.

Les *linçoirs* sont des pièces *k* que l'on place soit le long des tuyaux de cheminée, soit au-dessus des vides des portes et croisées, soit le long des murs. Comme les lambourdes, ils sont destinés à recevoir les solives de *toute portée* ou de *remplissage*. Ac-

tuellement, dans les constructions bien ordonnées, on les substitue aux lambourdes encastrées, parce qu'elles n'ont pas, comme celles-ci, l'inconvénient de découper les murs dans toute leur longueur, ce qui est contraire à leur stabilité. Les solives s'assemblent ordinairement à tenons plats dans les linçoirs ; mais, pour leur donner plus de force, il convient mieux de faire l'assemblage en coupe biale. On peut, en outre, les consolider par un étrier en fer. Dans la figure 12, le n° 1 représente le linçoir, le n° 2 les solives avec tenons à renfort, le n° 3 la solive d'enchevêtreure, et le n° 4 l'étrier. On doit aussi avoir l'attention d'éloigner les linçoirs de 8 centimètres au moins des tuyaux de cheminées, afin d'éviter les incendies ; cette observation est également applicable à toute autre pièce qui serait placée dans une position analogue.

Les *étrésillons* sont des morceaux de bois *l*, que l'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 les place ordinairement dans la direction des chevêtres (fig. 1), ou bien encore, comme dans la figure 15, entre deux fortes solives d'enchevêtreure.

Les *liernes* sont des pièces de bois *m* (fig. 13), qui servent au même usage que les étrésillons. Elles sont aussi entaillées de manière à pouvoir embrasser les solives sur lesquelles elles sont arrêtées par des chevilles. Au lieu de liernes, on peut encore employer des madriers fixés de la même manière sur les solives et les étrésillons ; ce dernier moyen est assez avantageux, en ce qu'il occa-

sionne moins de main-d'œuvre que le premier.

Les planchers simples, dont nous venons de parler, n'ont guère plus de 32 centimètres d'épaisseur, quand ils sont carrelés ou parquetés. On en fait même pour les entresols qui n'ont que 21 à 22 centimètres. Mais il ne faut jamais donner à ces planchers plus de 3^m 90 de portée dans œuvre.

Deuxième espèce de planchers

La deuxième espèce de planchers comprend ceux qui sont formés, comme les précédents, par des solives parallèles portées sur des murs, mais qui, de plus, sont soutenus par des poutres *m*, traversant d'un mur à l'autre (fig. 4, 5 et 6, pl. IV). Du reste, ils se construisent à peu près suivant les mêmes principes que les planchers de la première espèce.

Les *poutres* sont de fortes pièces de bois qui s'emploient pour soutenir les solives, lorsque les planchers ont plus de 6 mètres de longueur.

On espace ordinairement les poutres de 3 à 4 mètres, et leur scellement dans les murs doit être de 25 centimètres au moins. Pour augmenter leur résistance, et pour prévenir en même temps l'écartement des murs, on consolide l'ensemble du système par des ancres de fer de 95 centimètres de long, qui, traversant ces derniers, sont fixées aux extrémités des poutres.

Les solives s'assemblent dans les poutres de diverses manières, soit par une entaille à mi-bois dans l'une et dans l'autre (fig. 4), soit par une entaille dans la poutre, de toute la hauteur de la so-

live (fig. 5 et 7), soit enfin en faisant porter les solives sur des lambourdes, attachées de chaque côté de la poutre (fig. 6, 7 *bis* et 8) par des étriers en fer, ou par des boulons à écrous et à tête carrée incrustés dans la pièce (fig. 16). Cette dernière méthode est très propre à fortifier les poutres ; cependant les fers ont toujours l'inconvénient de céder sensiblement par l'effet de la dilatation.

On peut encore augmenter la solidité des poutres par d'autres moyens, tels que ceux dont nous avons parlé en traitant des armatures ; nous y renvoyons nos lecteurs pour ne point nous répéter.

Troisième espèce de planchers

Les planchers de la troisième espèce sont formés de pièces qui, en général, ne traversent point d'un mur à l'autre, mais qu'on assemble les unes aux autres. On les appelle *planchers d'enrayure* ou *d'assemblage* (fig. 17, 18, 19 et 20). Leur disposition peut être variée à l'infini, car elle dépend non seulement de la forme du bâtiment, mais encore de la longueur des pièces, qui est souvent moindre que l'intervalle des murs. Ce qu'on doit principalement 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. Voici les noms de celles qui entrent dans leur composition :

La pièce principale *a* (fig. 17, pl. IV) se nomme entrait de long-pan ; *b*, entrait de croupe ; *c*, coyer ; *d*, goussets ; *e*, faux goussets ; *f*, chevêtres à croupe biaise ; *g*, entrait de coupe ; *h*, chevêtre oblique ;

i, chevêtre ; *k*, solives de remplissage ; *l*, embranchements ; *m*, faux chevêtres. Il est à remarquer que les goussets *y* sont placés de manière à recevoir le coyer, et à ce qu'ils puissent aussi se joindre en même temps à l'entrait de long-pan et à celui de croupe. Ces deux pièces devant porter toute la charge du plancher, il faut faire en sorte surtout d'y rattacher les autres pièces sans trop les affaiblir par des assemblages. Il faut aussi avoir soin de ne jamais placer les chevêtres dans les travées, les uns au bout des autres, mais alternativement de leur épaisseur.

Les figures 18, 19 et 20 représentent trois autres manières de disposer les planchers ; le cas le plus simple est celui de la figure 20.

Quatrième espèce de planchers

Enfin, la quatrième espèce de planchers, dite *sans solives*, comprend ceux qui sont 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 présente peu de solidité, et entraîne à de grandes dépenses ; on n'en cite guère d'exemples.

Observations générales sur les planchers

La grosseur des poutres et des solives doit toujours être proportionnée à leur longueur et à la charge que les planchers auront à supporter. Il faut éviter, autant que possible, de faire porter ces pièces par les murs de face du bâtiment, et de

faire correspondre les poutres avec le vide des portes et des croisées. La même observation est applicable aux solives, qu'il est toujours facile de soutenir par des linçoirs, mais auxquelles il ne faut jamais donner trop de longueur.

On doit aussi faire en sorte de ne point trop découper les murs, en y scellant le bout de toutes les solives de remplissage. Il est préférable de les assembler, ainsi que nous venons de le dire, dans des linçoirs, parce que ce moyen affaiblit et divise moins les appuis que l'autre procédé. Les extrémités des pièces encastrées se pourrissent en vieillissant et laissent dans les murs des vides qui en détruisent complètement la stabilité. Enfin, nous ferons remarquer, en dernière analyse, que les solives d'un plancher, jusqu'à 4^m 80 de longueur, ainsi que celles d'enchevêtrement jusqu'à 3^m 84, peuvent se mettre en bois de sciage; mais que, lorsque les unes et les autres sont plus longues, il est préférable d'employer du bois de brin.

Tous les planchers, en général, sont susceptibles d'être plafonnés. La figure 9 offre l'exemple d'un cas où l'intervalle des solives est vide. Celles-ci sont lattées par-dessus et par-dessous, pour recevoir, d'une part, la couche de gravois et le carrelage qu'elles ont à supporter, et de l'autre, l'aire en plâtre du plafond.

Dans la figure 10, indépendamment de la couche de gravois *m* établie au-dessus des solives *b*, on a posé des lambourdes hourdées *c*, sur lesquelles le parquet est assemblé. Cette seconde manière de former des planchers a le grand avantage d'absorber le bruit de l'étage supérieur. Nous n'entre-

rons point dans de plus longs détails sur les divers moyens employés pour consolider et pour charger les planchers, car ces détails sont moins du domaine du charpentier que de celui du maçon.

Règles pratiques pour l'établissement des planchers

Les solives d'un plancher, d'après Rondelet, doivent avoir pour hauteur $1/24$ de la portée; lorsqu'elles sont espacées tant plein que vide : on fait alors l'épaisseur $1/4$ moindre, et il faut qu'elles soient posées de champ. Quand elles ont peu de portée, comme $2^m 60$ à $3^m 30$, on peut donner à leur intervalle $1/3$ de plus que leur épaisseur.

Ainsi que nous l'avons dit, l'espacement ordinaire des poutres sur lesquelles portent les solives, est de 3 à 4 mètres, et elles doivent avoir en hauteur $1/18$ de la portée, avec une épaisseur moindre.

De la résistance des planchers

La résistance d'un plancher composé de solives est évidemment égale à la somme des résistances de toutes les solives. Ce calcul est facile à faire d'après les moyens que nous avons indiqués pour obtenir la résistance horizontale des pièces de bois. Ainsi, la force de deux planchers ayant mêmes dimensions, et dont les bois ont le même équarrissage, est proportionnelle au nombre de pièces qui les composent, ou en raison inverse des espaces qu'on a laissés entre les solives.

Lorsque tout est égal, mais que la hauteur des solives est plus ou moins grande, alors la résistance est comme le carré de la hauteur ; donc, si le rap-

port des hauteurs est de 4 à 6, on aura : la résistance du plancher dont les solives ont 4, est à la résistance de celui dont les solives ont 6, comme 16 est à 36. On voit donc que le second plancher, qui n'a qu'un tiers de hauteur de bois de plus que le premier, a une force plus que double; ou bien, si l'on fait la comparaison inverse, on voit que pour un tiers de bois de moins, on a diminué la force de moitié.

Quant à la résistance de la quatrième espèce de planchers, de ceux qui sont formés de plusieurs lits de planches jointives, Navier en a calculé les lois, et, en supposant le corps bien homogène dans toutes ses parties, et le plancher supporté horizontalement sur un cadre rectangulaire fixe et chargé d'un poids placé au centre, ou réparti uniformément sur toute l'étendue du plancher, il a trouvé que la flèche de courbure est en raison inverse du cube de l'épaisseur de ce plancher.

Ainsi, soit un plancher dont l'épaisseur soit de 4 unités, dont le cube est 64, et un autre plancher dont l'épaisseur soit la moitié, 2 unités, dont le cube est 8, la flèche du second plancher sera huit fois plus grande que la flèche du premier, dont l'épaisseur est double, puisque la flèche du second est à la flèche du premier comme 64 est à 8.

Il faut bien remarquer que les parties de ces planchers n'offrent pas la liaison et l'homogénéité d'un corps continu, et que la force qu'on doit leur attribuer s'éloigne beaucoup de celle qui est donnée par les calculs. Nous n'insisterons pas davantage sur ce point, car il se présente rarement dans les constructions.

II. PANS DE BOIS

On appelle pans de bois, tout système (fig. 1, 2, 3 et 4, pl. III) composé de charpente et de maçonnerie, et susceptible de remplacer, dans un édifice, un mur en pierre ou en brique. Les intervalles que l'on voit entre les bois se garnissent ordinairement de petits moellons ou de plâtras uni à du plâtre, ou bien à de la terre glaise, ou encore à toute autre matière en usage dans les pays où ces sortes de constructions s'exécutent. Ces matières, qui servent de remplissage, sont maintenues entre deux lattis cloués sur les bois, et le tout se recouvre ensuite d'un enduit, soit en plâtre, soit en mortier, qui est tantôt uni, tantôt accompagné de joints simulés, de corniches, de moulures, etc., ce qui donne au système l'apparence du mur qu'il remplace.

Les pièces de charpente qui entrent dans la composition des pans de bois se font le plus ordinairement en bois dressés, et elles prennent différents noms, suivant la place qu'elles occupent et la nature de leurs fonctions. Ainsi, les *sablières* A sont des pièces placées de niveau, au rez-de-chaussée et à la hauteur de chaque étage, et dans lesquelles viennent s'assembler la plupart des autres pièces. Placées au rez-de-chaussée, elles sont principalement appelées *sablières basses*, celles qui sont au-dessus des planchers se nomment *sablières de chambres*, et celles qui sont au-dessous prennent le nom de *sablières hautes*.

Les *potaux corniers* B sont placés debout, aux

différents angles, ou montent de fond dans la hauteur de plusieurs étages, aux endroits où les pans de bois de refend ou de distribution viennent se rencontrer avec ceux de la façade.

Les *poteaux d'huissierie* C forment les baies de porte ou de croisée; on les réunit par des *linteaux* D, et l'ensemble se nomme *huissierie*. Le *remplage* ou *remplissage* des vides, au-dessus et en dessous, se fait avec d'autres petits poteaux E, moins forts que ceux d'huissierie : on les nomme *potelets*.

Les *décharges* F sont des pièces de bois inclinées et posées en sens contraire les unes des autres, afin de consolider les assemblages, d'obvier à leur relâchement, et de maintenir d'aplomb les pièces principales, en les contrebutant.

Les *tournisses* G sont aussi assemblées dans les sablières hautes et basses, dans les décharges; leur effet est de remplir les vides formés par ces dernières.

Enfin, les *croix de Saint-André* H, qui remplacent quelquefois les décharges, sont entaillées à mi-bois dans l'endroit où elles se croisent.

Lorsqu'on fait correspondre un plein ou un trumeau sur un vide, comme dans l'établissement d'une baie de boutique, le linteau I prend le nom de *poitrail*. S'il arrive que ce poitrail ait à supporter plusieurs étages, et, par cette raison, le poids des planchers, on pratique, pour diminuer la poussée vers son centre, les décharges K et un renfort L; on en fait autant aux sablières des étages supérieurs. Les poitrails ou poutres peuvent être disposés de différentes manières, comme nous l'indiquerons à l'article des *poutres armées*.

Toutes les pièces d'un pan de bois doivent être assemblées à tenons et mortaises, entrées de force et bien chevillées.

Les tenons et les épaulements des décharges et des autres pièces inclinées doivent être coupés à angle droit, du côté de l'angle aigu ; on appelle cette coupe *tenon à bout* (Voyez aux assemblages).

Quant aux tournisses, leur assemblage avec les décharges se fait assez généralement en *fausse coupe*, afin de moins affaiblir celles-ci. Il faut de plus les arrêter contre les décharges avec de grands et forts clous, appelés communément *dents de loup* ou *rap-pointis* (Voyez fig. 2, aux *tournisses p* et *q*).

Voyez aussi la figure 39 (pl. II), pour les autres assemblages des diverses parties d'un pan de bois.

Les dimensions des diverses pièces d'un pan de bois élevé de quatre à cinq étages sont, pour les parties inférieures, de 21 à 32 centimètres pour les poteaux d'angles et les poteaux corniers ; de 19 à 32 centimètres pour les sablières ; 18 à 21 centimètres pour les décharges, guettes, branches de croix de Saint-André et poteaux d'huissierie de portes et de croisées ; et de 16 à 18 centimètres pour les poteaux de remplissage, les tournisses et les potelets.

Ces dimensions peuvent être diminuées de 3 centimètres au dernier étage, et être réduites à moitié dans les cloisons qui ne sont que de distribution intérieure, comme le sont celles des figures 3 et 4.

Mais, dans tous les cas, les poteaux verticaux des cloisons portant plancher doivent avoir pour épaisseur le douzième de leur hauteur ; et les décharges, ainsi que les sablières, 3 centimètres en sus de ce douzième.

Quant aux dimensions du poitrail, elles doivent être proportionnées à la charge qu'il devra supporter, et en rapport avec l'ouverture de la baie; on donne ordinairement à la hauteur le douzième de l'ouverture.

Les pans de bois sont moins durables que les murs en pierres; mais, comme on peut les former sans leur donner autant d'épaisseur qu'à ceux-ci, ce qui est un grand avantage lorsqu'on est restreint par les dimensions du terrain sur lequel on édifie, et qu'en outre ils coûtent un peu moins, on en fait encore un usage assez fréquent dans diverses villes de France, et surtout à Paris, à cause de la qualité supérieure du plâtre qu'on y emploie. Ce mode de construction est cependant sujet à de grands inconvénients, car un pan de bois garantit toujours moins bien des intempéries des saisons, qu'un mur en maçonnerie, et ne saurait le remplacer dans toutes les circonstances, puisque, par exemple, on ne peut y adosser des tuyaux de cheminée, et, à plus forte raison, en pratiquer dans son épaisseur.

La stabilité d'un pan de bois, n'importe son épaisseur, fût-il hourdé et ravalé en plâtre, est toujours infiniment moindre que celle d'un mur; mais on peut l'augmenter suffisamment en les reliant, en retour d'équerre, aux murs mitoyens et aux planchers, par des tirants ou des harpons en fer.

Les pans de bois formant mur d'enceinte ou de refend au rez-de-chaussée, doivent être élevés sur des socles M formant *parpaing*, en pierre de taille, de 65 à 95 centimètres de hauteur, afin de les garantir de l'humidité, et par conséquent, de la pourriture.

Il convient aussi de donner au pan en façade un léger *fruit*, pour résister à la poussée des planchers.

CHAPITRE VIII

Emploi du Fer dans l'ensemble des constructions

SOMMAIRE. — I. Considérations générales. — II. Planchers en fer. — III. Pans de fer. — IV. Soutiens verticaux. — V. Poutres armées. — VI. Semelles de fonte. — VII. Linteaux et filets. — VIII. Poutres en tôle. — IX. Résistance des poutres métalliques.

I. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La difficulté de se procurer de bons bois, les progrès accomplis dans l'art de la métallurgie, la facilité des transports, ont amené les constructeurs à substituer, presque partout, l'emploi du fer à celui du bois, dans la confection des planchers, des pans en élévation et des combles.

Le fer présente sur le bois des avantages précieux.

Il a d'abord celui d'être incombustible; ce qui

permet de l'approcher sans inconvénient des foyers ou des tuyaux, et d'éviter ces bandes de trémies qui étaient un des mauvais côtés du plancher en bois et des combles de même nature.

Il a celui d'offrir, sous un moindre volume, une résistance égale à celle du bois, et permet de gagner à chaque plancher une hauteur appréciable, dont l'étage profite. On peut ainsi superposer un certain nombre d'étages dans les différentes hauteurs fixées comme maximum par les règlements actuels.

Il a en outre celui d'être assemblé plus vigoureusement que le bois, et par sa nature même tend à paralyser, avec une plus grande action, les détériorations qui se produisent toujours dans les assemblages en bois, qui travaille bien plus que le fer; et on peut dire que si dans le bois les assemblages enlèvent toujours à l'ensemble une solidité incontestable, il n'en est pas de même de ceux pratiqués sur le fer, qui, ne possédant pas pour ainsi dire de fibres, n'est pas sujet à perdre sa force de résistance par leur affaiblissement.

Il faut remarquer que le bois employé en construction demande à être placé très rapproché, et que le fer, au contraire, permet d'espacer davantage les différentes pièces du système; on a donc d'un côté beaucoup moins d'assemblages, et de l'autre beaucoup moins de vides à laisser dans les murs, et encore les vides nécessaires sont-ils infiniment plus petits; la construction gagne donc dans son ensemble par l'emploi du fer.

Les bois, malgré le soin qu'on apporte à leur choix, sont sujets à des détériorations plus ou

moins rapides, et peuvent amener, en perdant leur force par l'échauffement, des accidents assez graves, soit que cette décomposition se produise dans les portées ou dans les scellements. Rien de semblable pour le métal.

L'oxydation ne s'attache ordinairement qu'à la surface et n'attaque en aucune façon le corps même. Le minium, du reste, employé dans de bonnes conditions, peut complètement en détruire le germe.

Les tâtonnements pour substituer le métal au bois, malgré les études approfondies des anciens constructeurs, ont été nombreux.

On s'est servi tour à tour du fer à T simple, du fer à double T, du fer à demi-double T, du fer à cornières, du fer en U, du fer méplat, etc.

L'usage cependant a consacré dans le plus grand nombre de cas le fer à double T, qui se compose, comme on sait, d'une lame et des deux ailes renflées.

Ce fer se lamine sous plusieurs formes. Il se classe comme suit :

Fers à double T, à ailes ordinaires.

Fers à double T renforcé dans sa lame, à ailes ordinaires.

Fers à double T, à larges ailes.

Fers à double T renforcé, à larges ailes.

Fers à triple T renforcé, à larges ailes.

Ce dernier fer est de beaucoup le plus résistant.

II. PLANCHERS EN FER

Dans ces derniers temps, on a souvent remplacé, surtout dans les grandes constructions, les plan-

chers en bois par des planchers en fer, en donnant aux solives en métal la forme d'un double T, ou telle autre forme que la théorie et l'expérience ont montré être la plus légère et la plus résistante. Ces planchers en fer ne sont pas du ressort du charpentier, ce sont les forges qui les fabriquent et les serruriers qui les posent ordinairement. Cependant la plupart des grands entrepreneurs de charpente s'occupent aujourd'hui de mettre en place les grosses pièces et de les assembler ; c'est ce qui nous oblige à traiter ici ce sujet, afin que notre Manuel n'offre pas de lacune regrettable. Nos lecteurs qui voudront connaître la forme et les dimensions des diverses pièces de fer qui entrent dans la construction, les trouveront décrites et figurées dans le *Manuel de la Construction moderne*, qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*. Afin de ne pas grossir outre mesure l'Atlas qui accompagne notre ouvrage, nous n'avons pu représenter ces pièces détaillées et cotées, comme elles le sont dans le Manuel auquel nous renvoyons.

Les figures 1, 2 au cinquantième, et les figures 3, 4, 5 et 6 au vingtième, de la planche XXI, représentent les combinaisons les plus usitées pour les planchers en fer.

Le plan du plancher (fig. 1), fait voir la manière de disposer les différentes pièces qui le composent.

Partie de gauche, plancher ordinaire assemblé

a, solives passantes en fer simple à double T ; *b*, chevêtres assemblés en même fer ; *c*, faux chevêtres assemblés en fer semblable ; *d*, entretoises en

fer carré ; *e*, carillons ou fantons en fer carré ; *f*, assemblage à cornières doubles ; *g*, chaîne, tirant, etc. ; *h*, ancre.

Les solives passantes sont reliées entre elles par les entretoises, qui, coudées, empêchent le rapprochement des lames, et contre-coudées, paralysent leur écartement.

Les fantons ou carillons forment avec les entretoises une sorte de treillis destiné à former le sol du plancher.

Partie de droite, plancher à grande portée assemblé

a, solives de remplissage en fer simple à double T ; *a'*, solive renforcée, à larges ailes en fer à double T ; *b*, chevêtres assemblés en fer ordinaire à double T ; *c*, faux chevêtres en même fer ; *d*, entretoises en fer carré ; *f*, assemblage à cornières ; *g*, chaîne-tirant ; *h*, ancre ; *i*, semelle en tôle.

L'emploi de la solive à larges ailes permet dans cette combinaison de réduire de beaucoup les dimensions des solives de remplissage assemblées, ce qui donne à la fois légèreté et économie. Il a aussi pour résultat d'éviter aux murs les scellements nombreux et toujours nuisibles.

Coupe du plancher

La coupe du plancher (fig. 2), montre la disposition des pièces sous un autre aspect.

j, hourdis d'une nature quelconque ; *k*, lambourdes (pour l'emploi du carreau, la forme remplace les lambourdes) ; *l*, parquet.

Entre chaque solive, le hourdis plein cintré en gorge, donne au plancher avec un léger surcroît de charge une force de cohésion très grande. Les lambourdes, scellées sur le hourdis, courent le plus souvent en travers des solives; dessus règne le parquet.

La figure 2 montre également la disposition des linteaux en métal.

m, linteau en élévation; *n*, linteau en coupe.

Le linteau *m*, *n* résulte de l'accouplement de deux lames de fer à double T assemblées, au moyen de brides en fer méplat, soudées à chaud, et de croisillons en fer carré.

Assemblage des solives entre elles

La figure 3 représente en perspective l'assemblage des solives de remplissage (voir fig. 1), avec la solive à larges ailes, remplaçant l'ancienne poutre.

La solive *a'* est percée de quatre trous à sa jonction avec chaque solive de remplissage, deux de ces trous reçoivent la cornière de droite, et deux celle de gauche. La solive de remplissage est percée seulement de deux trous, et les deux cornières fixées par quatre boulons sur la solive à larges ailes, viennent emboîter la première et la rendent prisonnière au moyen de deux boulons.

Pour les assemblages soignés, on fait sauter les ailes inférieures des solives de remplissage, de sorte que la lame vienne s'épauler sur l'aile large de la solive poutre; on obtient ainsi une grande augmentation de force.

Les cornières remplissent ordinairement la hauteur des lames des solives, elles sont coudées et renflées extérieurement, et à angles vifs sur les faces qui touchent aux solives.

Les boulons sont ordinairement à tête ronde ou plate d'un côté et à écrou carré sur la tige filetée.

Les tirants, chaînes, harpons se fixent sur ces solives au moyen de un ou plusieurs boulons.

Les chaînages de murs se font sous les planchers, et affectent les formes ordinaires.

Différentes dispositions à donner aux remplissages entre solives pour obtenir le sol du plancher

Les planchers en fer, par leur nature, et conséquemment par la disposition qui résulte de leur résistance plus grande, sont composés de solives beaucoup plus distantes que celles des planchers en bois (l'espace entre chaque lame de fer est ordinairement de 0^m65 environ). Il en résulte donc la suppression des augets sur lattis que ne permettent ni la nature du métal, ni le grand espace laissé entre chaque solive. Il a fallu avoir recours à une nouvelle combinaison, c'est comme on l'a vu plus haut (fig. 4), les entretoises et les fantons qui remplissent ordinairement les vides.

La figure 6 montre au vingtième la disposition des entretoises ordinairement espacées de mètre en mètre, et la manière dont les fantons s'enchevêtrent avec elles.

Les entretoises, dont les fonctions sont décrites plus haut, demandent beaucoup de soin dans leur établissement. Pour qu'elles rendent d'utiles ser-

vices, il faut que les coudes inférieurs s'emboîtent et reposent sur les ailes basses des solives, et que les doubles coudes du haut, formant agrafes, soient ajustés à la largeur exacte de l'aile supérieure.

Les fantons ou carillons posés en travers des entretoises, sont ordinairement au nombre de trois entre chaque solive, et comme il est dit plus haut, forment un treillis qui, hourdé et cintré en gorge en plâtras et plâtre, se nomme pailleasse : c'est le sol du plancher.

La figure 4 représente une autre disposition. Ici, ni entretoises coudées, ni fantons, mais seulement des bandelettes de fer méplat, fixées sur les ailes supérieures des solives par des vis à métaux et tenant le roulis du plancher. Puis, entre chaque lame, une voûte en briques creuses ou pleines bandant les solives entre elles (c'est avec ce mode de hourder que l'on emploie quelquefois le fer en U).

Les entretoises, dans ce cas, sont aussi établies au moyen de fers ronds, portant tête d'un bout et écrou à vis de l'autre ; elles passent au travers des solives et affectent la forme de boulons pour maintenir l'écartement.

Les solives, dans les planchers en fers, sont ordinairement espacées de 0^m 65 à 0^m 70 d'axes en axes. Leurs scellements varient entre 0^m 15 et 0^m 18. Les solives en recevant d'autres, ont leurs scellements plus profonds. Sans exposer les calculs nombreux sur les résistances des fers de différentes formes, et en prenant les hauteurs qu'ils peuvent avoir suivant leur emploi, on peut dire que généralement une lame de fer doit avoir en hauteur trois fois

plus de centimètres qu'elle a de mètres en longueur. On peut ainsi facilement obtenir la composition d'un plancher suivant la portée demandée.

Ainsi, pour composer un plancher dont la portée est de 6 mètres dans œuvre : 6 fois $\times 0^m 03 =$ solives de $0^m 18$ h. C'est là le calcul pratique, et il s'accorde sur beaucoup de points avec les calculs rigoureux faits sur la matière.

Voici encore un moyen bien simple pour prendre le poids des poutres ou des pièces en fer d'une grande longueur, quand on n'a pas d'appareil de pesage et qu'on ne dispose que de quelques poids. On commence par mesurer 1 mètre de longueur sur la poutre, puis, à partir de ce point, on partage ce qui reste en deux parties égales, et on place au milieu, sous la barre, un appui à vive arête. Cette partie, si la poutre est symétrique, doit être en équilibre : si donc on pose à l'extrémité un poids qui contrebalance celui du mètre qu'on a mesuré, on a le poids du mètre courant, et, en multipliant ce poids par la longueur de la poutre, on a le poids total. Ce mode de pesage est, assure-t-on, exact à 1 centime près, comme valeur du métal.

III. PANS DE FER

Les pans de fer se composent, comme on le voit par les figures 7 et 8, d'une semelle en forte tôle, solidement ancrée dans la maçonnerie du soubassement, et qui sert, pour ainsi dire, d'assiette à ce genre de construction. Sur la semelle *s* reposent les poteaux de construction *o*.

Ils sont assemblés ensemble au moyen de cor-

nières, comme nous l'avons expliqué pour les planchers en fer. Ces poteaux sont généralement composés de deux lames de fer à double T, ou de deux lames à demi-double T. On peut disposer ces derniers soit côte à côte, soit plats contre plats. On rend les lames solidaires dans leur hauteur au moyen de boulons ou de brides. Leur écartement s'obtient au moyen d'entretoises en feuillard, ou en fer rond, avec écrou de rappel à vis, ce qui permet de régler l'écartement. Sur ces poteaux se pose la sablière p , qui se compose des mêmes fers, et est assemblée de la même manière que les poteaux.

Les linteaux q et les appuis r sont ou en fer à double T posé à plat, avec assemblage à cornières, ou en fers sur champ, de même espèce et assemblés comme les linteaux.

C'est dans les assemblages des poteaux avec les sablières que réside toute l'économie du système des pans de fer. Ils peuvent être combinés de façons différentes ; mais le système le plus ingénieux est celui représenté par la figure 9. Il se compose de deux forts morceaux de tôle, forgés et ajustés, qui embrassent étroitement les côtés et le plat des solives, et qui viennent se joindre sur le milieu des lames du double T. Les boulons traversent à la fois solives et embrasses, et rendent le tout parfaitement solidaire. Les poteaux se trouvent assemblés non sur la sablière elle-même, mais sur les deux morceaux en tôle formant embrasses.

Pour plus de sûreté, il est bon de munir l'intérieur de la sablière d'une âme en fonte, à l'endroit de ses jonctions avec les poteaux inférieurs et supérieurs.

Pour tenir le hourdis, s'il n'est pas en briques, on a soin de placer les fantons entre les entretoises. On obtient ainsi le treillis décrit plus haut pour les planchers. Le chaînage fait au moyen de tirants ou de harpons fixés sur les solives des planchers les unit aux pans de fer et leur donne un grand ensemble de stabilité.

Les figures 8 et 11, la première au cinquantième et la dernière au vingtième, montrent la disposition du poteau cornier *o'*. Il se compose de trois lames, dont deux sont égales et dont la troisième, plus large que les autres, remplit l'angle. Ces trois lames sont assemblées par des brides, et le rapprochement est maintenu par des pièces de fonte intercalées dans l'espace laissé libre entre chaque fer.

Dans certains cas, ces poteaux sont en tôle et établis à la manière des poutres tubulaires décrites plus loin. Les sablières viennent alors s'épauler sur ce montant sans solution de continuité, qui remplit en quelque sorte le rôle de pile d'angle.

IV. SOUTIENS VERTICAUX

On ne peut pas dire que les soutiens verticaux métalliques fassent partie de constructions en charpente, car ils remplacent le plus souvent les colonnes, les piliers en pierre et les murs employés dans les bâtisses; mais ils remplacent également les épais poteaux en bois qu'on a souvent employés pour soutenir des poitrails et des poutres de trop grande portée.

Ces soutiens verticaux sont des colonnettes pleines ou creuses en fonte coulée, qu'on place de même

sous les poutres et les poitrails pour les soulager également dans leur longue étendue, pour occuper moins de place que ne le feraient des colonnes et des piliers en pierre ou en bois, et pour ne pas obstruer le jour. Les colonnes creuses sont, à poids égal, préférables à celles qui ont été coulées pleines, parce qu'elles sont moins sujettes que celles-ci à des vices intérieurs, et puis, à surface égale de section droite, elles sont moins sujettes à se courber ou à vibrer. On fait porter ces colonnettes sur des dés en pierre dure, quelquefois garnies de larges et épaisses plaques de fonte, pour recevoir les goujons qui saillent au-dessous des bases. Par le haut, les colonnettes portent aussi, au-dessus de leurs chapiteaux, des goujons qui sont reçus dans des trous réservés sur les épaisses bandes de fer s'étendant sur toute la largeur de la poutre à soutenir. La figure X (pl. XVII), ainsi que son détail (fig. Y), montrent comment le versant d'un comble peut être relié à une colonne de fonte qui le porte.

V. POUTRES ARMÉES

Pour augmenter la solidité des poutres, qui, outre leur propre poids, ont à supporter celui d'un plancher ou d'une charge quelconque, on les compose de plusieurs pièces formant un solide, tel qu'il présente le plus de résistance possible dans le sens des lignes suivant lesquelles les tensions et les pressions s'exercent. Une poutre ainsi disposée se nomme *poutre armée* ; et les assemblages qui forment cette disposition se nomment *armatures*.

Nous avons vu que, de toutes les manières d'em-

ployer le bois, la plus avantageuse est celle où l'on a soin de 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 l'on se bornait à réunir plusieurs pièces de bois pour en former une seule, en les posant les unes contre les autres sans être liées entre elles, elles pourraient plier séparément, et alors la résistance de la pièce formée par leur réunion ne serait qu'égale à la somme des résistances partielles de chaque pièce; mais si les pièces sont réunies par des assemblages bien disposés et assujettis, ou si elles sont liées entre elles par des boulons comme on le fait ordinairement, de manière qu'il résulte de leur assemblage un solide dont les parties soient obligées de plier toutes ensemble, et de rester juxtaposées lors de la flexion, sans pouvoir glisser les unes contre les autres, alors la force de la poutre sera beaucoup plus grande, et on obtiendra le *maximum* de résistance dont la poutre armée pourra être susceptible.

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 doivent produire.

En effet, si l'on a une poutre AB (fig. 13, pl. III), composée de deux pièces non assujetties entre elles, et avec un poids placé au milieu, ce poids lui fera prendre, par la flexion, la forme CED (fig. 14); ainsi les points de la pièce supérieure auront glissé sur la partie inférieure, d'une part dans le sens EC,

et de l'autre dans le sens *ED*. Pour s'opposer à ce glissement, il faut donc établir des points de résistance, et c'est à quoi l'on parvient en pratiquant des entailles, comme celles qui sont représentées de *F* en *G* (fig. 15) et en serrant les deux pièces au moyen de boulons. Dans cette disposition, les boulons n'auront presque à résister à aucun effort. Si, au contraire, les entailles étaient faites de manière à présenter la figure *FG* renversée, comme l'indique la poutre armée *HI* (fig. 16), les mêmes entailles *ne produiraient que peu d'effet, et les boulons qui supporteraient tout l'effort finiraient même par céder* : l'assemblage manquerait.

D'après ce que nous avons dit sur les arbalétriers, on concevra facilement que la première idée qui doit se présenter, quand on veut donner à une pièce de bois la plus grande force possible, doit être de lui donner la forme ABC, représentée dans la figure 12, pl. III.

Nous allons examiner les changements produits dans les fibres de cette pièce de bois, lorsqu'elle est pressée par un poids appliqué au milieu, et tendant à la faire ployer. 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 sortes de fibres sont séparées par une autre fibre *def*, qui n'éprouve ni allongement ni raccourcissement, et qu'on nomme, à cause de cela, *fibre invariable*.

Ainsi, la résistance de ce solide s'exercera par le moyen de pressions dirigées dans le sens des lignes *ba*, *bc*, et de tensions dirigées dans le sens

des lignes gh , hi . Ces différents efforts dans lesquels cette résistance consiste uniquement, sont d'ailleurs d'autant plus considérables suivant chacune des lignes ba et bc , hg et hi , que ces lignes abc , ghi , sont plus rapprochées de la surface du solide, ou plus éloignées de la ligne def .

Ce que nous venons de dire nous conduit à disposer les armatures en arbalétriers, et les mêmes principes s'appliquent également lorsqu'au lieu de pièces droites on assemble des pièces courbes.

Nous allons faire connaître maintenant les différentes manières qui sont en usage pour assembler, lier et assujettir les pièces entre elles (1).

La figure 5, pl. III, fait voir une poutre armée dont on fait un usage fréquent; elle consiste en deux pièces de bois a et b , dans l'intérieur desquelles on a rapporté une âme c , posée en forme de chevron, et à laquelle sont réunies par embrèvement ces deux pièces, serrées au moyen de boulons à écrous e . On peut y ajouter les clefs f par dessus, au milieu et aux extrémités, pour maintenir le parallélisme de ses parties, partout où l'isolement laissé entre les deux pièces est le plus profond.

La figure 6 représente une autre armature composée aussi de deux arbalétriers a et b en forme de chevrons, mais sans poinçon. Comme le bois de-

(1) Il ne faut pas se le dissimuler, une poutre, aussi bien disposée qu'elle puisse être, ne vaudra jamais une plate-bande, soit en pierre, soit en fer, comme on les fait maintenant, lorsqu'il s'agira de lui faire porter un massif de maçonnerie. En se séchant, elle détermine nécessairement des tassements par son retrait, et, en vieillissant, elle se pourrit, ce qui est un inconvénient bien plus grave.

bout résiste davantage que celui qui est placé horizontalement, on pourrait, à la rigueur, se passer de poinçon, parce que cette pièce, par l'effet de la compression, diminue l'effet des arbalétriers; mais dans ce cas, on ajusterait les arbalétriers de manière à ne former qu'un seul point *o*; et pour que celui-ci porte également partout, on peut y interposer une plaque de plomb.

Les figures 7 et 7 *bis* représentent une armature composée de deux arbalétriers *a* et *b*, qu'on peut assembler dans la poutre, soit par des entailles en crémaillère, comme dans la figure 7, soit par une entaille dans toute leur épaisseur, comme l'indique la figure 7 *bis*. Dans ces deux suppositions, on réserve aux extrémités de la poutre un talon *tu* de 49 à 63 centimètres de long, pour servir de culée aux arbalétriers. Les deux arbalétriers se réunissent au poinçon *p*, qui est lié à la poutre au moyen d'un étrier en fer; on peut encore multiplier les étriers pour fixer les arbalétriers sur la poutre, ou les y fixer simplement avec des boulons à écrous.

La figure 8 se compose également des deux arbalétriers *ab*; mais il y a deux poinçons *p* et *p*, et une pièce horizontale *h*, pour éviter un trop grand exhaussement au milieu de la poutre.

La figure 9 représente une autre armature composée de deux arbalétriers *ab*, et d'un poinçon *p*. Cette disposition est très convenable pour renforcer une pièce destinée à supporter une grande charge.

La figure 10 est une armature indiquée par Rondelet, comme pouvant être employée dans les planchers, lorsque les bois dont on peut disposer 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 centimètres de grosseur, et qu'on n'ait à sa disposition que des pièces de 19 centimètres ; pour les renforcer, on taillera en courbe le dessus de la solive *ab*, sur laquelle on en appliquera une seconde *cd*, qu'on fera ployer au moyen de liens de fer *ll*, espacés entre eux de 1 mètre à 1^m 20 ; la courbure de la première pièce *ab* a été formée en conservant à son milieu la hauteur de 19 centimètres et en la diminuant vers ses extrémités auxquelles on n'a laissé que 12 centimètres ; ainsi la flèche ou la hauteur de la courbure a 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 a trouvé, par expérience, 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.

La figure 11 indique un autre moyen très ingénieux de renforcer une poutre : il consiste à la scier en travers dans la moitié de la 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 l'on peut placer dans l'ouverture un coin de bois très dur ou de fer ; cette disposition augmente la force de la pièce d'un sixième.

La figure 17 représente une poutre ou tirant composée de deux pièces assemblées l'une sur l'autre en crémaillère, pour servir de décharge.

La figure 18 représente une poutre ou tirant composée de trois pièces assemblées avec crans.

Enfin, la figure 19 représente une poutre ou tirant composée de deux pièces renformant deux arbalétriers, dont les pieds sont retenus par des traverses assemblées entre les deux pièces, et dont les extrémités supérieures reposent sur une clef servant de poinçon.

VI. SEMELLES DE FONTE

Une habitude s'est introduite dans la construction des fermes ayant des poutres de bois, c'est de protéger leurs extrémités contre l'humidité, et conséquemment contre la ruine à laquelle elles sont exposées en restant continuellement en contact avec la surface des briques ou des pierres dont les murs des bâtiments sont faits.

On arrive à ce résultat au moyen de ce que les ouvriers appellent des semelles ou des patins de fonte, c'est-à-dire au moyen de plaques qui s'attachent sous les extrémités des entrants où elles sont maintenues par des boulons à vis, des bandages en fer ou d'autres ligatures métalliques.

Les semelles sont aussi et surtout employées pour empêcher l'effritement, l'écrasement et par suite les tassements qui pourraient par là résulter du changement de position des pièces de charpente, particulièrement celles en fer, qui affectent un tranchant caractérisé. On peut dire que l'emploi

des semelles est le complément de tous les planchers établis avec soin.

Ces semelles elles-mêmes affectent un grand nombre de formes diverses qui dépendent des circonstances et de la situation des assemblages auxquels elles sont adaptées, en même temps que du but particulier que se propose l'architecte qui les emploie. Les figures 34, 34 *bis* et 34 *ter* de la planche XVI représentent le plan et l'élévation de la semelle de fonte introduite sous la ferme de la fonderie de Butterley en Angleterre, cette ferme ayant son entrain en bois et le reste en fer. Le patin ou la semelle de cet assemblage, comme on le doit voir sur la figure, possède un pas d'encastrement pour l'extrémité de l'arbalétrier de fer avec lequel il est boulonné, ainsi qu'une retraite ou saillie pour recevoir un boulon dont le pied est scellé dans le mur.

Toutes les fois que, comme c'est ici le cas, les extrémités d'une ferme sont exposées à de la vapeur ou à de l'humidité provenant d'un mur sur lequel elle pose, on trouvera toujours un grand avantage de placer des semelles en fonte sous les tirants de bois, sans cela rien ne pourrait garantir de la moisissure et par suite de la ruine des assemblages exposés par la destination même du bâtiment à l'action destructive d'une perpétuelle humidité.

Dans la figure 35, A représente un entrain ; BC, une semelle en fonte ; CD, un fort lien de fer dont le glissement est empêché par un épaulement de fonte sous la semelle ; EF, un boulon à pas de vis, et G, une sablière vue de coupe ; *a* et *b* sont des

saillies sous la semelle destinées à embrasser la sablière ; et *c*, une troisième saillie encastrée dans l'entrait lui-même. Il est bien visible, rien qu'à l'inspection de la figure, qu'une semelle ainsi faite protège entièrement l'assemblage contre toute humidité qui viendrait du mur.

La figure 36 est une autre disposition du même genre employée à la ferme d'une chapelle construite en Angleterre sur les dessins de M. C. Parker. Sa forme est suffisamment indiquée par la figure pour ne pas exiger de description.

VII. LINTEAUX ET FILETS

Les figures 2 et 3, pl. XXI, font saisir, l'une au cinquantième, la deuxième au vingtième, la manière d'établir les linteaux et par contre les filets destinés à supporter de lourdes charges, bien que reposant sur des points d'appui très distants.

Les linteaux, comme on l'a vu plus haut, s'obtiennent ordinairement par l'accouplement de deux lames en fer à double T, emprisonnées par des brides en fer méplat soudées à chaud, formant ceinture et étré sillonnées à l'intérieur sur les ailes des fers, au moyen de croisillons en fer carré qui donnent à l'ensemble la solidité d'une pièce pleine. Très souvent on les assemble au moyen de boulons à embases, de façon que chaque lame devient prisonnière entre l'embase et l'écrou. Les filets employés pour les ouvertures plus grandes ne sont autre chose que des linteaux composés de fers d'une plus grande force. Quand on veut donner plus de résistance à ces filets, on réunit ensemble

trois lames, et on emploie dans différents cas le fer à larges ailes, et aussi à triple T.

Le chaînage des linteaux ou des filets s'obtient soit en prenant chaque boulon d'extrémité, si l'assemblage est combiné avec boulons, dans un œil fortement enroulé, ou aussi d'un S formant agrafe; soit en façonnant un morceau de fer méplat en V, dont chaque extrémité est boulonnée à chaque solive et dont l'angle du V reçoit l'ancre. La tension ainsi obtenue peut être très grande pour asseoir ces filets, dont les abouts reposent en bonne construction sur des plaques en fer; on a recours, lorsqu'ils ont pris charge, aux coins en fer forgé, et on serre entre les deux plaques; le collage est alors à toute épreuve. Quand deux colonnes sont superposées, et que le filet se trouve emprisonné entre le chapeau de celle du bas et la base de celle placée au-dessus, il est bon et même urgent de garnir l'espace vide entre les deux lames du filet au moyen d'une pièce de fonte nommée âme, bien encastree entre les ailes, boulonnée avec le fer et affleurant le dessus et le dessous du filet. Il y a alors continuité de force avec les matériaux résistants et aucun affaissement ou déversement du filet n'est à craindre avec une telle assiette, et par conséquent la stabilité des colonnes établies en quillage se trouve dans d'excellentes conditions et rien n'est à redouter par la suite. Il est indispensable, néanmoins, que les colonnes qui joignent ces âmes en fonte soient assemblées avec celles-ci, au moyen de goujons. Les filets ont ordinairement des scellements qui varient entre 0.25 et 0.30. On emploie souvent les filets dans l'intérieur des ma-

çonneries de façon à leur donner plus de cohésion.

Filets armés. — Dans certains cas, au lieu de hourder l'intervalle laissé libre entre les deux lames au moyen de briques, et pour donner plus de force aux filets, on y encastre une pièce de bois refait.

Les boulons moisent les deux lames à T et le bois encasté formant âme et rendent le tout solidaire.

La pièce armée, ainsi obtenue, est susceptible de résister à de fortes pressions.

VIII. POUTRES EN TÔLE

Dans plusieurs cas et lorsque les points d'appui sont très distants et les charges à supporter considérables, on emploie la tôle de fer et même la tôle d'acier; mais cette dernière dans des cas exceptionnels.

Les manières de combiner la tôle et le fer sont nombreuses; nous ne décrivons ici que les plus fréquentes.

Poutres simples

On prend une feuille de tôle de hauteur et d'épaisseur calculées suivant certaines expériences sur la résistance du métal, qu'il est superflu de répéter ici; nous en avons parlé au paragraphe I de ce chapitre; on l'assemble avec deux autres feuilles de longueur et d'épaisseur égales, mais de largeur moindre, au moyen de quatre cours de cornières en fer, dont deux maintiennent la feuille du haut et deux celle du bas; ces cornières sont

fixées à la tôle au moyen de rivets disposés en lacets. On a ainsi obtenu un immense double T, dont la résistance est très grande.

Lorsque les poutres doivent rester apparentes, on perfore la tôle et on y découpe des ornements plus ou moins variés. Dans d'autres cas, on assemble une quantité de petites lames formant croisillons et rivées sur les traverses du haut et du bas.

Poutres tubulaires

La figure 10 (pl. 21) montre la manière dont on construit la poutre tubulaire: elle se compose de deux feuilles de tôle disposées parallèlement, coiffées de deux autres feuilles également parallèles entre elles et reliées par des cornières de même longueur, assemblées au moyen de rivets. Cette poutre peut supporter les plus grands efforts.

Poutres entretoisées

On obtient encore plus de résistance en entretoisant les chapeaux entre eux, au moyen de cornières disposées en forme de T sur le champ de la poutre.

On peut, en calculant les charges à porter, obtenir avec le mode d'assemblage à recouvrement avec rivets, toutes les longueurs dont on peut avoir besoin. Les solives de remplissage peuvent s'assembler comme sur le fer à larges ailes. Il est bon, lorsque la poutre doit rester apparente, de simuler sous les solives un faux chapeau et une fausse cornière pour contenter l'œil.

Ces poutres reposent ordinairement sur des se-

nelles aussi en tôle, rivées avec la lame du bas ; elles portent un trou qui sert à recevoir l'ancre.

Lorsque deux ou plusieurs poutres se rencontrent sur la même portée et que leur ancrage doit être au même point, ces plaques sont contrecoudées de leurs épaisseurs et viennent se superposer de manière qu'une seule ancre, pénétrant dans le ou les trous des semelles, suffise à une force de tension considérable.

IX. RÉSISTANCE DES POUTRES MÉTALLIQUES

Formule de M. Périssé

M. Périssé, ingénieur, a donné, à la Société des Ingénieurs civils, communication d'une note sur une formule approchée, mais très simple, pour le calcul des poutres en forme de double T, soumises à la flexion.

Après avoir rappelé les formules ordinaires de la résistance des matériaux dont l'application conduit à des calculs longs et laborieux, M. Périssé indique la formule dont il propose l'emploi et il en apprécie le degré d'exactitude par des considérations théoriques.

Cette formule approchée, qu'il a mise en usage depuis plus de quarante ans, est la suivante :

$$S = K \frac{p}{h^2}$$

S étant la section de la table de la poutre, d'un seul côté de l'axe neutre ; K, le coefficient numéri-

que ; μ , le moment fléchissant des forces extérieures ; h , la hauteur de la poutre.

La valeur du coefficient K dépend non seulement du chiffre auquel on veut faire travailler le métal par unité de section, mais aussi de la nature et de la composition de la poutre ; ainsi, par exemple, elle diffère sensiblement suivant que la pièce est en treillis ou à âme pleine.

Un très grand nombre de poutres construites en fer ont été soumises à un double calcul par l'application des formules exactes d'une part, et de la formule approchée d'autre part. Les différences qui ont été trouvées ont permis de tirer la valeur du coefficient dans les principaux cas de la pratique. Le calcul d'une poutre à double T par la formule proposée se fait ainsi sans tâtonnements, par quelques opérations fort simples, et avec une approximation le plus souvent bien suffisante.

Comparaison entre le fer et l'acier, par M. Gauthier

Nous rapportons ici une autre communication faite à la Société des Ingénieurs civils par M. Gauthier. Il résulte d'un remarquable travail entrepris par cet ingénieur sur le fer et l'acier comparés entre eux :

1° Qu'en substituant la tôle d'acier douce à la tôle de fer dans ses emplois les plus délicats, on peut réduire les épaisseurs d'un tiers ;

2° Qu'en substituant l'acier au fer dans les poutres ou poutrelles, on pourrait abaisser la hauteur de 16 p. 100 et le poids de 30 p. 100 ;

3° Que le laminage de l'acier doux étant beaucoup plus facile à réussir que celui du fer, dans les profils compliqués, il sera possible de modifier, dans une certaine mesure, les diverses sections et de les mieux adapter aux besoins de la construction, sans grever pour cela leur prix de fabrication. La rigidité et l'homogénéité permettront notamment d'élargir les ailes et d'augmenter la hauteur pour l'emploi le plus rationnel de la matière.

Observations du général Uchatius

Le général Uchatius a présenté les considérations suivantes relativement à l'élévation de la limite d'élasticité des métaux par une tension prolongée.

Pour le fer forgé et les variétés d'acier doux, un faible étirage est très utile. Les liges en fer et en acier, dont on met en œuvre la résistance à la traction dans le sens de la longueur, dans la construction des fermes de toitures et des ponts, pourraient être faites beaucoup moins fortes si, avant de les couper à la longueur, on les soumettait à l'action d'une charge capable de leur donner un allongement permanent de 1 à 2 pour 100, en les maintenant sous cette action jusqu'à ce qu'elles ne s'allongent plus.

On pourrait objecter que, si l'on veut économiquement du métal, il suffit de choisir une espèce d'acier plus dure, plus élastique, ou de prendre des aciers doux et de les rendre plus élastiques en les trempant dans l'huile. Les expériences suivantes montrent que ces deux moyens ne sont pas aussi avantageux que l'étirage.

NATURE de la MATIÈRE EMPLOYÉE	RÉSISTANCE absolue	LIMITE d'élasticité	ALLONGE- MENT à la rupture (ténacité) p. c ² .
	kilogrammes par centimètre carré		
Acier fondu.	3840	600	25.3
Acier doux, chargé pendant 24 heures, de manière à rece- voir un allonge- ment permanent de 0.033 de la lon- gueur primitive. . .	3840	2800	21.5
Acier doux trempé dans l'huile.	7580	2800	10.6
Acier demi-dur. . . .	5000	1400	20

Comme la valeur relative des matériaux dépend bien moins de la résistance absolue, que l'on n'utilise jamais entièrement, que de l'élasticité et de la ténacité, l'acier doux étiré est la matière la plus avantageuse des quatre citées dans le tableau ci-dessus, puisqu'elle possède la plus grande élasticité unie à la plus grande ténacité. Aucun procédé de fabrication ou de trempage ne peut donner un acier dont la limite d'élasticité soit de 2,800 kilog. par centimètre carré et qui présente, en même temps, une ténacité de 21,5 pour 100, comme celui que l'on obtient par l'étirage au delà de la limite d'élasticité.

M. Uchatius possède deux barreaux qui ont été découpés parallèlement d'une grosse barre d'acier; ces deux barreaux ont une section carrée et sont

munis à leurs deux extrémités de renflements pour les fixer dans la machine à essayer la résistance à la rupture.

La longueur de la partie prismatique est de 0^m350 ; la section de l'un des barreaux est de 1/2 centimètre carré, celle de l'autre de 2 centimètres carrés ; tous deux atteignent leur limite d'élasticité avec une charge de 3,600 kilogrammes, bien qu'ils soient formés d'un même acier, et que la section de l'un soit quatre fois plus grande que celle de l'autre. Ce résultat provient de ce que l'auteur avait soumis le petit barreau, dont la limite d'élasticité était primitivement à 900 kilogrammes, à l'action d'une charge de 3,600 kilogrammes, jusqu'à ce qu'il ne changeât plus ; ce barreau s'était allongé ainsi de 2,085 pour 100.

La limite d'élasticité peut être reculée jusque dans le voisinage de la résistance à la rupture, de sorte que, dans beaucoup de cas, elle peut devenir six à sept fois plus forte que primitivement.

Les métaux durs, comme presque toutes les variétés d'aciers, demeurent inaltérés à la surface, même pour l'œil le plus exercé, quand on augmente l'élasticité jusqu'à 0,7 de la résistance à la rupture. Les métaux mous, surtout lorsqu'ils n'ont pas été forgés au préalable, deviennent ondulés à la surface, proportionnellement à la grandeur de leurs cristaux. Si l'on veut empêcher cela, il ne faut pas pousser la charge aussi loin.

Un simple étirage pendant un temps court produit peu d'effet ; il faut que la traction agisse pendant longtemps. Il est bon également d'augmenter lentement la charge, de manière à n'arriver à la

charge complète qu'au bout de cinq minutes, et de répéter cette opération après une heure ou deux, jusqu'à ce que l'on ne constate plus le moindre allongement.

Ainsi, par exemple, un barreau en fer forgé avait, à l'origine, une limite d'élasticité de 500 kilogrammes. Après avoir supporté pendant deux heures une charge de 1,200 kilogrammes, il avait atteint un allongement permanent de 11,737 pour 100, et sa limite d'élasticité était à 900 kilogrammes; et, après deux nouvelles heures, l'allongement était de 11,938 pour 100, et la limite d'élasticité de 1,200 kilogrammes. On pouvait ensuite renouveler la charge aussi souvent que l'on voulait, il ne se produisait plus aucun changement.

CHAPITRE IX

Construction des Escaliers

Les escaliers, soit en charpente, soit en pierres, sont des systèmes composés de marches superposées les unes aux autres, pour servir de moyen de communication entre les différents étages d'un bâtiment (fig. 1, 2, 3, 5, pl. IV).

Ils se divisent en deux espèces principales, l'une à *marches parallèles* (fig. 5), l'autre à *marches tournantes* (fig. 8 et 9 bis). Les marches se nomment vulgairement *degrés*.

La partie d'un bâtiment ou d'un édifice qui renferme l'escalier se nomme *cage*, et le vide qu'on laisse ordinairement au centre d'un escalier, s'appelle *jour*.

Dans un escalier en charpente, les marches peuvent être *pleines* ou *non pleines*. Lorsqu'elles sont pleines, chacune d'elles est formée d'un seul morceau de bois, profilé et taillé selon la disposition de l'escalier ; dans le deuxième cas, elles sont simplement en planches, alternativement verticales et horizontales, et assemblées à rainures et languettes.

Dans une marche, le dessus *a* (fig. 1) s'appelle *marche* ou *giron*, et la partie verticale *b* (fig. 2) se nomme *contre-marche*.

Pour maintenir les marches, on les scelle, d'une part, dans les murs de la cage, et on les encastre, d'autre part, dans un massif, soit en bois, soit en maçonnerie ; ce massif forme alors le centre ou le noyau de l'escalier. Quelquefois enfin on soutient les marches avec une pièce de bois rampante *c* (fig. 1), que l'on appelle *limon*.

Les limons se font de diverses manières : les uns sont apparents, les autres taillés à *crémaillère*. Dans le premier cas, les girons ou marches et les contre-marches y sont encastés dans la face intérieure verticale, et le dessus reste apparent. Dans le second cas, les contre-marches seules s'y encastrent, tandis que chaque giron recouvre successivement

l'une des parties horizontales de la crémaillère, comme dans la figure 6. On donne ordinairement aux limons 32 à 35 centimètres de hauteur sur 8 centimètres d'épaisseur, et ils doivent toujours être établis parallèlement aux murs d'*échiffre* de l'escalier, suivant la longueur des marches.

Par murs d'*échiffre*, on entend ceux qui forment les parois de la cage; ces murs sont quelquefois formés avec de simples pans de bois.

Les marches pleines sont préférables à celles qui sont formées de deux planches, parce qu'elles sont moins susceptibles que les autres de *jouer* ou de se *gauchir*. Il est vrai que 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, comme il a été dit ci-dessus.

Le giron d'une marche non pleine ou évidée doit être, autant que possible, d'un seul morceau, et ne point avoir moins de 40 millimètres d'épaisseur. Quant à la contre-marche, son *minimum* d'épaisseur est de 27 millimètres.

Quelquefois aussi les marches se soutiennent par leur propre coupe; mais alors le limon fait partie de chaque marche. Enfin, lorsqu'elles sont apparentes ou posées sur un limon à crémaillère, il est toujours convenable de les profiler au pourtour (1).

(1) Au lieu de les sceller dans le mur, on peut aussi les poser sur un *faux limon* taillé en crémaillère et fixé à l'échiffre.

Les limons apparents par le dessus, ou taillés à crémaillère, sont toujours formés de pièces *c* (fig. 1 et 4) assemblées à tenons et mortaises, et posées de champ sur un socle, ou terminées par un *patin* en forme de volute qui sert de base et que l'on scelle sur le premier giron. Dans la partie supérieure on les soutient, à chaque étage ou palier de repos, au moyen d'une marche *palière* ou pièce de bois destinée à cet effet, et scellée, de même que les marches, dans le mur ou pan de bois d'*échiffre* qui forme les deux côtés latéraux de la cage.

Le limon est en outre destiné à porter la rampe de l'escalier, dans lequel elle se fixe par le bas ; et par rampe, on entend le garde-fou qui enveloppe le jour de l'escalier, de manière à prévenir tout accident.

Dans la plupart des anciens escaliers des maisons ordinaires, les rampes se faisaient en bois ; aujourd'hui elles se font généralement en fer ou en fonte.

Les noyaux pleins (fig. 9) sont des massifs de maçonnerie ou de bois montant de fond, dans lesquels on assemble l'extrémité des marches tournantes de la même manière que les limons ; ce mode de construction n'est plus en usage maintenant.

La forme d'un escalier et sa disposition dépendent, en général, des locaux et des points de départ et d'arrivée auxquels cet escalier est assujéti.

Aussi, les seules règles fixes que l'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 giron et des contre-marches.

La première de ces dimensions, la hauteur, doit être égale pour toutes les marches d'un même escalier, et ne peut jamais être moindre que 135 millimètres, ni aller au delà de 19 centimètres. Quant à la seconde, elle doit être aussi toujours égale pour chacune des marches ; on leur donne communément 27 à 32 centimètres.

Cependant, il arrive souvent qu'on est forcé de modifier cette règle pour les escaliers qui ont un ou plusieurs quartiers tournants, ou lorsque la forme de la cage est circulaire et même elliptique ; parce que, dans ces divers cas, elles sont beaucoup plus étroites à l'une des extrémités qu'à l'autre ; mais alors la largeur voulue est mesurée moyennement dans le milieu du giron. Cet inconvénient est rendu sensible par les figures 9, 10 et 11. La figure 9 est un escalier tournant, et les figures 10 et 11 représentent diverses manières suivant lesquelles on construisait anciennement certains escaliers.

Lorsque la cage était petite, soit qu'elle fût carrée ou circulaire, on faisait jadis toutes les marches tournantes et aboutissant à un noyau plein, montant de fond (fig. 9). Si elle formait un rectangle allongé (fig. 11), l'escalier se composait de deux rampes jointes ensemble par des paliers ou des marches tournantes, et il avait deux noyaux pleins. Enfin, lorsque la cage était assez vaste (fig. 10), on mettait quatre rampes, et à chacun des quatre angles, des noyaux pleins montant de fond.

Quelles que fussent les dimensions de la cage, l'inconvénient dont il s'agit n'en subsistait pas moins. Pour l'éviter, autant que possible, on a imaginé les escaliers à noyaux évidés, à jour et à quartiers tournants ou limons continus, tels qu'on les voit représentés en plan, coupe et élévation, par les figures 1, 3 et 6.

Dans ces escaliers, on fait varier la largeur des marches parallèles les plus rapprochées du quartier tournant, au profit des marches tournantes, suivant une progression qui augmente et diminue par degrés insensibles sur les deux portions consécutives du contour qui forment le limon.

Cette opération, qu'on appelle *balancement*, a pour objet de donner aux marches des largeurs à peu près égales, sans qu'elles soient par trop resserrées à leur extrémité aboutissant à la partie tournante du limon, et aussi d'éviter que la courbe, qui passe par toutes les arêtes supérieures des marches, éprouve des changements brusques, ou, comme on dit, qu'elle fasse des *jarrets*, ce qui serait désagréable à l'œil et un vice réel de construction.

Pour effectuer le balancement des marches d'un escalier, on tracera d'abord en son milieu une ligne médiane telle que *d e f g* (fig. 1, pl. IV), et l'on divisera 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 projection. Pour obtenir la ligne *d e f g*, le plan de la cage et la largeur de l'escalier étant donnés, on tracera, par le milieu des marches, deux droites *d e* et *f g*; puis, par le

point de rencontre h de ces dernières, on mènera une ligne hk , qui divise en deux parties égales l'angle qu'elles forment, quelle que soit d'ailleurs son ouverture ; enfin, d'un point k comme centre, avec un rayon égal à l'une des perpendiculaires abaissées de ce point sur les droites dh et hg , on décrira la portion du cercle ef tangente à ces droites ; l'on aura ainsi $defg$, qui sera la ligne médiane cherchée.

Cela fait, du même point k , comme centre, et avec un second rayon km , égal à la différence des lignes kf , mf , pour former l'arrondissement du limon, on décrira une autre courbe concentrique à la précédente ; c'est sur elle qu'on devra porter les points de division obtenus par le balancement des marches.

Remarquons, en passant, que l'arrondissement d'un limon peut être circulaire, elliptique ou formé à la fois par une ligne droite et par une ou deux courbes ; mais il doit toujours être disposé de manière à ce que les extrémités des marches qui doivent y aboutir aient la plus grande largeur possible. C'est aussi d'après cette considération que l'on détermine la position du centre k .

Maintenant, si on développe la ligne ccm qui passe par les arêtes supérieures des marches, on aura deux droites $1n$ et $n14$ (fig. 3), 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 lm . On portera ensuite $n14$ de n en p ; on élèvera les perpendiculaires $14q$ et pq ; par leur point de rencontre q , on décrira un arc de cercle, avec pq pour

rayon, et la ligne $1p$, plus l'arc $pn14$, formeront le développement cherché.

Ce développement pourrait avoir une tout autre forme si les pentes étaient différentes. Il arrive même quelquefois que son ensemble ne présente qu'une seule et même ligne droite, ce qui a lieu lorsque l'angle n est nul.

Mais, dans tous les cas, ce développement, qui rencontre les horizontales des arêtes supérieures des marches ou des points tels que 7, 8, 9 (fig. 3), indique la division ou le balancement qu'il convient d'effectuer. Pour le reporter sur le plan, on abaisse les perpendiculaires $88'99'$, etc.; on fait 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 8, 9, 10, etc.; de la figure 1. On joint enfin ces divers points aux points correspondants u, e, v , et l'on a des lignes qui marquent la direction du devant de chaque marche.

L'escalier que nous venons de donner pour exemple, peut revenir sur lui-même ou s'arrêter au palier x . On peut aussi en faire les marches pleines et à recouvrement les unes sur les autres, et taillées en chanfrein par-dessous, pour recevoir un ravalement en plâtre sur un lattis jointif.

La figure 4 indique la coupe de l'assemblage d'une partie du quartier tournant c de la figure 1.

Dans tous les escaliers en charpente, on peut faire les deux premières marches, ou la première seulement, en pierre, afin de les garantir de l'humidité produite par le rez-de-chaussée.

Cette première marche sert de base au limon, et

son extrémité est assez ordinairement arrondie (fig. 1 et 5), afin de présenter au limon un empattement plus solide et plus grand, tout en ajoutant à la grâce de la construction. La courbe qu'on donne ordinairement à cette marche est celle d'une volute, mais son contour doit toujours être subordonné à l'emplacement de l'escalier.

La figure 5 est un autre escalier construit d'après les mêmes principes que le précédent : il n'en diffère sensiblement que par les paliers X placés au tiers ou à mi-hauteur, entre le sol et le premier étage. Toutes les marches sont pleines et à recouvrement, comme les marches *b* (fig. 6), et elles sont emboîtées l'une sur l'autre par un joint pendant, ou d'équerre au limon, auquel elles sont perpendiculaires.

Cependant, comme le recouvrement donne assez de stabilité à l'ensemble pour qu'il puisse se soutenir sans cet auxiliaire, on peut n'en point mettre, si on le juge convenable. Dans ce cas, il faut avoir soin de réunir les marches par des clefs *m*, entaillées dans les joints et serrées par-dessous au moyen de chevilles, afin de prévenir le relâchement des assemblages.

Cette manière de construire, qu'on nomme *manière à l'anglaise*, ne s'emploie guère que pour les beaux escaliers, où il convient toujours de profiler les marches par le bout; car il est préférable, sous le rapport de la solidité, de n'avoir qu'un limon continu et dont les différentes parties soient même reliées entre elles par des plates-formes en fer (fig. 7), entaillées de leur épaisseur, et, en outre, maintenues, pour leur écartement, par des boulons

scellés aux parois de la cage : cette seconde espèce d'escalier est dite en *demi-anglaise*.

La forme représentée par la figure 8 est celle qu'on adopte assez généralement pour les maisons particulières : elle est sensiblement elliptique. Elle pourrait être circulaire ou bien présenter des parties droites plus allongées ; mais, par sa disposition, elle obvie, autant que possible, au défaut qu'entraînait toujours un noyau plein, parce que, dans la disposition dont il s'agit, les deux courbes intérieure et extérieure, sur lesquelles les marches s'appuient, diffèrent moins l'une de l'autre que dans un noyau plein, et que, par suite aussi, les marches y ont à peu près partout la même largeur.

Pour les balancer, on fera comme dans la figure 1, et celles qui répondront à la partie circulaire devront d'abord tendre au centre du *jour*, ou, ce qui est la même chose, au centre de chaque portion de courbe.

Quant aux assemblages des diverses parties du limon, soit qu'on le fasse apparent ou à crémailière, on se conformera à ce qui a été prescrit plus haut pour les autres escaliers.

La figure 9 *bis* représente un escalier entièrement circulaire, et pour lequel le genre d'assemblage représenté par la figure 6 convient particulièrement, parce que cette forme ne permet guère l'emploi de grandes portions de limon provenant d'un même morceau de bois ; cette forme convient aussi aux escaliers dérobés et à ceux des établissements publics, aux cafés, aux restaurants, et, en général, aux locaux d'un espace tel qu'il est indis-

pensable, pour trouver le développement d'un escalier, de lui faire faire sur lui-même plus d'une révolution.

La courbe du limon dans un escalier de ce genre, qu'on appelle aussi *escalier à vis*, revenant à plusieurs reprises sur lui-même, est une hélice dont la construction est indiquée aux notions de géométrie.

Enfin, les escaliers dont nous venons de parler, s'appellent aussi *escaliers à jour*, *escaliers tournants* ou *escaliers à noyaux évidés*.

Depuis déjà plusieurs années, on fait emploi de la tôle, dans la construction des escaliers. Les limons se composent de bandes de tôle assemblées au moyen de plates-bandes intérieures à des rivets. — Les marches, quand elles sont en tôle, sont fixées sur les limons par des cornières à rivets. Les contre-marches sont assemblées de la même manière. — Les abouts sont ou scellés en murs ou assemblés sur faux limons par des cornières semblables. — Le hourdis est rendu solidaire au moyen de petits fers vissés sur les angles formés par les jonctions des marches et des contre-marches. — La rampe se fixe au moyen d'écrous boulonnés sur les limons en tôle; on adapte souvent des semelles en pierre et même en marbre.

On obtient ainsi des escaliers solides à toute épreuve, sans relâchements dans les assemblages, et de cet aspect riche, commandé pour les constructions modernes.

Relativement au dessous des marches, on sait qu'il se plafonne sur lattis, comme les plafonds appliqués sur solives,

Au reste, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage indiqué dans l'avant-propos, pour tous les détails du tracé et de la construction des escaliers, détails que les limites de cet ouvrage ne nous ont pas permis de consigner ici (1).

(1) Nous avons publié dans l'*Encyclopédie-Roret* un *Manuel spécial* sur la *Construction des Escaliers*, 1 vol. avec atlas, auquel nous renvoyons le lecteur qui voudrait acquérir des notions plus étendues sur cette importante partie de l'art du charpentier.

CHAPITRE X

Construction des Combles

SOMMAIRE. — I. Combles en bois. — II. Combles en fer. — III. Combles en bois de formes diverses. — IV. Fermes d'un usage fréquent dans les combles. — V. Combles brisés ou à la Mansard. — VI. Combles à deux versants inégaux. — VII. Combles pyramidaux ou à plusieurs pentes. — VIII. Combles coniques. — IX. Intersection des combles formés de surfaces planes : noues et noulets. — X. Combles en dôme et à la Philibert Delorme. — XI. Combles dont la base est un cercle ou une ellipse. — XII. Combles composés de surfaces courbes et dont la base est en ligne droite dans le sens de la pente. — XIII. Intersection des combles composés de surfaces courbes.

I. COMBLES EN BOIS

La toiture d'un édifice comprend deux parties distinctes, qui sont le comble et la couverture.

Les bois qui forment le comble et 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.

Les matières dont on recouvre les combles et qui forment le plus communément leur couverture, sont l'ardoise, la tuile, le plomb, le cuivre et le zinc.

Les combles, en raison des formes qu'ils affectent, peuvent se diviser en deux espèces principales : l'une, comprenant les combles formés de surfaces planes ; l'autre, ceux dont les surfaces sont courbes ou cintrées, Dans la première espèce, les surfaces sont indifféremment nommées *pans* ou *égouts* (1) : ils se nomment simplement *égouts* dans les surfaces courbes.

Hauteur des combles

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 (2).

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.

(1) Ces surfaces s'appellent aussi *versants* ou *rampants*.

(2) 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,

Un comble d'un tiers de pente a un cinquième de plus d'étendue que sa projection horizontale, et, si cette pente est de 45° , la surface est égale en développement à une fois celle de la base, plus les $\frac{2}{3}$ de cette base.

Enfin, la dépense augmente de plus en plus avec la pente du toit, de telle sorte que, sous un angle de 60° , le profil qui offre alors un triangle équilatéral donne une superficie double de sa projection.

Le cube de bois de la charpente augmente aussi en raison de l'élévation du comble, par la nécessité où l'on est alors de donner plus de force aux assemblages et aux diverses pièces qui les forment, afin qu'elles puissent résister à l'action des vents.

Relativement aux matières qui recouvrent les combles, il faut encore remarquer qu'elles diffèrent essentiellement de poids entre elles. Ainsi, la toise carrée de couverture en zinc pèse, n° 14, 25 kilogrammes, ou le mètre carré 6 kil. 579; en ardoise 70 kilogrammes environ la toise, ou 13 kil. 50 le mètre carré; en tuiles plates 342 kilogrammes la toise, ou 90 kilogrammes environ le mètre carré; et en tuiles creuses 305 kilogrammes la toise, ou 80 kilogrammes environ le mètre carré.

Le zinc est donc deux fois et demie plus léger que l'ardoise, et quatorze fois plus léger que la tuile. Il l'est considérablement plus que le cuivre et que le plomb.

Mais, à ces poids, il faut également ajouter celui des neiges dont une couche équivaut à une tranche d'eau de même surface ayant environ pour épaisseur $\frac{1}{20}$ de l'épaisseur de la neige.

Les charpentes destinées à supporter ces derniers

matériaux doivent donc présenter des parties semblables en force : par conséquent, on dépense de plus en plus à mesure que la matière formant la couverture devient de plus en plus lourde.

D'après ce qui précède, on peut se rendre compte facilement de l'économie qu'il y a, en général, 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 exiger autant de bois qu'une autre qui serait plus pesante, mais qui exigerait une inclinaison très prononcée ; parce que, moins les bois sont inclinés, mieux ils résistent aux charges qu'ils ont à supporter.

Il ne faut pas omettre aussi que les combles surbaissés procurent un soulagement considérable aux murs d'appuis qui sont alors bien moins chargés. Voici à ce sujet quelques données expérimentales.

Il résulte d'un grand nombre de mesurages que, dans un bâtiment d'une longueur moyenne, le cube de bois d'un comble peut être évalué par mètre carré d'espace couvert à raison de :

0 ^m 103 cubes de bois pour un comble en ardoises, incliné à	60°
0 ^m 090 cubes, idem en ardoises, in- cliné à	45°
0 ^m 900 cubes, idem en tuiles plates, incliné à	45°
0 ^m 058 à 0 ^m 068, idem en tuiles creu- ses posées à sec sous l'angle de	18 à 21°

0^m067 à 0720, idem en tuiles creuses maçonnées sur une planche en bois sur le même angle.

0^m091 idem en tuiles creuses maçonnées sur un pavé en briques de plat à la marseillaise, même inclinaison.

Toutefois, on n'a pas compris dans ces évaluations le cube du bois des 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 dimensions sont très variables, selon les poids que les planchers ont à supporter et les points d'appui qui se trouvent en dessous : quelquefois même les tirants n'existent pas.

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, ainsi que, à plus forte raison, celles où la hauteur est encore plus grande, attendu que les pentes qui en résultent donnent lieu à tous les inconvénients signalés plus haut.

Pour les tuiles plates, les hauteurs suivantes sont celles qui sont adoptées le plus ordinairement et comme *minimum* de pente. Dans les contrées septentrionales, la hauteur est ordinairement égale à 1/3 de la base, et l'inclinaison résultante est de 34° : 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° seulement. Cette pente pourrait même être moindre, si toutes les

tuiles s'appliquaient aussi bien les unes sur les autres que les ardoises; mais la plupart du temps elles sont gauches et mal fabriquées, et, par cette raison, elles offrent plus 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. Au reste, dans les contrées où les pluies sont abondantes, la pente qui correspond au $1/4$ et même celle qui correspond au $1/3$, ou les inclinaisons à 22 et 27 degrés, peuvent suffire.

Pour les tuiles creuses, le *minimum* pour la hauteur est de $1/3$ ou $1/6$ de la base, ce qui donne une pente de 22 degrés à $18^{\circ} 1/2$; et le *maximum* est le $1/4$ ou 27° , afin qu'elles ne glissent pas. Cette pente, ainsi qu'on le remarquera, est plus faible que les précédentes, parce que chaque rangée de tuiles creuses forme un chéneau, et donne ainsi à l'eau qu'elle rassemble plus de force pour s'écouler.

Quant aux matières métalliques, elles ne limitent aucune pente, si ce n'est celle qui est indispensablement nécessaire à l'écoulement des eaux, comme par exemple, dans le cas d'une terrasse.

Les combles surhaussés défigurent généralement les édifices, et, comme habitations, ils ne présentent que des abris malsains, trop chauds en été, trop froids et humides en hiver.

Combles formés de surfaces planes

Ces combles peuvent être combinés d'une infinité de manières ; mais nous ne parlerons ici que de ceux qui sont d'un usage fréquent dans les constructions ordinaires. Cependant, pour ne rien laisser à désirer à cet égard, nous avons indiqué, dans le Vocabulaire qui termine cet ouvrage, la nomenclature des différentes formes qu'on peut leur donner.

On divise, en général, les toits en *combles simples*, en *combles brisés* ou à la *Mansard*, et en *combles* dont la figure est *pyramidale*. Les uns et les autres se distinguent aussi par le nombre des égouts.

Les *combles simples* sont à un ou à deux égouts, ceux qui n'en ont qu'un se nomment *appentis*. Les appentis s'emploient spécialement pour couvrir les bâtiments et les *hangars* adossés contre d'autres bâtiments ou contre des murs isolés, comme dans la figure E (pl. V). On verra ci-après, et par la seule comparaison de cette figure avec toute autre représentant deux égouts, que les pièces qui forment les deux espèces de toiture sont à peu près les mêmes pour les deux cas ; on concevra, d'ailleurs, que l'exemple que nous donnons peut varier en raison des circonstances.

Les *combles* qui n'ont que deux égouts sont formés par deux versants inclinés en sens contraire, qui forment un angle au sommet, et dont les extrémités sont terminées par des murs triangulaires qu'on nomme des *pignons*.

Les *pignons*, non seulement terminent les combles, mais ils servent aussi à porter quelques-unes



des pièces principales de la charpente, telles que les pannes *a* et le faitage *b*, dont nous indiquerons ci-dessous l'usage.

Lorsque les combles ont peu de longueur, les pannes et le faitage sont simplement portés par les pignons ; mais s'ils ont plus de 4 à 5 mètres, quelle que soit d'ailleurs leur forme, ils s'exécutent par travées, et alors ils sont composés de fermes *cc* ; ces fermes sont des assemblages de plusieurs pièces servant à supporter les pans, et tenant lieu de pignons.

Les fermes sont aux combles ce que les poutres armées sont aux planchers ; mais, quelque bien qu'elles soient construites, elles ne peuvent jamais avoir la stabilité ni la solidité d'un pignon en maçonnerie. Dans leur construction, on doit toujours avoir égard, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, 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 qui sont destinées à former leur couverture.

On nomme *travée* la distance d'une ferme à l'autre ; cette distance est généralement de 3 mètres au moins, et de 4 mètres au plus.

Chaque ferme (fig. 1, pl. V) se compose d'un certain nombre de pièces que nous allons successivement indiquer :

1° Deux arbalétriers *a* servant à porter quelques-unes des diverses pièces formant le comble.

2° Un *entrait* ou *tirant* *b*, dans lequel les arbalétriers sont assemblés, posé horizontalement et servant à prévenir leur écartement et à supporter

l'ensemble de la ferme ; cet entrain est ordinairement appuyé sur la partie supérieure des murs, mais quelquefois il y est encastré par ses extrémités, comme dans la figure 16 ; dans la figure 4, on en voit un porté par deux plates-formes *ab* ; mais il présente ainsi bien moins de stabilité.

3° Un second entrain *c*, faux ou retroussé, est souvent placé parallèlement au tirant ; assemblé dans les arbalétriers, il les empêche de ployer.

4° Un poinçon *d*, dans lequel s'assemblent les arbalétriers, prévient la flexion du faux-entrain.

5° Des contre-fiches *e* sont assemblées dans le poinçon pour raidir les arbalétriers.

6° Enfin, des aisseliers *f* s'emploient quelquefois pour fortifier l'entrain.

Dans les constructions simples, ou quand les arbalétriers ont peu de portée on remplace les aisseliers par des jambettes *a* (fig. E, pl. V) ; alors les jambettes servent non seulement à fortifier les arbalétriers, mais encore à prévenir leur glissement sur l'entrain, dans le cas où les tenons des extrémités viendraient à manquer. On obtient ce résultat en donnant aux jambettes une légère inclinaison dans le sens même des arbalétriers. Dans quelques circonstances cependant, on fait usage des jambettes, indépendamment des aisseliers, comme dans la figure 13.

Les fermes ainsi disposées servent à porter un assez grand nombre d'autres pièces, nommées sous-faites, faitages, pannes, tasseaux ou chantignolles, chevrons, coyaux et chantattes, qui, conjointement avec celles nommées plates-formes ou sablières, entretoises et blochets, concourent à la formation

générale d'un comble et en assurent la solidité.

Le *sous-faîte* *g* (fig. 1) s'assemble dans les faux entrants, afin d'augmenter la stabilité des fermes.

Le *faîtage* *h*, comprenant plusieurs pièces placées bout à bout les unes à la suite des autres, lorsque le bâtiment a beaucoup de longueur, forme le *faîte* ou *sommet* du comble ; il est porté par tous les poinçons des fermes, qui y sont 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 communément en travers sur les *pannes*.

Les *pannes* *i* (fig. 1), portées par les arbalétriers, s'appuient aussi par leurs extrémités sur les pignons ; elles servent à soutenir et à fortifier d'autres pièces *m* nommées *chevrons*, lorsque ces derniers ont trop de portée.

Les *tasseaux* ou *chantignoles* *k* sont de petits morceaux de bois assemblés ou fixés par des boulons ou de forts clous sur les arbalétriers, afin de soutenir les pannes ; le *tasseau* est coupé carrément de tous côtés (fig. 17), tandis que la *chantignole*, coupée de même par un bout, est coupée en biseau par l'autre.

Les *chevrons* *m* sont des pièces sur lesquelles se clouent les lattes destinées à recevoir les tuiles ou les voliges des couvertures en ardoises, etc. Ces pièces se placent sur les pannes, dans le sens de la pente du toit, s'appuient, par leur extrémité supé-

rieure, sur le faîtage avec lequel elles sont chevillées, et s'assemblent par leur pied dans une plate-forme *n*. Enfin, on les espace ordinairement entre elles de 44 centimètres de milieu en milieu; elles forment, par leur ensemble, ce qu'on appelle le *lattis* du comble.

La *plate-forme* ou *sablère* *n* est une pièce dont l'épaisseur est toujours moindre que la largeur; elle se place généralement sur le haut des murs. Quelquefois cependant on la fait reposer sur les extrémités des entrails, comme dans la figure 22; mais, dans tous les cas, elle est destinée à recevoir le pied des chevrons dans des pas qui y sont entaillés par embrèvement (fig. 12, pl. V).

Lorsque les murs ont beaucoup de largeur, ou que l'on veut éviter le tassement inégal qu'exercent sur l'entablement les pièces *O* 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.

Les *entretoises* sont de petites pièces placées en travers sur les doubles plates-formes pour les *entretenir*, c'est-à-dire les relier, afin de prévenir leur écartement.

Les *blochets* 2 (fig. 16, pl. V) sont des pièces de peu de longueur, mais d'un équarrissage assez fort, qui, dans certains combles, remplacent l'entrait: ils sont destinés à recevoir le pied des arbalétriers et des arêliers, lorsque ceux-ci aboutissent à des angles; ils se posent sur le haut des murs ou sur les plates-formes, avec lesquelles ils sont assemblés, ainsi qu'avec les jambes de force, comme l'indique la figure 17, qui représente, en outre,

le pied du chevron *a*, qui est fixé par embrèvement, et le coin qui fixe le blochet à la jambe de force. La figure 38, pl. II, représente les détails en grand des divers assemblages d'un blochet.

Les *coyaux o* sont de petits chevrons qui s'appuient à la fois sur les grands chevrons et sur la double plate-forme ou sur l'entablement du bâtiment, afin de rejeter les eaux au delà des murs ; ils ne s'emploient que lorsque les combles ont beaucoup de pente, et lorsque les chevrons sont posés sur la plate-forme.

Enfin, la *chanlatte* est une pièce de bois destinée à recevoir les tuiles ou ardoises, afin de rejeter aussi les eaux pluviales au delà du pied du mur.

II. COMBLES EN FER

Les combles des constructions particulières sont souvent pourvus de combles en fer. Ils permettent de sortir facilement du toit les tuyaux de toute sorte et d'établir sans difficulté les têtes de cheminées ; ils ont en outre l'avantage, en prenant moins de place, de rendre les derniers étages d'une maison plus habitables.

Les figures 12 et 13, planche XXI, représentent la coupe et le plan d'un comble en fer ; on voit en *u* les jambes de force et chevrons de brisis ; en *v*, les poteaux de lucarne ; en *x*, les chevrons du haut comble ; et en *y* les tringles en fer, cornières destinées à recevoir une couverture en tuiles.

Les jambes de force sont fixées par leur pied sur la sablière si c'est un pan de fer, sur la semelle si

c'est une construction en maçonnerie, au moyen d'embrasses ou de simples cornières, comme il est décrit plus haut ; et à leur sommet avec l'arbalétrier sur une face et avec l'entrait sur la seconde face ; il est nécessaire alors d'enlever les côtes des jambes de force dans la hauteur de l'assemblage qui est retenu par des boulons ; on emploie aussi pour les jambes de force deux lames accouplées, comme dans les pans de fer, et alors l'entrait et l'arbalétrier se trouvent moisés entre les deux pièces et sont réunis entre eux par une contre-fiche.

Cet ensemble forme une ferme. Les fermes sont maintenues écartées et rendues solidaires par des pannes dans le haut comble et par sablières de brisis à la partie haute du comble inférieur. Les pannes se posent comme celles en bois, mais les sablières sont assemblées avec les jambes de force au moyen de cornières et viennent recevoir les solives formant le faux plancher. Les chevrons de brisis sont assemblés aussi avec cornières sur la semelle et sont assemblés à épaulements sur la sablière du brisis. Les chevrons du haut comble viennent également porter sur cette sablière. Les poteaux, sablières, faitages, etc. de lucarnes sont assemblés de la même manière que le reste. Les tringles qui courent en travers sur les chevrons sont en fer à cornières et vissées sur la côte supérieure de chaque chevron, en observant l'écartement nécessaire aux dimensions des tuiles.

Les intervalles occupés par les hourdis sont remplis comme il est décrit aux pans de bois. Les intervalles entre chaque chevron ou jambe de force sont ordinairement de 70 centimètres.

L'ardoise, le plomb, le cuivre, le zinc, employés comme couverture, nécessitent des fourrures en bois vissées sur les parties en fer.

Pour faire suite à la description qui précède, qui suffira pour donner une idée générale du parti qu'on peut tirer de l'emploi du fer dans la construction des combles, nous donnerons la description d'une armature en fer substituée à un comble en bois dans une église où se trouvaient des décorations artistiques de valeur, qu'on tenait à conserver.

**Armature en fer destinée à consolider
et à relever des combles détériorés ou affaissés,
par M. A. Ainger, de Londres**

Pendant les réparations entreprises à l'église de Sainte-Marie-Aldermary, à Londres, et dues au talent du célèbre architecte *Wren*, on s'aperçut que la plupart des entrants et des arbalétriers du comble de cet édifice étaient attaqués de la pourriture sèche; que plusieurs ne portaient plus sur les murs et que d'autres étaient entièrement détruits. La restauration de cette charpente eût entraîné une dépense de plus de 125,000 francs, et nécessité l'enlèvement du plafond, enrichi de sculptures et d'ornements précieux. Il était donc d'une grande importance de ne point enlever les charpentes, et même de ne pas y occasionner le moindre ébranlement.

On proposa d'abord de retrancher les parties détériorées, et de les remplacer par des bois neufs qu'on aurait fixés avec des boulons aux parties

encore saines ; mais on reconnut que ce moyen ne présentait pas assez de solidité, parce que tout le poids de la charpente portant uniquement sur les boulons, ceux-ci ne pourraient résister à la charge ; d'ailleurs, les trous et les mortaises qu'il aurait fallu percer dans le bois eussent affaibli l'aggrégation de ses fibres.

On rejeta donc l'emploi du bois, et on eut recours au fer. Le nombre des poutres à réparer était de quinze, fermant trente bouts. Pour plus d'économie, on se détermina à employer la fonte de fer et à la disposer de manière qu'elle offrit le plus de résistance possible sous le moindre volume, et qu'elle pût être placée sans embarras.

Ce projet fut mis à exécution et réussit complètement. La restauration de la charpente se fit avec une facilité et une promptitude qui surpassèrent l'attente de l'auteur, et sans que le plafond fût aucunement dérangé.

La partie du comble qui couvrait la nef, et qui était composée de tirants et d'arbalétriers assemblés par des poinçons, à la manière ordinaire, quoique moins endommagée que le reste, avait cependant aussi éprouvé une altération sensible dans les appuis qui portaient sur les murs. L'auteur a imaginé une autre espèce d'armature pour consolider cette partie de la charpente ; mais il n'a point eu occasion de l'employer. Toutefois, il ne doute pas, d'après les expériences qu'il a faites, qu'elle ne soit très solide, et qu'elle n'eût procuré une grande économie dans la dépense.

La figure 1, pl. XI, représente l'élévation latérale de l'armature ; la figure 2, une vue par le

bout, et la figure 3, une vue au-dessus de l'armature exactement représentée telle qu'elle a été employée dans l'église de Sainte-Marie. Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans ces trois figures.

A est une *solive* ou *plate-forme* appuyée sur le mur latéral de l'édifice; on voit, en arrachement, le *tirant* ou *entrait*, qui ne porte plus sur cette plate-forme, et dans l'état où il se trouvait lorsque l'armature y a été adaptée. Cette armature consiste en deux formes latérales parfaitement semblables, et composées chacune de quatre bandes, dont deux obliques, et deux horizontales BC, DE, réunies par un lien vertical, et fondues d'une seule pièce : elles se terminent par un talon B qui pose sur la plate-forme. Ces bandes sont munies de trois oreilles percées de mortaises, dans lesquelles passent des boulons en fer forgé servant d'assemblage aux deux fermes. L'un de ces boulons est représenté séparément en F (fig. 4) : il porte d'un bout une tête plate ; l'autre est percé d'une mortaise pour recevoir une clavette G. On passe sous ces boulons des plaques de fonte d'une longueur égale à la largeur de la pièce de bois, et de 16 centimètres de large.

On voit en HI (fig. 4), l'une de ces plaques en plan et en coupe : elle porte une rainure, dans laquelle se loge le boulon lorsqu'il est mis en place.

Voici le moyen que l'on a employé pour fixer cette armature sans déranger les combles.

On a commencé par placer un support provisoire sous la partie encore saine de la pièce de bois ; ensuite, on en a retranché tout ce qui était

détérioré ou pourri; on en a enlevé la *solive* ou *plate-forme* qui se trouvait aussi en mauvais état, et on l'a remplacée par une neuve.

Cette opération terminée, deux hommes se sont placés de chaque côté de la poutre, et, ajustant d'une main l'armature, de l'autre ils ont passé un boulon à travers l'oreille D, et ils l'ont arrêté par la clavette. L'armature ainsi suspendue par le boulon, l'ouvrier a appliqué l'une des plaques de fonte (fig. 4) contre la partie inférieure de la poutre E, et il l'a maintenue jusqu'à ce que le second boulon ait été placé et que la clavette ait été engagée. Alors il a soulevé la partie D de l'armature, afin d'assujettir la plaque inférieure; puis une plaque semblable ayant été passée sous ce boulon D, on a serré fortement les clavettes, et l'on a chassé sous la plaque, en D, des coins en chêne très dur, ce qui a donné la solidité convenable à tout le système. On a opéré de même à l'égard du boulon C, et ensuite, on a mené le talon B sur la plate-forme, où il a été arrêté par de forts clous ou avec des vis.

Finalement, on a enlevé le support provisoire, et tout le système s'est trouvé solidement établi.

Cette opération n'a pas duré plus de dix à quinze minutes, et n'a pas occasionné le moindre dérangement, soit dans la charpente du comble, soit dans les panneaux sculptés dont se compose le plafond.

Quant à la dépense, il est incontestable que le fer est préférable au bois. On a employé, pour chaque bout de solive, 63 kilogrammes de fonte et 6 kilogrammes de fer forgé, dont le prix est d'en-

viron 36 fr. les 100 kilog. pour la première, et 1 fr. 20 c. le kilog. pour le second.

On ne peut pas évaluer exactement le prix de la main-d'œuvre; mais si l'on compare cette dépense à celle qu'eussent occasionnée des pièces de chêne de 2 mètres de long sur 44 centimètres d'épaisseur, avec trois à quatre boulons à écrous pesant de 4 à 5 kilog. chacun, on verra que celle-ci eût été doublée. Il faudrait d'ailleurs, en faisant cette comparaison, ne pas oublier de tenir compte des difficultés que l'on peut éprouver, et des risques que nécessairement on court, quand on perce des mortaises dans des bois déjà altérés.

La figure 5 représente une élévation latérale, et la figure 6 montre une coupe vers le bout, sur la ligne YY, d'une armature destinée à consolider un comble détérioré à l'endroit de son assemblage où il porte sur le mur. L'arbalétrier était moins épais que le tirant, il a fallu accommoder les formes de l'armature à cette différence de dimension : aussi, là où passent les boulons O et N, les branches ont une épaisseur moitié moindre que les branches inférieures, sans que cette disposition nuise à leur solidité. Le tirant repose sur une large plaque de fer forgé, sous laquelle passe un boulon à écrou; les bords RR de l'armature sont plus épais à leur face intérieure, et ils pénètrent de chaque côté dans l'arbalétrier, comme on le voit sur la figure 7, qui est une coupe sur la ligne ZZ de la figure 5. En Q est une plaque de fonte et un boulon, sous lesquels on passe des coins de bois, comme dans la première armature. Ces coins, étant chassés avec force, serrent la plaque P contre

la partie inférieure de la solive. La plaque de fonte et les coins, passés sous le boulon O, sont destinés à consolider tout le système, et à contenir le tirant, dans le cas où il deviendrait nécessaire d'enlever l'arbalétrier pour le réparer. Le boulon N sert principalement de lien entre cette pièce et l'armature à l'endroit où elle dévie de la ligne droite.

Les figures 8 et 9 représentent une armature en fonte destinée à soutenir ou relever une solive qui se serait affaissée ou rompue. Cette armature consiste en deux pièces semblables, composées chacune de deux triangles et d'un carré ou parallélogramme dont la partie inférieure supporte une plaque de fer forgé, avec deux vis à chaque bout : on les voit séparément en S S. Deux plaques plus petites TU, également munies de boulons à vis, sont placées sur le dessus de la solive, et le dessus de la pièce est entaillé pour recevoir les plaques S S. Des coins V, V sont chassés entre ces plaques et le bois, pour donner à tout le système la solidité nécessaire.

Une solive ainsi garnie est aussi solide que si elle était neuve.

L'auteur de ces armatures a reçu de la Société d'encouragement de Londres la grande médaille d'or.

III. COMBLES EN BOIS DE FORMES DIVERSES

Combles formant croupe. Pièces de charpente qui entrent dans leur construction

Souvent, au lieu de terminer les combles par des pignons en maçonnerie, on remplace ceux-ci par des pentes triangulaires (fig. 2 et 3, pl. V), formant égout : on leur donne le nom de *croupe*. Alors les grandes faces se nomment des *longs pans*, et les angles formés par la rencontre des *croupes* et des *longs pans* se nomment *angles d'arêtiers*.

Les figures 1, 2 et 3 représentent les détails de cette espèce de comble : la première indique une coupe en travers ; la seconde, une autre coupe prise dans la longueur, et la troisième en est le plan.

Les *croupes* sont toujours formées par des moitiés de fermes P et Q (fig. 3, pl. V) : l'une d'elles P se nomme *demi-ferme de croupe*, et chacune des deux autres, Q, Q, *demi-ferme d'arêtiers*. Celles-ci vont, du milieu *r* de la ferme la plus voisine de l'extrémité du comble, aux angles du bâtiment : la première, la demi-ferme de croupe, qui ne s'emploie que dans les combles qui ont une très grande largeur, est placée juste dans le prolongement du faitage. Ces demi-fermes sont généralement composées d'une manière semblable aux fermes entières ; mais les pièces qui remplissent les fonctions d'entrants prennent ici la dénomination de *demi-entrants*.

Le demi-entrant qui se trouve placé dans le prolongement du faitage et que l'on voit projeté en *s* (fig. 2 et 3) s'assemble par un bout dans l'entrant

des longs pans, et se pose par l'autre bout sur le mur du pignon. Ceux qui correspondent aux deux arêtiers peuvent s'assembler, de même que le précédent, dans l'entrait; mais il est préférable de les appuyer sur des pièces nommées *goussets* (voyez la lettre *t*, fig. 3), attendu que, par ce moyen, l'entrait se trouve moins affaibli par les assemblages qui, dans l'hypothèse dont il s'agit, se trouveraient tous réunis vers le même point.

Pour établir les goussets, on les assemble diagonalement d'une part dans l'entrait, et de l'autre dans le demi-entrait, ainsi que l'indique la fig. 3. On peut aussi en placer dans les angles de la croupe, tel qu'en *u*, lorsqu'on n'a pas à sa disposition des bois d'une assez longue portée pour former le demi-entrait d'arêtier.

Enfin, les *empanons* sont des pièces *v* d'inégales longueurs, que l'on voit appuyées, par une extrémité, sur les arêtiers où elles sont assemblées, et par l'autre dans la plate-forme. Ces pièces sont appelées *empanons* pour les distinguer des chevrons de long pan, qui, au lieu de reposer sur les arêtiers, s'appuient sur le faitage; mais celui du milieu, qui est le plus long, s'assemble par le haut dans le poinçon, et par le bas dans la plate-forme. On le désigne aussi, pour le distinguer des autres, par le nom de chevron de *croupe* ou de *ferme*.

Les figures 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12 (pl. V) indiquent les détails en grand des assemblages, et les dispositions respectives des diverses pièces dont nous venons de parler : elles trouvent leur application par les lettres de renvoi aux figures correspondantes 1, 2 et 3.

La figure 5 montre, vu par-dessus, le faitage dans lequel sont assemblés les arêtiers Q, les empanons et les chevrons de croupe *v*.

La figure 6 indique l'assemblage des arêtiers Q sur le poinçon *d*, au moyen d'une entaille X (fig. 7), faite dans le bout de l'arêtier, à la demande du poinçon, et suivant l'angle d'écartement de l'arêtier.

Les figures 8 et 9 donnent les détails d'une autre manière d'assembler les arêtiers avec le poinçon : elle consiste à trancher diagonalement et en biais le sommet du poinçon, suivant l'angle d'inclinaison de l'arêtier 1 qui s'appuie dessus. L'arêtier Q porte un tenon 2 que reçoit une mortaise 3, pratiquée dans le poinçon.

Les figures 10 et 11 indiquent deux autres manières d'assembler les chevrons au faitage.

Enfin la figure 12 donne les détails en grand des différentes parties qui correspondent aux lettres de renvoi des figures 1, 2 et 3.

Indépendamment des assemblages ci-dessus, il en est d'autres encore que l'on peut appliquer aux diverses pièces qui forment les combles; mais, pour ne point nous répéter, nous renvoyons nos lecteurs au chapitre qui y est spécialement consacré.

Pour compléter autant que possible tout ce qui précède, nous allons donner l'explication de quelques épures de l'Ecole polytechnique représentant : 1^o une croupe droite ayant les arêtiers, le poinçon, le coyer et les chevrons de ferme *dévoiyés*; 2^o une croupe biaise, avec les mêmes pièces également *dévoiyés* et les empanons *délardés* ou *déversés*.

Nous ferons connaître par là ce qu'on entend par *dévoyer*, *délarder* et *déverser*; la manière d'effectuer ces opérations, ainsi que la marche à suivre pour opérer les développements et les rabattements en général, ce dont nous n'avons point encore parlé.

Croupe droite (fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6, pl. VI) **ayant les arêtiens, le poinçon, le coyer et le chevron de ferme dévoyés.**

Voici la nomenclature des diverses pièces composant cette croupe : *a, a'*, entrain ou tirant; *b*, coyer; *c*, gousset; *d, d'*, arêtier; *d''* le même vu par-dessous; *e, e'*, poinçon; *f, f'*, chevron de ferme; *f''*, le même vu par-dessous; *g, g'*, chevron de long pan; *h, h'*, faitage; *i*, pas de chevron de long pan; *i'*, *idem* des empanons; *k, k'*, chevron de demi-ferme de croupe; *k''*, le même vu par-dessous; *l, l'*, queues d'aronde que l'on fait entrer de toute leur épaisseur dans les plates-formes, pour retenir ces dernières placées bout à bout; *m, m'*, empanon de croupe et de long pan; *n*, demi-entrain de croupe.

Dans toute espèce de comble, les arêtes intérieures 5-6 et 6 *m*, des plates-formes, se nomment *lignes de gorge*. Quand les croupes sont droites, et que la distance du pied de poinçon à ces lignes est la même, par rapport au long pan et par rapport à la croupe, l'arêtier et son arête supérieure partagent en deux parties l'angle du bâtiment auquel il correspond; ils suivent, par conséquent, en projection, la direction de la diagonale d'un carré.

Il n'en est pas ainsi lorsque ces distances sont inégales, c'est-à-dire lorsque celle qui correspond

au milieu de la croupe est la plus petite; car, dans ce cas, la projection horizontale xz de cette arête, toujours plus inclinée vers la base de la croupe que vers celle du long pan, devient, en projection, la diagonale d'un parallélogramme ou d'un trapèze, selon la forme du bâtiment.

Cette ligne, qui est la projection de l'arêtier, résulte de la rencontre du plan du lattis du long pan avec le plan de la coupe; et le point z , de rencontre de cette diagonale avec la plate-forme, détermine le pied de l'arêtier, qui doit nécessairement se trouver sur cette ligne.

Pour conserver trois des faces des pièces rectangulaires destinées à former les arêtiers, en laissant à ceux-ci toute l'épaisseur possible, on dispose ces pièces de manière que leurs faces supérieures passent par l'arête xz , intersection de la croupe et du long pan, et que, cependant, les deux faces latérales des pièces employées restent verticales.

Comme les deux arêtes inférieures des arêtiers doivent aboutir aux bords inférieurs des pas de chevron, il est évident que l'arêtier devra être dévoyé, c'est-à-dire que les faces latérales verticales seront inégalement distantes du plan vertical de l'arête mentionnée.

Par suite de ce procédé, l'*arêtier dévoyé* se trouve avoir deux faces supérieures inégales et non semblables, mais néanmoins toujours inclinées l'une à l'égard de l'autre, suivant l'angle formé par le plan de la croupe avec celui du long pan. Cela entraîne à plusieurs déplacements, savoir : déplacement des tenons de l'arêtier et du poinçon; déplacement du poinçon lui-même par rapport au tirant; déplace-

ment du coyer, et enfin déplacement des chevrons de ferme. Tous ces déplacements divers sont rendus sensibles par la figure 1, pl. VI.

Pour dévoyer le coyer, l'arêtier et son tenon, leurs dimensions étant données, ainsi que le sommet x de la croupe, on mènera d'abord xz qui est la projection de l'intersection du long pan et de la croupe, ou bien encore celle de l'arête supérieure de l'arêtier : par le pied z de cette dernière, on élèvera la perpendiculaire $z1$, sur laquelle on portera les largeurs de l'équarrissage donné, qui sont $z1$ pour le coyer, $z2$ pour l'arêtier, $z3$ pour le tenon. Ensuite, pour les obtenir en plan, on abaissera sur la ligne d'about $z4$, du pied de l'arêtier, les droites 1-4, 2-5 et 3-6, parallèlement à la ligne de gorge de la croupe : celles-ci couperont $z4$ en des points 4, 5, 6, d'où l'on portera successivement les trois dimensions ci-dessus, qui seront les largeurs respectives du coyer, de l'arêtier et de son tenon, que l'on doit diriger suivant zx .

Pour déterminer la position du poinçon, dont le milieu du tenon doit correspondre à la verticale abaissée du sommet de la croupe, on porte sur la ligne mn passant par ce sommet (fig. 1), et à partir du point x , qui le représente, la moitié de son équarrissage donné $xx'xz''$, et l'on abaisse ensuite les perpendiculaires $x'e$, $z''e'$, qui rencontrent les arêtes des croupes aux points e , e' , lesquels, étant joints, donnent l'une des faces du poinçon. Celui-ci étant carré, il sera facile d'obtenir les autres faces en portant la largeur $e'e'$ sur les perpendiculaires ex , $e'z''$.

Quant à la manière de déterminer la position

des chevrons de ferme, on se conduira comme on l'a fait pour l'arêtier.

Lorsqu'un arêtier, un chevron de croupe et un chevron de ferme aboutissent au même poinçon, on est obligé d'amaigrir verticalement leurs extrémités supérieures, afin de faciliter leur jonction, ainsi que l'indique la figure 1; cette coupe se nomme un *déjoutement*, et les joints qui en résultent doivent toujours tendre au centre dévoyé du poinçon.

En jetant les yeux sur l'ensemble des pièces de la figure 1, qui forment la partie désignée à la planche sous le nom *d'enrayure* (voyez le *Vocabulaire*, pour la définition de ce mot), l'on voit que le chevron de croupe, les coyers et les goussets ne sont assemblés qu'à tenon dans le tirant; on est donc porté à croire, au premier abord, que rien ne s'oppose à ce que le lattis n'entraîne la plate-forme sur laquelle il est placé.

Il n'en est toutefois point ainsi; car, pour que la demi-ferme de croupe pût glisser, et par conséquent se mouvoir, il faudrait que les goussets se transportassent parallèlement à eux-mêmes, ce qui est impossible, à cause du coyer qui les retient, et qui lui-même est retenu par le grand tenon de la plate-forme de long pan.

Nous allons maintenant parler des rabattements, afin de faire voir comment on peut obtenir les longueurs véritables des pièces inclinées représentées en plan (fig. 1) et en élévation (fig. 2); et en général, comment on peut obtenir les développements d'une figure quelconque.

Ces opérations se font en coupant les corps dont

on veut déterminer rigoureusement la forme, par des plans qui sont perpendiculaires à leurs arêtes, ou en projetant leurs diverses dimensions sur d'autres plans qui sont parallèles à ces mêmes arêtes, et que l'on rabat ensuite sur le papier.

Ainsi, pour obtenir les véritables longueurs et tous les détails des assemblages des chevrons et des empanons de croupe (fig. 1, 2, pl. VI), on mènera d'abord les lignes uV et Xz' , qui représenteront les traces horizontale et verticale d'un plan passant par le milieu d'un faitage, qu'il coupe ainsi que les autres pièces qui se trouvent placées dans sa direction, et sur lequel on suppose qu'elles se projettent aussi bien que l'empanon de croupe.

Ensuite on fera tourner ce plan autour de Xz' , pour le rabattre, ainsi que l'indique la figure 3, ce qui est supposé avoir lieu pour les opérations qui suivent : on prolonge horizontalement la ligne op du plan supérieur de l'entrait jusqu'en q ; on y porte, à partir du centre e' du poinçon, toutes les dimensions correspondantes au plan coupant, et on a, par ce moyen, $r's'$ égale à rs' , r' étant le pied du chevron de croupe.

Ensuite, par le point h' (fig. 1 et 2), sommet de l'angle formé par la rencontre des chevrons de ferme, on mène l'horizontale $h'1$ qui coupe l'axe de poinçon dévoyé au point 1, dont la réunion avec r' donne la ligne $1r'$ ou la face supérieure du chevron de croupe, et dont l'épaisseur s'obtient de la même manière.

Quant à la face inférieure, on aura sa véritable forme et sa largeur en faisant son rabattement au moyen des perpendiculaires $11', 22', 33', 44', 55',$ etc.,

menées par tous les différents points des parties des assemblages, et en portant sur ces mêmes perpendiculaires des dimensions correspondantes au plan (fig. 1) et au profil (fig. 2).

On effectuera le rabattement de l'empanon m' , ainsi que celui des figures 5 et 6, par des moyens analogues à ceux que nous venons de décrire ; la marche à suivre dans ces opérations est d'ailleurs suffisamment indiquée dans l'épure.

La figure 4, pl. VI, représente ce qu'on nomme une *herse*, c'est-à-dire un plan mené parallèlement au lattis de croupe, et sur lequel on a mis en projection tous les chevrons. Pour avoir sur ce même plan les projections de ceux de longs pans, on fait tourner le plan sur lequel ils sont situés autour de l'intersection commune ab , qui répond à xz (fig. 1), jusqu'à ce qu'il se trouve dans le plan du lattis de croupe.

On appelle cette opération *mettre en herse*.

Croupe biaise ; empanon délardé et empanon déversé

Dans une croupe, lorsque le mur du pignon n'est point perpendiculaire à l'axe du bâtiment, et que les arêtières sont d'inégales longueurs, comme dans la figure 7, pl. VI, on dit que la croupe est biaise ; mais le moyen qu'on emploie pour dévoyer les pièces qui la composent est le même que celui dont on se sert pour la croupe droite. Cependant, il est bon de remarquer que l'empanon peut, dans le cas dont il s'agit, recevoir deux formes différentes, c'est-à-dire qu'il peut être *délardé* ou *déversé*.

L'empanon *délardé* est celui dont deux des faces sont verticales et les autres parallèles au plan du lattis de long pan ou de croupe, selon qu'il correspond à l'un ou l'autre de ces deux versants, ce qui fait que ces faces ne sont pas à angle droit, quoique parallèles deux à deux.

L'empanon *déversé*, au contraire, a ses angles droits, c'est-à-dire que deux de ses faces sont perpendiculaires au lattis ; d'où il suit qu'à équarrissage égal, l'empanon déversé est le plus fort, puisqu'il lui reste plus de bois qu'à celui qui est délardé, auquel il doit être préféré.

Empanon délardé

Pour déterminer la forme d'un empanon délardé, on doit trouver : 1° la quantité de bois dont il faut le délarder de chaque côté, de manière à obtenir que ses deux faces latérales soient verticales ; 2° la figure et la position de sa face de contact avec le plan vertical de l'arêtier dans lequel il est assemblé ; 3° la forme de son tenon ; 4° enfin la coupe de son pied, à sa rencontre avec la sablière.

Lignes données

Soient A et A' (fig. 8, pl. VI), les projections horizontale et verticale de l'arêtier, données l'une et l'autre par les lignes BC, B'C' et leurs parallèles ; A'', un profil de la croupe que l'on a obtenu en faisant une coupe suivant DE ; *ab*, la largeur de l'empanon prise perpendiculairement à son axe *xz*, mené parallèlement à la face *cy* du bâtiment (direction que l'on donne toujours aux empanons des

croupes biaises); ef , gh , les projections horizontales des arêtes par lesquelles doivent passer les faces verticales; fh , la projection de la face de contact ou de rencontre de l'empanon avec l'arêtier; enfin, $f'g'h'$, celle du tenon que l'on se donne, en ayant soin, toutefois, de la proportionner aux dimensions des pièces assemblées, et en menant son petit côté, projeté en $h'g'$, perpendiculairement à la face de l'arêtier, afin de donner au tenon plus de force qu'il n'en aurait s'il était terminé dans cette partie par un angle aigu.

Tracé des faces verticales

Les faces dont il s'agit étant verticales, sont projetées horizontalement suivant les lignes ef , gh , parallèles à xz .

Ces droites représentent leurs arêtes supérieures; les inférieures sont données par les lignes $k'f$, $l'h$. Pour avoir leurs véritables longueurs, et, par conséquent, celles des faces, on mettra l'empanon et l'arêtier en *herse*, c'est-à-dire qu'on en effectuera le rabattement sur le plan horizontal autour de la ligne d'about CD . Cependant, pour ce qui concerne l'arêtier, comme on n'a opéré que sur la face verticale projetée suivant BC , il suffira de rabattre seulement celle-ci, sans avoir égard aux autres, ce qui se réduit à en trouver les arêtes supérieure et inférieure. Pour avoir la première, on prendra simplement sur le profil de la croupe une distance quelconque nn' que l'on portera de D en E , et l'on mènera BE , qui sera la ligne demandée. Mais pour avoir la deuxième, représentée en projection hori-

zontale par $o C$, et en projection verticale par $o' c''$, on élèvera la perpendiculaire pp' ; on rabattra le point p' en p'' , au moyen des lignes de construction indiquées par la figure, et l'on mènera $p'' C'$ parallèle à l'arête supérieure BE ; cela donnera l'arête inférieure correspondante.

Cela fait, on mènera parallèlement à DE les lignes $h 1$ et $f 6$, qui, par leur rencontre avec BE , donneront les points 1 et 6 , c'est-à-dire h et f rabattus. Ensuite on joindra ces mêmes points 1 et 6 avec e et g , qui sont invariables, comme étant situés dans le plan de la sablière, et les lignes $1 g$, $6 e$ seront les véritables longueurs des arêtes supérieures de l'empanon.

Quant aux arêtes inférieures, pour les avoir, on fera une construction analogue à la précédente, et l'on aura $5 k'$ et $4 l'$ pour les lignes demandées; en sorte que, menant $k' e$ et $l' g$, on aura aussi les deux faces verticales rabattues. Par conséquent, rs représentera la plus grande épaisseur de la partie du bois à enlever à l'empanon, suivant la face $g l' h 1$ d'une part, et suivant la face $f 6 e k'$ de l'autre. Cette largeur va en diminuant à mesure qu'on se rapproche des arêtes supérieures, où elle est nulle, c'est-à-dire que la partie enlevée a la forme d'un prisme triangulaire.

Tracé de la face de contact

Pour tracer la face de contact de l'empanon avec l'arêtier, sur la projection verticale de ce dernier, il suffira de mener à BC les perpendiculaires $f f''$ hh'' , et la figure $f' f''$, $h' h''$ sera la face cherchée. Lorsque l'on connaît cette face, on peut

obtenir, par elle, le rabattement des arêtes de l'empanon, en portant $B' h''$ de B en 1, et $B' f''$ de B en 6.

Tracé de tenon

Pour avoir le tenon, c'est-à-dire pour déterminer la véritable longueur de ses arêtes, ainsi que leur inclinaison, qui doit résulter du parallélisme qu'il faut conserver entre ces arêtes et celles de l'arêtier, comme on le voit (fig. 8), il faut d'abord porter son épaisseur sur la face de contact projetée en A' : cette épaisseur, comme on le sait, est ordinairement le tiers de la largeur de toute pièce assemblée, et ne présente, d'après cela, aucune difficulté à obtenir. Pour en effectuer le rabattement sur le plan horizontal, on mènera successivement, au moyen de l'épaisseur ci-dessus représentée en $r s$ sur la surface de contact A' , et jusqu'en 2, 3, des lignes brisées $r r' r'' 2$ et $s s' s'' 3$, dont les intersections, 2, 3 avec $h 1$ seront des points qui appartiendront à celle des faces du tenon qui se trouve projetée suivant $h 8$. Ensuite, on élèvera les perpendiculaires $2 2'$, $3 3'$ sur BE, jusqu'à la rencontre de la verticale $8 2'$: leurs points communs donneront les deux angles du tenon projetés au point 8. Par ces derniers points, on mènera les parallèles $2 7'$, $3 7''$, on joindra $7'$ avec $7''$; puis enfin, par les points $7' 7''$, on tracera deux autres parallèles ou arêtes rabattues de l'empanon, jusqu'à leur rencontre avec $f 6$, ou avec $r'' 2$ et $s'' 3$; et l'on aura ainsi la seconde petite face du tenon, celle qui se trouve dans le plan vertical $f 6 c$. De cette sorte l'ensemble de la figure formée

par les lignes 5 7", 7" 2', 3 et 4, sera la projection cherchée du tenon.

Tracé de la coupe du pied de l'empanon

Il nous reste maintenant à déterminer la rencontre du pied de l'empanon avec la sablière. Si l'on suppose que le plan supérieur de celle-ci coupe l'empanon par le bas, il en résultera une section qui sera représentée par $e k l g$ (fig. 8, pl. VI), en projection horizontale, et par $p n$ sur A'' , 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 : d'où il suit 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 $p n p'$, afin d'avoir la rencontre cherchée. Comme le pied de l'empanon s'assemble par embrèvement dans la sablière, ce n'est point suivant la ligne $p n$ qu'on doit le couper, mais suivant les lignes $p 9$ et $9 n$, qui représentent la partie de l'embrèvement qu'il faut laisser en plus.

Dans le rabattement de l'empanon, le petit côté $n 9$, qui est la projection verticale de la face d'aplomb de l'embrèvement, laquelle se trouve projetée horizontalement suivant $e g$, et devient $e g 10' 10''$, s'obtient en élevant $9 10$ perpendiculairement à $p' n$, en mettant $10' 10''$, et en abaissant $e 10'$, $g 10''$.

Indépendamment de ce qui précède, nous avons donné aussi une projection de l'empanon sur un plan parallèle aux faces verticales, afin d'ajouter,

autant que possible, à l'intelligence de son tracé. Nous n'entrerons dans aucun détail sur la manière d'effectuer cette projection, car il suffit d'y jeter un coup d'œil pour s'en rendre compte facilement.

Empanon déversé

Pour déterminer la forme d'un empanon déversé, on partira des mêmes données que pour l'empanon délardé, excepté cependant que les projections horizontales des faces latérales et du tenon ne peuvent s'obtenir qu'au moyen de constructions particulières. Ainsi, les lignes ef , gh (fig. 8, pl. VI), qui, dans l'empanon délardé, représentent les projections des faces verticales, ne seront plus dans l'empanon déversé que les arêtes par lesquelles devront passer les faces déversées.

Tracé des faces déversées

Pour avoir les faces déversées, on fait passer un plan perpendiculaire à celui du lattis par un point quelconque r : ce plan, qui rencontre le lattis suivant l'horizontale rr' a pour trace verticale rs' , et coupe, en un point r' , l'arête gh de l'empanon.

Menant ensuite par ce point, et dans le plan perpendiculaire au lattis, la perpendiculaire r', s' , le point s' qui résulte de l'intersection de cette ligne avec la trace horizontale ss' du plan rr' , fait connaître un point de l'arête inférieure de la face perpendiculaire au lattis, supposée prolongée jusqu'à sa rencontre avec le plan de la sablière, puisque cette face passe par une perpendiculaire au lattis

menée par un point de l'arête supérieure de cette même face.

Mais le plan dont gs' est la trace horizontale coupe la ligne de gorge du pied de l'empanon au point l , par lequel doit passer l'arête inférieure; si donc on mène par ce point, et parallèlement à gh , la ligne lh' , et qu'on joigne l et g , on aura les arêtes inférieures de la face déversée $ghh'l$ perpendiculaire au plan du lattis, la dernière étant son intersection avec le plan de la sablière.

La construction à faire pour obtenir l'arête ekk' , et par conséquent la face déversée $efk'k$, est la même que celle que nous venons d'indiquer ci-dessus. Ce qui revient, pour opérer plus simplement, à mener par les points e et k les parallèles ek , kk' aux arêtes gl , lh' .

Pour avoir leurs véritables longueurs, on se conduira comme dans l'exemple précédent; c'est-à-dire qu'on effectuera le rabattement de l'empanon et de l'arétier sur le plan horizontal.

Pour faciliter cette opération, nous avons placé les mêmes lettres aux points analogues dans les deux figures; seulement, nous ferons observer que les faces déversées étant perpendiculaires au plan du lattis, et, par conséquent, aux faces supérieure et inférieure de l'empanon, elles ne doivent présenter dans le rabattement qu'une seule et même ligne pour chacune d'elles.

Tracé de la face de contact

On obtiendra cette face en menant par les points f , k , h , h' , et perpendiculairement à BC , les lignes ff'' , kk'' , hh'' et $h'h'''$,

On joindra f avec f'' , et h avec h'' , c'est-à-dire les points de rencontre de ces lignes avec les arêtes supérieure et inférieure de la projection verticale A : alors le parallélogramme $f f'' h'' h$ sera la face de contact cherchée.

Tracé du tenon

Pour tracer le tenon, dont on ne peut trouver la projection horizontale qu'après en avoir fait le rabattement, on portera d'abord son épaisseur sur la face de contact, et on la reproduira, comme dans l'exemple précédent, jusqu'aux points 2 et 3.

Ensuite on mènera les lignes $2 2'$, $3 3'$, etc., qui représentent les petites faces extrêmes du tenon.

Mais la direction de ces lignes exige une construction particulière, attendu que les faces auxquelles elles appartiennent ont à satisfaire à deux conditions, qui sont : d'être à la fois perpendiculaires au plan du lattis, ainsi qu'à la face verticale BC . A cet effet, on mènera par le point 1 2, rencontre de la projection horizontale de la face BC avec la trace du plan perpendiculaire au lattis, et par le point h , un autre plan perpendiculaire à l'arêtier ainsi qu'au lattis, qu'il coupera suivant la ligne projetée en $h u$, et dont la trace horizontale sera $1 2 u$, perpendiculaire à BC . Dans le rabattement, $h u$ deviendra $1 u$ et indiquera, dans cette position, la direction à donner aux arêtes $2 2'$, $3 3'$. Enfin, après s'être donné l'extrémité 7 8 du tenon, on achèvera la construction en suivant une marche analogue à celle qui a été indiquée pour l'empanon délardé.

Tracé de la coupe du pied de l'empanon

Ce tracé est le même que pour celui du cas précédent ; mais, pour obtenir le rabattement de l'embrèvement reçu par la sablière, il faudra prolonger la ligne $p9$ jusqu'à sa rencontre en v avec la projection verticale vs du plan perpendiculaire au lattis : il faudra projeter ensuite ce point en v' , mener $v'l$ jusqu'en g , et le petit triangle $gg'l$ sera le rabattement de la face $pn9$ du profil qui se trouve dans le même plan de la face déversée à laquelle il appartient. Quant à l'autre face, on fera la même opération, ou l'on se contentera de mener ka' parallèle à lg' . Enfin, pour avoir $9n$ en rabattement, on fera comme nous l'avons indiqué à la figure 8.

Toutes ces opérations sont plus minutieuses que difficiles à comprendre. Dans la pratique, on peut les simplifier beaucoup, puisqu'on a sous les yeux les principales données d'après lesquelles il est quelquefois possible de déterminer directement les diverses longueurs, ainsi que les angles de la coupe des assemblages ; mais, comme il se rencontre des circonstances où l'on tenterait vainement d'é luder la théorie, on doit donc se rendre familières, autant que possible, les opérations qui conduisent à des résultats certains.

IV. FERMES D'UN USAGE FRÉQUENT DANS LES COMBLES

Il est des fermes qui conviennent mieux aux combles qui ont beaucoup d'inclinaison, et d'autres aux combles qui en ont peu.

Voici l'explication de quelques-unes d'entre celles qui sont le plus usitées, et que nous avons représentées par leur moitié dans la planche V. Il suffira de bien les comprendre, pour se mettre à même d'en construire de plus compliquées en cas de besoin.

Fermes surhaussées

Les fermes surhaussées ont en hauteur plus de la moitié de la largeur sur laquelle elles s'appuient.

Celle qui est représentée par la figure 13 était autrefois en usage dans les toits des édifices gothiques : les combles se composaient de *maitresses-fermes*, espacées de 3^m 20 en 3^m 20, et de fermes intermédiaires ou de *remplage*, de 65 en 65 centimètres. Les premières avaient 16 centimètres de grosseur, et les secondes 27 millimètres de moins. Les liens et les jambettes sont assemblés dans les chevrons, et ces dernières ont pour base des blochets.

La figure 14 est une autre ferme surhaussée dont la hauteur est égale à la largeur ; elle est moins ancienne que la précédente. On peut encore la voir dans les vieux bâtiments de Paris, où elle a été longtemps en usage.

Fermes en équerre

Les *fermes en équerre* ont en hauteur la moitié de leur largeur totale.

Celle qu'on voit représentée par la figure 15 est tracée d'après Bullet : sa pente est de 45 degrés. Elle est une espèce intermédiaire entre les an-

ciennes fermes et celles qui sont dites *surbaissées*, dont on se sert fréquemment aujourd'hui.

Les pièces qui la forment sont les mêmes que celles de la figure 1, dont nous avons parlé plus haut. Son tracé s'obtient en élevant une perpendiculaire ab (fig. 15 et 15 bis) sur le milieu d'une ligne cd qui représente la largeur que l'on veut donner à la base du comble. Ensuite du point a , comme centre, et avec un rayon ac égal à la moitié de la base cd , on décrit un demi-cercle cbd , qui coupe ab , en un point b , sommet du comble, d'où l'on tire les lignes bc et bd , qui représentent l'inclinaison et les deux versants.

La figure 16 est une ferme dont l'entrait 1 est placé plus bas que la corniche : l'arêtier repose sur le blochet 2, qui remplace l'entrait, et qui est posé d'un bout sur le mur, tandis que l'autre est assemblé en *fausse coupe* sur la jambe de force 3, qui se trouve soutenue par la jambette 4.

La figure 17 est une autre espèce de ferme analogue à la précédente ; mais avec cette différence que l'arbalétrier et la jambette reposent sur le faux entrait qui se trouve renforcé par une jambe de force appuyée sur l'entrait, et par un aisselier qui correspond à la jambette. On y voit aussi le blochet a qui reçoit le pied du chevron.

Fermes surbaissées

Les *fermes surbaissées* ont en hauteur moins que la moitié de leur base ou largeur.

Celle qu'on voit représentée par la figure 18 est la plus simple de toutes ; mais elle ne doit avoir

que peu de portée. Elle se compose d'un entrait *a* et de deux arbalétriers *b*, ayant les pieds assemblés dans l'entrait par des entailles en crémaillère.

Ces arbalétriers se réunissent pour former le sommet *c* du comble et soutenir le faitage. Ils se raccordent, soit par un joint d'aplomb entretenu par une plate-bande de fer, soit par le moyen d'une entaille à mi-bois de part et d'autre, et chevillée comme l'indique la figure 18 *bis*. Les chevrons reposent sur le faitage, sur les pannes et sur la partie supérieure des murs.

La figure 19 est une ferme qui est susceptible d'une plus grande portée que la précédente.

Les arbalétriers *b* y sont contre-butés par un faux entrait *c* placé aux deux tiers de leur longueur, et ils sont soutenus par deux pièces *d* qui doublent et renforcent en même temps les arbalétriers. Le surplus de la construction s'exécute comme dans la figure 18.

La figure 20 est une ferme composée d'un entrait, de deux arbalétriers assemblés dans un poinçon *P*, qui retient l'entrait par un étrier en fer, de deux pièces *a* qui doublent les arbalétriers et qui sont arc-boutées par deux contre-siches *b*, assemblées dans le poinçon. Les extrémités de l'entrait sont renforcées, à l'endroit de leur portée, par des espèces d'encorbellements *c* en bois, et sont réunies aux arbalétriers et à l'entrait par des liens en fer *d*, placés perpendiculairement aux mêmes arbalétriers.

Cette ferme est très avantageuse pour les combles qui n'ont en hauteur que le quart de la base ou largeur. C'est la proportion que l'on donne le plus souvent aux combles en Italie.

La figure 20 *bis* donne les détails de l'assemblage à trait de Jupiter, des deux parties de l'entrait ci-dessus, lorsque, par sa trop grande longueur, on est forcé de le faire de deux pièces. Cet assemblage est vu par-dessus; *a* en est la clef, et *b* sont les étriers boulonnés (Voyez, pour plus de détails, les figures 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 et 29, pl. III).

La figure 21 est une ferme double, c'est-à-dire composée de deux fermes semblables mises parallèlement à 30 centimètres l'une de l'autre. Elle existe ainsi à Rome par travée de 3^m 275, et soutient une couverture d'un poids immense; sa largeur est de 23^m 71. La pièce *a*, qu'on appelle *aiguille pendante*, est placée entre les deux fermes et leur est commune; elle soutient les entrails par le milieu, au moyen d'une clef de bois *b*, placée en dessous et les traversant vers leur extrémité inférieure. L'aiguille est suspendue au moyen d'un boulon en fer placé au milieu du joint des deux arbalétriers, et par une autre clef de bois *c* située au-dessus des faux-entrails. Les fermes sont soutenues par des tasseaux qui forment entretoises pour les relier, et les entrails sont de deux pièces assemblées comme dans la figure 20, à trait de Jupiter, et entretenues par des étriers en fer.

La figure 22 offre une ferme qu'on peut employer pour les bâtiments qui ont peu de largeur. Les pannes *a* sont assemblées dans les arbalétriers de manière à ce que ceux-ci et les chevrons soient tous dans un même plan. Le poinçon *b* doit être plus fort que le faitage et que les arbalétriers qui s'y assemblent, afin qu'on puisse les cheviller (Voyez la figure 22 *bis*). Les murs laissent à décou-

vert l'entrait de la plate-forme sur laquelle pose le pied des chevrons. Cette plate-forme est fixée à l'entrait par des queues d'aronde; elle est en outre soutenue, dans l'intervalle des fermes, par des dés en bois ou en maçonnerie.

La figure 23 donne une autre manière d'assembler les pannes dans les arbalétriers; elle est à peu près semblable à celle de la figure 22. La différence consiste en ce que les pannes y affleurent les arbalétriers en dehors, et que les chevrons appuyés dessus y sont toujours posés, dans le cours de leur espacement, de manière à laisser les arbalétriers libres et isolés entre eux. Les murs sont montés jusqu'au niveau supérieur de l'entrait qui y est encasté par ses extrémités, et qui reçoit le pied des arbalétriers. La plate-forme est également encastée dans la maçonnerie et reçoit le pied des chevrons.

Enfin, la figure 24 ne diffère de la précédente que parce qu'elle est brisée dans son arbalétrier; mais elle est toujours en pente droite dans toute son inclinaison extérieure.

V. COMBLES BRISÉS OU A LA MANSARD

Les combles *brisés*, dits à la *Mansard*, ou en mansarde, et représentés par les figures 25, 26 et 27, pl. V, sont composés de quatre plans inclinés en sens contraire, deux à deux.

Dans cette espèce de comble, les faces inférieures qui forment le *vrai comble* sont extrêmement raides, et les supérieures, qui forment le *faux comble*, le

sont très peu. L'arête horizontale, qui est à leur jonction, se nomme *arête de brisis*.

On peut tracer ces combles de trois manières différentes.

Suivant la *première* (fig. 25), la hauteur du vrai comble est égale à la moitié de la largeur du bâtiment prise en dehors; on lui donne pour pente le tiers de sa hauteur, ou, ce qui est la même chose, le sixième de la largeur totale.

On donne également le sixième de cette largeur pour la hauteur à donner au faux comble.

La *seconde manière* (fig. 26) s'obtient en décrivant un demi-cercle 0, 1, 2, 3, 4, dont le diamètre est, comme dans la première, égal à la hauteur du bâtiment prise en dehors. On divise ce demi-cercle en quatre parties égales 0-1, 1-2, 2-3 et 3-4; on joint les points de division par des droites dont les unes 0-1, 3-4, représentent la pente et la hauteur de la partie inférieure, et les autres 1-2, 2-3, la pente et la hauteur du faux comble.

Enfin, la *troisième* (fig. 27), qui diffère très peu de la seconde, consiste à diviser le demi-cercle en cinq parties égales au lieu de quatre.

Les *combles brisés*, comme les *combles simples*, se terminent, à leurs extrémités, soit par des pignons, soit par des *croupes* (fig. 27); ils s'exécutent aussi par *travées*, et sont à peu près composés des mêmes pièces de bois. Toutefois, on n'admet dans la partie inférieure que des jambes de force *a*, qui s'assemblent par le pied dans le tirant *b*, et par le haut dans l'entrait *c*, qui soutient la *panne de brisis* *d* (fig. 27). Lorsque les mansardes forment croupe,

on fait une enrayure dans le plancher de l'étage supérieur, pour porter les demi-fermes.

Les combles dont nous venons de parler ont été imaginés par Mansard, architecte, à l'effet d'obvier aux inconvénients que présentent ceux dont les rampants ont beaucoup de hauteur. Ils parurent d'autant mieux combinés qu'on peut y pratiquer, comme dans les derniers, des logements qui, situés dans la partie inférieure, sont plus habitables et plus commodes que ceux qu'on pratiquait avant dans les combles plus élevés.

Nous ne leur contestons point cet avantage reconnu ; mais il ne nous paraît pas suffisant pour nous engager à conseiller l'usage des mansardes. En effet, si nous les considérons soit comme préservatifs contre les intempéries de l'air, sous le point de vue de l'économie, nous n'y voyons que contradictions.

Comme dans toute autre espèce de comble, les chambres qu'on pratique sous les toits brisés sont des habitations toujours humides en hiver, souvent d'une chaleur insoutenable pendant l'été, et certainement, sinon malsaines, au moins fort incommodes. Les parties supérieures ne sont inclinées que de 24 à 26 degrés, tandis que les parties inférieures le sont de 64 à 66, c'est-à-dire de 4 à 3 degrés de plus que dans les édifices gothiques. Il en résulte que ces deux pentes sont abusives ; car, si celle de la partie supérieure suffit, pourquoi en donner tant à la partie inférieure, et réciproquement. Mais la première est loin d'être suffisante, puisque nous avons vu, en parlant des combles en général, que, à Paris, où l'on construit plus de

combles à la Mansard que partout ailleurs, on ne doit leur donner, en hauteur, guère moins du tiers de la largeur du bâtiment ; or, ceux-ci ne comportant que le sixième pour la partie supérieure, voilà évidemment une contradiction. Quant à l'économie, il est reconnu qu'elle est nulle ; car ce genre de construction, d'ailleurs d'un entretien fort coûteux, nécessite un surcroît de charpente, planchers, crépissage, couverture, etc. Cela rend la main-d'œuvre des combles brisés aussi grande qu'elle exige de sujétion.

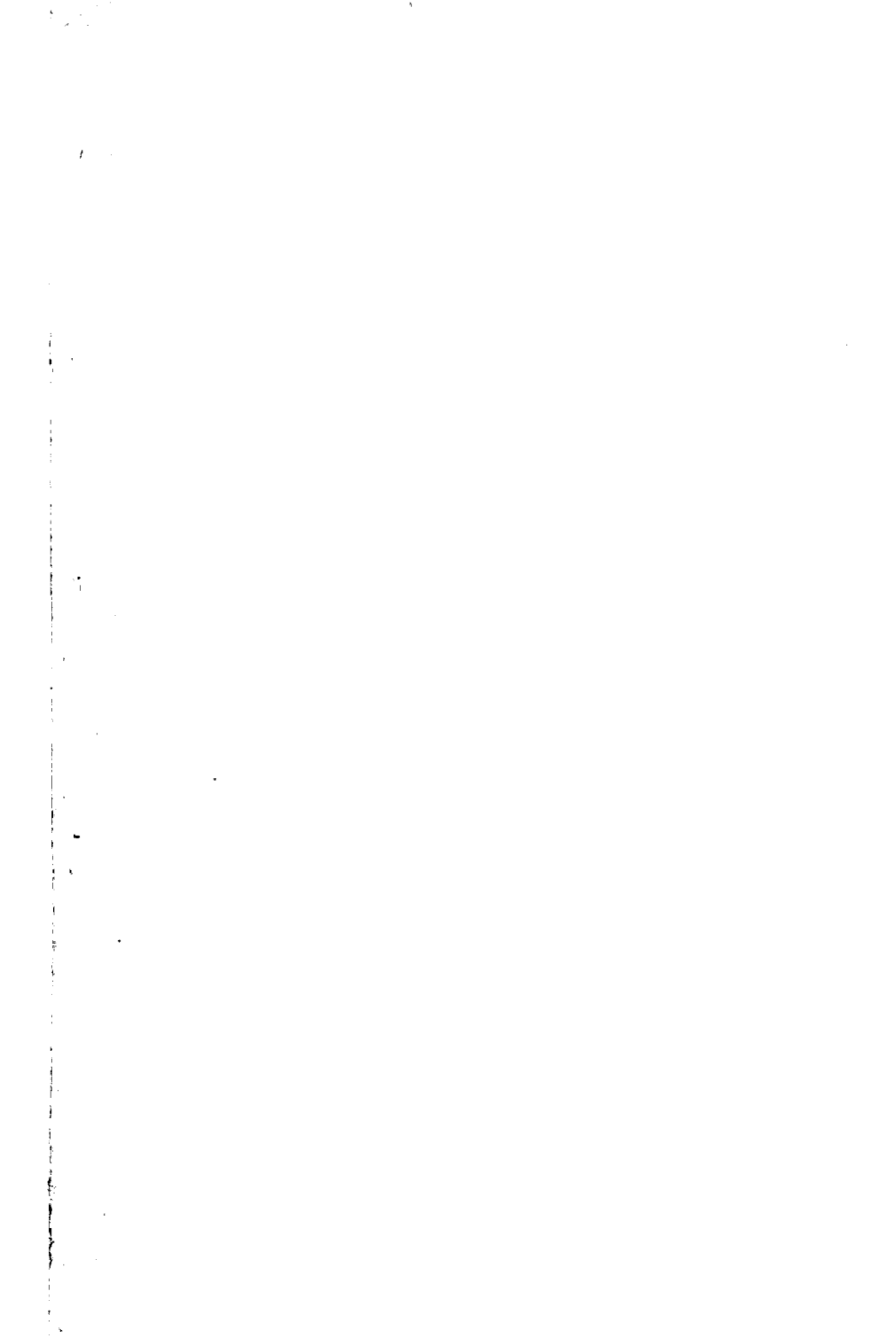
On pourrait éviter tous les inconvénients des mansardes par le moyen d'une face en maçonnerie prolongée au-dessus de l'entablement, pour supporter un comble surbaissé, ainsi qu'il en existe déjà ; les logements qu'on obtiendrait ainsi, sans donner beaucoup plus de hauteur au toit, seraient à la fois sains, commodes et infiniment plus durables.

Nous pensons donc que les combles à la Mansard sont très inférieurs à leur réputation, et que, quelle que soit la forme d'un toit, il n'est pas convenable d'y pratiquer des logements.

Dimensions à donner aux pièces de bois qui composent les combles ordinaires

Les dimensions que l'on donne le plus généralement aux pièces qui composent les combles ordinaires sont : aux entrails portant plancher, $\frac{1}{18}$ de la largeur dans œuvre, et $\frac{1}{14}$ à ceux qui ne portent pas plancher ; aux arbalétriers $\frac{1}{15}$; aux poinçons $\frac{1}{12}$; aux faux-entrails, aisseliers ou liens, et aux contre-fiches $\frac{1}{24}$.

NOMS DES PIÈCES	LAR- GEUR dans œuvre du bâti- ment	THIRANT ne portant point plancher	THIRANT portant un plancher	FAUX- ENTRAIT ou retroussé	JAMBE de force	ARBALÉ- TRIER	POINÇON	AISSE- LIERS	JAM- BETTES	CONTRE- FICHE	FALTE	LIENS de taite	PANNES	LIERNES	TAS- SEAUX et chan- tignolles	PLATES- FORMES	BLO- CHETS	CHE- VIONS	COYAUX	CHAN- LATTES
	mètres.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.
Ferme simple. . .	6	27 à 24	32 à 27	»	»	22 à 19	19 à 19	»	16 à 16	16 à 16	19 à 16	15 à 15	19 à 19	»	19 à 19	23 à 12	»	9 à 9	8 à 7	16 à 3
	9	33 30	40 32	»	»	26 24	22 24	»	19 19	19 19	20 17	16 16	20 20	»	20 20	25 14	»	10 10	9 8	18 4
	12	40 36	47 37	»	»	32 30	30 30	»	21 21	21 21	22 19	17 17	22 22	»	22 22	28 16	»	11 11	10 9	20 5
Ferme à entrain re- troussé, et arba- létrier allant du falte au tirant.	6	»	42 30	21 à 19	»	22 19	19 19	19 à 15	15 15	15 15	19 16	15 15	19 19	»	19 19	23 12	»	9 9	8 7	16 3
	9	»	52 50	27 24	»	26 24	24 24	24 18	18 18	18 18	20 17	16 16	20 20	»	20 20	25 14	»	10 10	9 8	18 4
	12	»	63 45	33 30	»	32 30	30 30	30 22	22 22	22 22	22 19	17 17	22 22	»	22 22	28 16	»	11 11	10 9	20 5
Ferme avec entrain retroussé et jam- be de force.	6	»	42 30	21 19	24 à 19	18 15	15 15	19 15	14 14	14 14	19 16	15 15	19 19	19 à 19	19 19	23 12	18 à 14	9 9	8 7	16 3
	9	»	52 37	27 24	29 24	22 18	18 18	24 18	16 16	16 16	20 17	16 16	20 20	20 20	20 20	25 14	20 15	10 10	9 8	18 4
	12	»	63 45	33 30	35 30	27 22	22 22	30 22	18 18	18 18	22 19	17 17	22 22	22 22	22 22	28 16	22 16	11 11	10 9	20 5
Ferme pour comble en mansarde.	6	»	42 30	23 20	22 20	20 18	18 18	20 15	14 14	14 14	19 16	15 15	19 19	20 20	19 19	23 12	18 14	9 9	8 7	16 3
	9	»	52 37	30 27	29 27	25 23	23 23	27 18	16 16	16 16	20 17	16 16	20 20	21 21	20 20	25 14	20 15	10 10	9 8	18 4
	12	»	63 45	36 33	34 33	30 28	28 28	33 22	18 18	18 18	22 19	17 17	22 22	23 23	22 22	28 16	22 16	11 11	10 9	20 5



VI. COMBLES A DEUX VERSANTS INÉGAUX

Dans tous les combles à deux versants dont nous venons de parler, nous avons constamment supposé que la largeur était partout la même. Il n'en est cependant pas toujours ainsi dans toutes les constructions, et voici ce qui arrive alors : si on veut conserver au comble, dans toute sa longueur, une même hauteur, et par conséquent tenir le faitage horizontal, chaque ferme ou chaque chevron doit avoir une pente différente (fig. 1, pl. VII).

Il résulte de là que les surfaces qui forment les versants ne sont plus des plans, mais des surfaces que l'on nomme *surfaces gauches*. 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.

Cette disposition, dont nous parlerons ci-après, produit un effet plus désagréable encore que celui des surfaces gauches, parce qu'il est plus apparent.

Pour exécuter la première de ces deux dispositions, la base d'un comble avec pignons étant donnée, il s'agit de déterminer : 1° la longueur du faitage ; 2° celle des pannes ; 3° celle des chevrons, ainsi que leur forme ; 4° enfin, ce que l'on appelle le gauche des diverses parties de ces deux dernières pièces, ainsi que celui des arbalétriers.

Soit donc $abcd$ (fig. 1, pl. VII) la base du comble : on obtiendra le faitage en divisant ab et cd en deux parties égales, et en menant par les points de division ef , une ligne e, f , qui en représentera la longueur et la direction.

Pour avoir la longueur et la direction des panes, on divisera chacune des lignes ac , bc , cf et df en autant de parties égales qu'il devra y avoir de ces pièces dans chacun des versants, puis l'on joindra les points de division opposés, deux à deux, par des lignes qui donneront la longueur et en même temps la direction de la panne correspondante.

Pour déterminer la longueur des chevrons du versant $ae fd$, par exemple, on mènera d'abord, sur la ligne ef , les perpendiculaires $e4$, $f2$, que l'on prolongera vers o et p , au delà d'une ligne $a'd'$ égale et parallèle à ad ; ensuite, on prendra la hauteur pp' égale à la ligne de pente 1-2, et la hauteur $o'o$ égale à la ligne de pente 3-4 (1); enfin, l'on mènera les droites $a'o$, op et pd' , qui donneront la figure $a'opd'$, improprement appelée le développement du versant $adfe$.

Cela fait, on examinera ensuite la direction qu'il conviendra de donner aux chevrons; s'ils doivent avoir celle des côtés ao ou pd' , on mènera 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; mais s'ils doivent être perpendiculaires à la direction du mur ad , ce qui est toujours préférable, au lieu de les mener parallèlement à ao ou pd' , on prolongera leur projection ik jusqu'à leur rencontre en l avec op , et la partie kl représentera aussi, dans cette seconde hypothèse, leur véritable longueur.

(1) Les lignes de pente 1-2-3-4 s'obtiennent en prenant chacune des lignes $f1$, $e3$ égale à la hauteur du faitage, au-dessus du plan de l'enrayure, et en joignant respectivement les points 1 et 2 aux points 3 et 4.

Ce que nous venons de voir est seulement relatif à l'un des côtés de la base qui se trouve être plus incliné que l'autre : s'il arrivait qu'ils le fussent également tous les deux, la construction ci-dessus pourrait servir pour les chevrons de chacune des faces; mais si leur inclinaison était différente, on ferait sur bc une construction analogue à celle indiquée pour ad .

Quant à la manière de déterminer le gauche des chevrons, des pannes et des arbalétriers, voici comment on se conduira : celui des chevrons ne se fait ordinairement que lorsque la surface d'un comble a elle-même assez de gauche pour que cela puisse influencer sur des pièces d'une très petite largeur; il s'obtient alors en menant sur l'un d'eux un plan (fig. 2, pl. VII), une ligne d'équerre ab , passant par le point b , distant de l'extrémité inférieure c de la quantité bc que le biais doit avoir; ensuite, le chevron étant placé en projection verticale (fig. 3, pl. VII), suivant la pente qui répond à sa plus grande longueur, on porte sur la base horizontale dc de l'élévation, une quantité fd égale à bc , et l'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 concevoir comment ce démaigrissement se fait, supposons un parallépipède $abcd$ (fig. 4), et soit be la quantité dont on veut le démaigrir : on mènera les lignes ae et ce . Si on suppose alors que ce corps est composé d'une matière facile à pénétrer, de terre glaise, par exemple,

nous pourrions imaginer qu'on a appliqué une lame tranchante sur ae , et qu'on a poussé cette lame en lui faisant suivre, par une extrémité, la ligne ad , et par l'autre, la ligne ec ; alors la quantité de matière $aecdb$ enlevée par cette opération, sera celle qu'il est nécessaire d'ôter au parallépipède pour lui donner la surface gauche que l'on veut obtenir. Dans le cas du chevron ci-dessus, ad serait le joint supérieur de ce chevron avec le faitage; be , la quantité df (fig. 3), dont on veut le démaigrir; et ec , la ligne qui joindrait le point c (fig. 2) avec le point a (même figure) de la projection horizontale du chevron.

A l'égard des arbalétriers, on opère de la même manière que pour les chevrons. Enfin, pour déterminer le gauche des pannes, on y trace le dessus des arbalétriers des fermes sur lesquelles elles doivent porter, avec le dessous des chevrons qui y correspondent, et, sur le bout $bfde$ (fig. 5) opposé à celui $abcd$ qui doit porter carrément sur l'un des arbalétriers, on trace la différence occasionnée par le gauche de la pente. Mais si le comble n'avait point de ferme, il serait superflu de gauchir la partie au-dessus de la panne; alors $abcd$ représenterait son extrémité.

Il nous reste maintenant à examiner le cas où un comble, ayant toujours un trapèze pour base, serait terminé par des croupes, au lieu de l'être par des pignons, en conservant d'ailleurs le faitage de niveau.

Cette disposition n'entraîne pas à plus de difficultés que la précédente: on y trace de la même manière les directions du faitage, des pannes et

des chevrons (fig. 6), et l'on obtient les rabattements, le biais des chevrons, celui des pannes, etc., ainsi que la longueur des plus grandes pentes, par les moyens que nous avons indiqués à la figure 1.

Quant aux empanons, ils doivent toujours avoir leurs projections horizontales perpendiculaires aux murs sur lesquels ils 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 aux trois angles de la croupe.

Nous n'entrerons donc dans aucun autre détail au sujet de la figure 6, qu'il suffit seulement de comparer à la figure 1, pour se mettre à même de comprendre ce qu'indiquent les diverses lignes de construction qui y sont représentées.

Relativement aux combles, aux faitages desquels on ne conserve pas une même hauteur, nous ferons seulement remarquer que leurs surfaces ne présentent point de gauche; il suffira donc, pour les tracer, d'en effectuer le développement.

S'il arrivait qu'on ne connût pas la plus grande des deux hauteurs $f1$ (fig. 1), par exemple, pour avoir la plus petite, celle de l'autre extrémité du comble, rabattue en ct , on joindrait le point 1 avec e ou avec d ; on mènerait par a et par b les lignes ar et bs parallèles au faitage; ensuite, par des points rs , on tracerait deux autres lignes rq, sq parallèlement aux droites $e1$ et $1d$, et on les prolongerait jusqu'à leur rencontre au point q ; la ligne qf , ainsi obtenue, représenterait la plus petite hauteur, c'est-à-dire la hauteur ct . Si cette dernière était connue, et qu'il fallût déterminer la

plus grande f 1, on l'obtiendrait par une construction semblable.

Enfin, pour les combles qui ont des croupes, on peut aussi employer le même procédé, en considérant toutefois les extrémités du faîtage comme si elles étaient terminées par des pignons.

Dans le cas précité, comme dans celui où le faîtage serait de niveau, si le comble a peu de longueur, quatre demi-fermes, ayant les arêtiers assemblés dans les poinçons tournés diagonalement pour recevoir leur assemblage, suffisent pour le soutenir; mais pour prévenir l'écartement des arêtiers, on doit toujours les poser sur des plates-formes portées par des murs d'appui et fortement assemblées les unes aux autres, aussi bien que les plates-formes qui reçoivent le pied des chevrons.

Si, au contraire, la longueur du comble est considérable, indépendamment des demi-fermes d'arêtiers, on ajoutera des fermes entières, dans l'intervalle compris entre les croupes, afin de soutenir la portée des pannes, et on les dirigera, autant que possible, perpendiculairement au faîtage.

Cette dernière observation peut aussi recevoir son application dans les combles qui sont terminés par des pignons.

VII. COMBLES PYRAMIDAUX OU COMBLES A PLUSIEURS PENTES

Les combles *pyramidaux*, ou de forme pyramidale, sont ceux qu'on élève sur les édifices dont le plan est carré ou formé par quelque autre poly-

gone régulier ; ils sont composés d'autant de versants triangulaires que le polygone a de côtés ou d'angles, de manière qu'ils forment ensemble une pyramide.

On donne à ces combles le nom de *pavillon*, et on les distingue les uns des autres, en ajoutant à chacun d'eux une qualification dérivée du polygone qui lui sert de base. Ainsi, on dit d'un pavillon qu'il est carré, pentagonal, hexagonal, etc., selon qu'il a quatre, cinq ou six versants.

La hauteur des pavillons est très variable ; mais elle est rarement moindre que le tiers de la largeur des édifices, et ne dépasse pas ordinairement cette largeur doublée.

Les figures 7, 8 et 9, pl. VII, représentent, l'une le plan d'un pavillon carré vu par-dessus, la charpente mise à découvert ; l'autre sa projection verticale ou son élévation, mais seulement pour le cas le plus simple.

Les pièces *a* (fig. 8 et 9), qui sont des arêtiers, soutiennent les arêtes formées par la réunion des pentes triangulaires, et servent en même temps d'appuis aux chevrons.

Ces arêtiers, dont le dessus est délardé (fig. 11), suivant l'angle d'inclinaison formé par deux versants qui se rencontrent, sont assemblés dans le poinçon *c* et dans la plate-forme *d*, comme les arbalétriers ordinaires, avec tenons et mortaises. Quant aux chevrons, les uns, tels que *e*, s'appellent *chevrons de ferme*, parce qu'ils sont égaux entre eux et qu'ils s'assemblent dans le poinçon ; les autres, tels que *f*, qui sont à la fois portés par les arêtiers avec lesquels ils sont assemblés, se

nomment *empanons*, c'est-à-dire qu'ils conservent la même dénomination que les chevrons placés d'une manière analogue dans les croupes des combles simples.

La figure 12 représente en grand la manière de disposer le poinçon, les arêtiers, les chevrons de croupe et les empanons, les uns par rapport aux autres.

La figure 13 indique la manière d'assembler les arêtiers et les chevrons de croupe sur le poinçon. Chacune des pièces qui composent ces deux figures trouve, en outre, son application aux lettres de renvoi de la figure 8.

Lorsqu'on veut donner quelque élévation aux pyramides, il devient indispensable, pour augmenter leur solidité, de remplacer les arêtiers ordinaires par des demi-fermes, dont l'arbalétrier s'assemble dans un poinçon commun à chacune d'elles, et qui, prises deux à deux, forment de véritables fermes (fig. 10), lorsqu'elles se trouvent placées suivant une seule et même direction, comme dans le pavillon carré (fig. 8), où elles sont en diagonales. Ces fermes se construisent, d'ailleurs, suivant les mêmes principes que celles dont il a été parlé plus haut, et leurs entrants, faits avec des plates-formes de 11 à 14 centimètres d'épaisseur, sont entaillés à mi-bois, à l'endroit où elles se croisent.

Mais, pour mieux fixer les idées, quant à leur disposition générale, nous avons indiqué, dans la figure 14, deux autres manières de les combiner.

Si les pavillons, au lieu d'être composés de quatre faces, en avaient un plus grand nombre, mais

toutes égales entre elles, on les construirait en employant les mêmes moyens ; c'est-à-dire par de simples arêtiens, ou par des demi-fermes, et les véritables longueurs de ces arêtiens, ainsi que des autres pièces avec leurs assemblages, s'obtiendraient en effectuant leur rabattement sur un plan horizontal, comme il a été indiqué, à diverses reprises, pour d'autres figures.

Des pyramides ou pavillons dont la base est irrégulière

Un pavillon peut encore avoir pour base un polygone irrégulier, tel que celui de la figure 15. Dans cette hypothèse, il est formé d'une suite de triangles inégaux et diffère, en outre, des pavillons réguliers par l'inégalité qui existe aussi entre les arêtes $s a$, $s b$, $s c$, $s d$, $s e$, qui vont du sommet à la base, inégalité qui se reproduit, conséquemment, dans les diverses fermes correspondantes.

Quant au développement des pentes, il faut ici l'effectuer pour chacune d'elles, toujours à cause de cette même inégalité ; tandis que, dans les pavillons réguliers, il suffit de tracer une des faces pour les avoir toutes ; mais le procédé par lequel on opère ce développement est le même pour les deux cas.

Nous ferons encore remarquer que, dans cette espèce de comble, il n'y a pas de chevrons de ferme, et que son exécution ne présente pas beaucoup plus de difficultés que celle d'un pavillon carré, ou de toute autre espèce, dont la base serait toujours un polygone régulier. De toutes manières

res, les surfaces doivent être planes, parce que, ainsi que nous l'avons déjà dit, il est toujours possible de faire passer un plan par trois points donnés; or, pour les rendre telles, il suffit de tenir les empanons perpendiculaires à la base suivant le sens de la plus grande pente.

Il nous reste maintenant à faire une dernière observation : c'est que, dans toutes les constructions dont nous venons de parler, le poinçon devra toujours avoir un nombre de faces double du nombre des côtés dont est formé le polygone qui sert de base au comble, excepté, cependant, lorsqu'il n'y aura pas de chevrons de ferme, seul cas où il prend absolument la forme du polygone.

Enfin, tout ce que nous avons dit ailleurs concernant les assemblages, et la manière de mettre en herse les différentes pièces d'un système quelconque de charpente, peut également s'appliquer aux pyramides régulières ou irrégulières. Nous croyons donc qu'il serait superflu d'entrer dans de nouveaux détails à cet égard.

VIII. COMBLES CONIQUES

Les combles coniques (fig. 4 et 5, pl. IX) sont ceux qui recouvrent quelquefois certains bâtiments qui se terminent en cônes. Le plus simple de tous est celui dont le contour est un cercle; on l'emploie presque toujours dans ce genre de comble, parce qu'il est rare qu'un édifice ait pour base une autre courbe qu'un cercle.

Ces combles se composent : 1° de chevrons principaux *a*, ou chevrons de demi-fermes, qui sont

assemblés, par le haut, dans un poinçon commun *b*, placé au centre, et par le bas, soit dans une plate-forme circulaire *c*, soit dans deux plates-formes *c*, *d* qui, dans ce cas, sont réunies par des entretoises ou blochets *e*; 2° de jambettes *f* posées sur la plate-forme *d*, et servant à fortifier le pied des chevrons; 3° de faux entrants *g*, assemblés dans le poinçon, placés de deux en deux chevrons, et servant encore à renforcer ces derniers, lorsqu'ils ont trop de portée.

La forme des combles coniques ne permettant pas de conduire tous les chevrons de la base au sommet, le nombre de ceux qui s'assemblent dans le haut du poinçon se réduit ordinairement à huit, lorsque la hauteur est petite relativement à la base, et à quatre lorsque cette hauteur est très grande; on les appelle chevrons *principaux* ou chevrons *jointifs*, parce qu'ils forment, avec le poinçon, le sommet du comble.

Les intervalles que ces chevrons laissent entre eux sont remplis par des entretoises circulaires ou liernes *h*, qui servent à fixer l'extrémité supérieure d'autres chevrons *i*, plus petits que les premiers.

Ces entretoises se placent à l'endroit où les chevrons sont éloignés les uns des autres de 40 à 50 centimètres; on en met une ou deux, selon que le comble est plus ou moins grand.

Les plates-formes et les liernes sont composées de pièces qui doivent toujours prendre la courbure de la base du comble sur laquelle elles s'appuient. Dans l'exemple que nous donnons (fig. 4), elles ont la forme d'un arc de cercle; mais comme leur

tracé présente quelques difficultés, nous allons indiquer la manière de l'opérer.

Celui des plates-formes est le plus simple. Pour l'effectuer, il faut toujours choisir une pièce de bois dont les dimensions soient un peu plus grandes que celles de la partie de la plate-forme que l'on se propose d'obtenir.

Soit $abcd$ (fig. 7, pl. IX) le plan de cette pièce ; du point o , milieu de son côté extérieur ab , on élèvera une perpendiculaire égale au rayon de la base du comble ; on mènera ensuite les lignes as , bs , qui couperont cd , ou le côté intérieur, aux points v , x ; et du point s comme centre, avec des rayons égaux à so et à sv , qui diffèrent entre eux de toute l'épaisseur de la plate-forme, on décrira deux arcs de cercle fog et vpx , qui donneront la surface $vfo gxp$, c'est-à-dire celle d'une partie de la plate-forme.

Ce qui est en dehors de cette surface doit donc être retranché et abattu perpendiculairement à la face ; excepté, cependant, les tenons h , qu'on réservera, s'il est nécessaire, pour être assemblés dans les mortaises des pièces contiguës.

Lorsqu'il y a deux plates-formes, celle qui est placée intérieurement se construit de la même manière, mais avec des rayons moindres que les premiers ; le plus petit des deux est égal à la distance du centre de la base à cette plate-forme, et le plus grand a en sus l'épaisseur de la pièce. On peut cependant se dispenser de rendre le côté intérieur circulaire, surtout lorsqu'il y a deux plates-formes.

Le tracé ou l'exécution des *liernes* présente plus de difficultés que celui des plates-formes, parce

que leurs faces extérieure et intérieure sont des surfaces coniques, au lieu d'être cylindriques.

Ce tracé doit se faire sur des pièces de dimensions beaucoup plus grandes que celles de la lierne que l'on veut avoir, à cause de l'inclinaison des faces ci-dessus représentées par ab et cd au profil (fig. 6), inclinaison qui doit être la même que celle des chevrons adjacents. Ainsi $abcd$ provenant de $amno$ (même figure), représentera la partie de cette dernière pièce qui pourra servir à construire la lierne.

Soit donc $abcdef$ (fig. 8) le plan de cette pièce ; s , le milieu du poinçon ; so , sp , les distances du poinçon aux arêtes intérieure et extérieure de la face supérieure de la lierne, et sq , la distance du même poinçon à l'arête intérieure de la face inférieure. Pour avoir la courbure des faces dont il s'agit, du point s comme centre, avec un rayon égal à sq , on décrira l'arc de cercle mqn ; ensuite, sur cet arc, on prendra mm' , nn' , de manière à avoir l'épaisseur tu que l'on veut donner au tenon ; on joindra les points m' , n' avec s par des lignes ponctuées ; puis, avec des rayons égaux à so , sp , on tracera les arcs de cercle goh , ipk , qui couperont les lignes sm' , sn' aux points g , h , i , k , et l'on aura ainsi le solide $gohn'qm'$, qui représentera l'ensemble de la lierne. Enfin, pour avoir l'épaisseur des tenons x , on mènera les lignes sm , sn , et on leur donnera l'épaisseur convenable. Cela fait, on enlèvera tout le surplus du bois, pour former la lierne, et on la déterminera en pratiquant l'entaille x , qui doit recevoir le haut du chevron correspondant,

Quand la base du comble a une toute autre courbure que celle d'un cercle, le moyen le plus simple de construire les plates-formes et les liernes, est d'en relever la courbure sur le plan tracé en grand, avec un calibre que l'on applique ensuite sur les faces supérieure et inférieure des pièces destinées à les former, afin d'obtenir par là, et le plus exactement possible, la courbure qu'elles doivent avoir.

Quant aux assemblages des chevrons, des faux-entrants, des jambettes, etc., ils s'exécutent de la même manière que dans les combles ordinaires.

Tout ce que nous venons de dire pour un comble formant un cône entier, est également applicable à une partie du cône seulement, comme cela peut se présenter quelquefois.

IX. INTERSECTION DES COMBLES FORMÉS DE SURFACES PLANES ; NOUES ET NOULETS

Les combles composés de surfaces planes présentent, par leur intersection, deux cas : le premier est celui où les faitages sont à la même hauteur ; le second est celui où les faitages sont à des hauteurs différentes. Mais ces deux cas reçoivent diverses modifications, selon que les combles sont perpendiculaires ou inclinés entre eux, ou suivant qu'ils ont ou qu'ils n'ont pas une même largeur (fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6, pl. VII).

Premier cas. — Lorsque deux combles se rencontrent ou se réunissent en formant un angle, soit aigu, soit obtus, ou même droit, tel qu'on l'a représenté par la figure 1, leurs diverses faces se construisent comme à l'ordinaire ; mais on donne

le nom de *noue* à la pièce de bois qui répond au rentrant intérieur *a b* de la couverture et qui doit recevoir l'extrémité de chacune des surfaces qui se rencontrent.

Cette noue représentée en grand (fig. 6), et dans laquelle on assemble les empanons de la même manière que dans les arêtiers, doit donc elle-même avoir à sa face extérieure un angle (fig. 8) égal à celui que forment les deux plans des lattis : son exécution, d'ailleurs, 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 celui-ci, se trouve être saillant.

Lorsque deux combles (fig. 2, 3 et 6) se rencontrent en plein, soit perpendiculairement, soit obliquement, il en résulte une double intersection à chacune desquelles on place une *noue* ; et 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. S'ils sont égaux en largeur et perpendiculaires entre eux, comme dans la figure 1, la noue partagera l'angle d'intersection en deux parties égales ; mais si, au contraire, il arrivait que leurs largeurs fussent inégales, ou que leur rencontre fût oblique, il n'en serait plus ainsi, et il faudrait alors dévoyer la noue, tel que l'indique la figure 6.

Cette opération peut être faite ici, comme pour tout autre cas, de la même manière que pour l'arêtier d'une croupe droite.

Les noues, ainsi que les empanons qui s'y assemblent, peuvent être *déclardées* ou *déversées* ; nous n'entrerons point, à cet égard, dans de nouveaux

détails sur les empanons, dont nous avons suffisamment parlé plus haut.

On entend par *noue délardée* (fig. 6) celle dont les faces latérales ab , cd , sont verticales, mais dont le côté supérieur est taillé en creux suivant l'angle formé par les plans des lattis qui y aboutissent.

Par *noue déversée*, représentée en plan (fig. 6) et en profil (fig. 7), on entend celle dont les faces latérales ef , gh sont respectivement perpendiculaires au plan du lattis auquel elles correspondent, et, par conséquent, non parallèles entre elles : elles ont, comme la précédente, un angle de recreusement.

Cette deuxième espèce de *noue* est moins avantageuse que la première, car, à équarrissage égal, celle-ci présentera toujours plus de force, puisqu'il lui restera, de même qu'aux empanons, plus de bois qu'à celle de la seconde espèce.

La manière d'obtenir les faces déversées d'une *noue*, et ses assemblages avec le poinçon ou avec l'entrait, revient à celle dont nous avons donné l'explication pour les empanons.

On peut aussi, par des moyens analogues, déterminer l'angle de recreusement de la face supérieure. Mais la marche la plus simple à suivre est celle qui est indiquée par la figure 7, et dont voici la démonstration.

Soit (fig. 9) le plan de la *noue délardée*, représentée à la figure 6 par $abcd$, et, figure 10, son profil suivant l'arête de recreusement xx . Par le point z , qui doit être avec a et b dans le plan de l'entrait, on élèvera la perpendiculaire zo , et le

point o appartiendra à l'arête intérieure xz . On mènera ensuite par ce point, et parallèlement à qr , la ligne op , et on aura ainsi la projection verticale de xz ; tandis que la distance mn représentera la profondeur du recreusement de la pièce, ce qui suffit pour déterminer l'angle cherché.

Pour tracer celui-ci plus rigoureusement, dans toute la longueur de la noue, on se sert, dans la pratique, d'un calibre (fig. 8) que l'on taille suivant l'angle voulu, et que l'on applique ensuite à ses deux extrémités pour les coupes du bas et du haut.

Le tracé de ce calibre (qui n'est autre chose que le profil de la noue) s'obtient en faisant $a'b'$ égal à ab ; $a'u'$ égal à au ; $v'z'$ égal à vz ; $u'v'$ égal à nm ; on tire ensuite $u'z'$, bz' ; ce qui donne la figure $a'u'x'bb'$, ou le profil du calibre dont il s'agit.

Lorsque plusieurs pièces, telles que, par exemple, deux noues et un arêtier, ou une noue, un arêtier et deux chevrons de croupe viennent aboutir à un même poinçon, on peut, pour moins affaiblir celui-ci, les assembler dans des entailles pratiquées tout autour en forme de queue d'aronde, en les reliant ensuite par une armature en fer, qui les enveloppe, ainsi qu'on le voit sur la figure 11.

La même figure indique, en outre, la coupe ou le déjoutement de ces diverses pièces, qui doivent toujours être dirigées vers le centre du poinçon.

Des noulets

Deuxième cas. — Dans le second cas, c'est-à-dire dans celui où les faitages n'auraient pas la même

hauteur, le comble qui sera le moins élevé rencontrera, soit perpendiculairement, soit obliquement, une des faces de l'autre comble, ainsi que l'indiquent les figures 4 et 5, pl. VII. Alors on place à la rencontre des plans des lattis, sur le plan du plus 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 empans.

Lorsque les combles sont perpendiculaires entre eux, le noulet *droit* et ses branches sont égales : on dit, au contraire, d'un noulet qu'il est *biais*, lorsque la rencontre des combles est oblique : alors les branches du noulet sont inégales et ont une inclinaison différente.

Nous nous bornerons à donner ici la construction d'un noulet biais, attendu que son exécution présente un peu plus de difficultés que celle du noulet droit. Cet exemple suffira, d'ailleurs, pour construire facilement ce dernier, puisque la manière d'opérer pour les deux cas est à peu près la même.

Les pièces dont se compose un noulet, donné en projection horizontale ou en plan, étant représentées en raccourci, à cause de leur inclinaison, il faut trouver : 1° leurs véritables dimensions, tant en longueur qu'en grosseur ; 2° leur coupe du bas, celle du haut et leurs assemblages.

Soient fig. 1, pl. IX, le plan d'un noulet, et fig. 1 A, le profil de sa pente projeté sur un plan passant par le faîtage *cd* du petit comble. Pour

trouver les véritables dimensions des branches, on les mettra en herse sur un plan parallèle au lattis ; mais avant tout, on rabattra la partie triangulaire abc de la pente du grand comble sur laquelle doivent être posées les branches du noulet. Or, dans ce triangle, la ligne ab est connue, puisqu'elle est égale à sa projection faite sur un plan qui lui est parallèle : il ne nous reste donc plus qu'à trouver les véritables longueurs ao , bo' . Ces lignes sont les hypothénuses 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 donné par le profil, fig. 1 A. Si donc on élève par le point c des lignes co , co' égales à cette hauteur et perpendiculaires aux directions des arêtes ac , bc du noulet, les lignes ao , bo représenteront les véritables longueurs de ses branches.

On fera ensuite (fig. 2) $a'b'$ égal à ab , et au moyen des lignes ao et bo' , on construira le triangle $a'b'c'$, qui sera le rabattement de celui qui est projeté en abc (fig. 1). Quant à la position de l'arête supérieure du faitage, dont la direction est cd , elle sera la même dans le rabattement, par rapport aux points $a'b'$, attendu que cette arête est horizontale, et qu'elle n'a pas changé en projection.

Maintenant, pour avoir la coupe des branches du noulet, leurs dimensions en grosseur, ainsi que les faces du raccordement des plans des deux combles avec le noulet, il faut mener pour l'un d'eux, par un point quelconque d (fig. 2), pris sur la projection de la crête du faitage, un plan perpendiculaire à la direction $a'c'$.

Ce plan, dont la trace horizontale est $d'n$, 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 $d'n$, puisqu'elle est située dans le plan qui passe par cette trace.

Pour avoir cette ligne d'inclinaison rabattue dans le plan de la herse, on considèrera d'abord que le point n étant plus élevé que le point d' , doit se trouver, ainsi que la ligne qui le joint à ce dernier, ailleurs qu'en n quant au point, et en $n d'$, lorsqu'ils sont l'un et l'autre en projection horizontale.

En effet, dans cette nouvelle situation, c'est-à-dire quand ils sont en projection horizontale, comme ils le sont (fig. 1), ils deviennent n^2 pour le point, et $n^2 d$ pour la ligne, et ils s'obtiennent en portant la distance $a'n$ (fig. 2), de a en n' (fig. 1), en abaissant la perpendiculaire $n'n^2$ sur ac , et en tirant $n^2 d$. Le même point n se trouve, d'une autre part, projeté verticalement en n^3 , au profil (fig. 1 A), mais la projection de la ligne qui joint les points n^2 et d (fig. 1), ainsi que sa véritable longueur déjà représentée par le rabattement (fig. 2), peuvent encore s'obtenir en faisant d'un côté, pour avoir la longueur $a n'$, $n^2 m$ (fig. 1), égal à $n^2 p$ (fig. 1 A), et en tirant la ligne $m d$ (fig. 1), que l'on trouvera effectivement de même longueur que $n d'$ (fig. 2); puis, de l'autre côté, en faisant, pour avoir la projection n^2 , la ligne $n m'$ (fig. 2) égale à $n^3 p$ (fig. 1 A), et la ligne $d' m$ (même figure) égale à $d n^2$ (fig. 1); ou bien encore, en décrivant un demi-cercle sur $n d'$; en portant $n^3 p$ de n en m' , et en tirant $m' d'$

(fig. 2). Cette dernière position $m'd'$ de la ligne nd' (fig. 2) était indispensable à connaître : car ce n'est que d'après elle qu'on peut effectuer le rabattement du plan vertical dont elle représente la trace horizontale rapportée à la figure 1. On mènera donc à cette ligne, et par le point d' , la perpendiculaire $d'x$, que l'on fera égale à la hauteur zy (fig. 1) du petit comble, et on mènera la ligne xn , qui en fera connaître la pente répondant à la ligne $d'n$, sa projection. On mènera ensuite, à cette ligne, une parallèle, à une distance égale à l'épaisseur que l'on veut donner aux chevrons, et le point q , où elle coupera la ligne nd' , indiquera la moindre largeur à donner à la branche ac du noulet. Enfin, le troisième côté du profil d'épaisseur sera représenté par une perpendiculaire qr abaissée du point q sur la ligne nx .

Ce que nous venons de démontrer pour ac peut être également appliqué à l'autre branche bc .

On peut aussi faire le dessus des branches parallèle au-dessous ab (fig. 3), en lui donnant pour épaisseur bc celle d'un chevron, de manière toutefois que la largeur cd soit assez grande pour que la coupe de l'empanon puisse poser dessus.

Lorsqu'on veut appuyer les branches du noulet sur les plates-formes qui reçoivent le pied des chevrons du petit comble, tel qu'on le voit en a 68 et en b 79 (fig. 1), il faut, pour avoir le rallongement de l'arête supérieure jusqu'à sa rencontre avec cette plate-forme, observer d'abord qu'elle doit se trouver dans un plan parallèle à la pente du comble sur lequel les branches sont posées : ainsi, en portant sur le profil de pente (fig.

1 A), la distance 1 2, égale à la hauteur de l'arête supérieure par rapport aux inférieures, et en élevant ensuite la perpendiculaire 2 3, la partie 1 3 indiquera le rallongement dans la direction de la ligne *c*' 4 située dans le plan du grand comble, et sur le prolongement de laquelle on le portera de 4 en 5 (fig. 2). Par ce point, on mènera à *a'* *b'* une parallèle, qui coupera les arêtes dont il s'agit aux points 6 et 7; et ceux-ci indiqueront les extrémités du rallongement des branches, dont on achèvera la forme en tirant des lignes *a'* 6, 8 6, *b'* 6 et 9 7.

Quant aux coupes du bas et du haut des branches du noulet, on les obtiendra en les coupant de longueur, selon leur profil, par le moyen des perpendiculaires *e f*, *e g*, 9 *h* et 8 *k* (fig. 2), et en prenant les avances des arêtes, d'après ces lignes.

Les empanons s'assemblent quelquefois à tenons dans les branches du noulet; mais on pourrait presque toujours se contenter d'y faire des entailles, comme on en fait dans les plates-formes qui reçoivent le pied des chevrons.

Quelquefois aussi il arrive qu'on ne donne pas de faitage au petit comble et qu'on assemble simplement les empanons par enfourchement; mais dans tous les cas, il est préférable de lui en donner un, afin d'ajouter, autant que possible, à la solidité du raccordement.

Tous les assemblages dont nous venons de parler s'exécutent, d'ailleurs, comme à l'ordinaire, et il sera toujours facile de bien s'en rendre compte par le moyen des rabattements.

Dans les combles un peu considérables, les noulets sont quelquefois des fermes complètes garnie

de poinçons, contre-fiches, entrants, aisseliers et jambettes. Dans tous les cas, il n'y a que les branches du noulet qui doivent être assujetties au biais du petit comble, parce que, outre la facilité que l'on trouve à tailler les pièces carrément, il y a encore beaucoup d'avantages sous le rapport de la solidité.

C'est donc à tort qu'on s'est fait pendant longtemps une grande difficulté de leur exécution, puisqu'il n'existe aucune raison pour que toutes les parties participent au biais ; la seule différence qui en résulte, c'est que leurs faces latérales sont déversées au lieu d'être délardées.

X. COMBLES EN DOME ET A LA PHILIBERT DELORME

On entend par comble en dôme, ceux dont la surface extérieure a la forme d'une calotte sphérique ou elliptique.

Ces combles sont généralement garnis de fermes semblables à celles des combles à simple courbure, que l'on combine ainsi de manière à soutenir les pannes, les liernes et les chevrons courbes qui forment le galbe extérieur.

L'ensemble de la construction comprend ordinairement deux grandes fermes-maîtresses, qui se croisent à angle droit, en se réunissant à un poinçon commun, et entre lesquelles on interpose huit, dix et jusqu'à douze demi-fermes de moyenne grandeur, ainsi qu'un nombre pareil de fermes plus petites encore que ces dernières, mais dont les extrémités supérieures sont assemblées dans les

liernes, comme nous l'avons expliqué pour les combles coniques.

Quelquefois, au lieu d'assembler ces différentes fermes dans le poinçon ou dans les liernes, on les fait aboutir toutes, ou du moins une grande partie d'entre elles, selon l'espèce de construction, à une enrayure ou plate-forme, qui sert en même temps de base à la lanterne que l'on construit souvent au sommet de ces édifices.

Les poteaux montants de la lanterne descendent presque toujours jusqu'aux faux-entrants des fermes-maîtresses, où ils sont assemblés, et souvent aussi ils aboutissent jusqu'à l'entrant même, lorsqu'il y en a, et lorsque la construction est de quelque importance.

Cependant il suffit d'assembler ces poteaux simplement dans l'enrayure, lorsque la lanterne a peu de hauteur.

La charpente des combles en dôme peut se combiner d'une infinité de manières; mais comme leur exécution est d'ailleurs fort rare, et qu'elle entraîne à des constructions d'une importance telle qu'il faudrait dépasser de beaucoup les limites de cet ouvrage pour les faire connaître seulement en partie, nous n'entrerons point dans des détails plus longs que ceux qui précèdent. Seulement, nous ferons remarquer qu'on employait autrefois, dans cette espèce de combles, des pièces de bois d'un très gros équarrissage, dont l'inutilité a été reconnue depuis, et que l'on peut remplacer, l'expérience le prouve, par d'autres pièces d'un équarrissage beaucoup moins considérable, en leur donnant cependant, dans le sens de la flexion, toute l'épaisseur

possible, aux dépens de la largeur et suivant une disposition convenable.

C'est d'après ce système, basé sur la propriété qu'ont les parallépipèdes élastiques que *leur résistance est en raison du carré des épaisseurs*, que Philibert Delorme, architecte du temps de Henri II, a imaginé les charpentes connues sous son nom depuis 1561, et dont l'usage devrait être plus répandu. Sa méthode consiste à former les combles au moyen de courbes composées de planches posées de champ, les unes à côté des autres, et reliées avec des boulons.

Avant que Philibert Delorme exposât cette méthode, on s'était déjà servi de courbes semblables dans quelques édifices de l'Italie, et notamment à Venise; mais il est le premier qui en ait fait usage autre part que dans la construction des dômes, où on peut les employer avec autant d'avantages que dans les fermes très légères, et néanmoins très fortes, afin de supporter les voûtes, les toits, etc.

Cette espèce de comble ou de voûte en menuiserie, dont le poids est peu considérable, ne charge point les édifices, comparativement aux charpentes ordinaires; car elle n'est sujette à aucune poussée, n'a besoin que d'appuis sur les murs, ne les fatigue point, et ne tend jamais à les écarter. Elle laisse en outre au-dessous du comble un grand espace très convenable pour les greniers ou pour les magasins d'approvisionnements.

L'avantage que présente cette manière de construire est, d'ailleurs, rendu évident par la comparaison faite par Rondelet, entre la charpente du dôme des Invalides de Paris, construite à la ma-

nière ordinaire, et celle du dôme Della-Salute à Venise, exécutée avec des courbes en planches. Il en résulte que, si le premier avait été construit comme le second, il ne contiendrait que 1968 *pièces* de bois, au lieu de 6484 qui y sont employées. Il serait, par conséquent, soulagé d'un poids inutile de 4516 *pièces*, ce qui équivaut à peu près à 450,000 kilogrammes, et il n'aurait coûté que 35,424 fr., au lieu de 116,722 fr., somme à laquelle on l'évalue.

Ce sont ces diverses considérations qui nous ont engagé à entrer de préférence dans tous les détails relatifs à ce genre de comble, dont l'application peut devenir très fréquente dans l'usage ordinaire, plutôt que de nous arrêter à ceux concernant les anciens, qui, sous ce dernier rapport, présentent moins d'intérêt aux ouvriers qu'aux architectes. Il est bon cependant 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, à cause de la sujétion et de la main-d'œuvre qu'elles exigent.

On peut indifféremment donner aux combles construits d'après ce système, la forme demi-circulaire, elliptique, angulaire ou en ogive, seulement il faut alors changer la coupe des planches, suivant la courbure que l'on veut avoir. Nous en indiquerons ci-après les moyens.

Les fermes *a* (fig. 1, pl. 8) qui forment l'espèce de comble dont il s'agit, sont composées de planches courbes, boulonnées jointivement deux à deux, ou trois à trois, de manière que l'extrémité de l'une

correspondre au milieu de l'autre (fig. 3). Elles se placent par travées de 66 à 100 centimètres, et sont entretenues (fig. 2) par des liernes *b* passant à travers, et chevillées en *c* contre les planches pour les serrer fortement.

Ces liernes comprennent ou relient trois fermes, et se placent par échelons, ainsi qu'on le voit dans le plan de la figure 1. 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. Philibert Delorme fixe cette longueur à 3 ou 4 pieds (0^m 974 à 1^m 300), et leur épaisseur à 12, 15 et 18 lignes (27, 33 et 40 millimètres), suivant la plus ou moins grande portée.

Mais, dans tous les cas, on doit chercher à faire contenir la longueur un nombre exact de fois dans la courbe à exécuter, si elle est uniforme, et il faut aussi disposer les pièces de manière que les fibres se croisent également, afin de donner aux joints de la courbe toute la force dont elle peut être susceptible.

Pour obtenir la courbure des planches, on tracera d'abord, sur une surface unie, deux courbes concentriques *mno pqr* (fig. 3) de la grandeur de l'exécution, à une distance égale à celle de la largeur des planches, et suivant la forme demandée; on marquera ensuite les divisions *d*, par lesquelles on mènera les lignes ponctuées *de*, passant par le centre de courbe, et représentant les joints normaux des planches.

Cela fait, après avoir coupé celles-ci toutes en parallélogrammes rectangles, on les appliquera sur l'épure (fig. 3) de manière à ce que les angles intérieurs f , de chacune d'elles, touchent aux points qui marquent les divisions sur la courbe pqr , et que le côté extérieur soit tangent à la plus grande courbe. On abattra ensuite les parties qui, de part et d'autre, dépasseront les deux courbes, et qui sont : 1° les petits triangles extérieurs gei , ein ; 2° la partie inférieure d/r ; et 3° les deux autres petits triangles mpl des extrémités, et résultant de l'obliquité des joints normaux avec les grands côtés extérieur et intérieur des parallélogrammes.

Pour établir les fermes exécutées avec les planches dont nous venons d'indiquer le tracé, on les assemble par le pied au moyen d'entailles pratiquées dans une plate-forme t , posée en retraite sur la moitié des murs. Ensuite, pour compléter la surface extérieure du comble, on se sert de bouts de planches u , en forme de coyaux, que l'on fixe par une petite sablière reposant sur la corniche.

Quant au sommet V , auquel on donne ordinairement la même forme qu'à ceux des combles à deux versants simples, on le construit suivant le même principe que la partie courbe, c'est-à-dire que l'on place dans chaque travée une espèce de chevron également en planches jointives, mais droites, pour porter, ainsi que les autres, le lattis ou le plancher destiné à recevoir la couverture : ces chevrons ajoutent beaucoup à la solidité de l'ouvrage.

Lorsqu'on veut plafonner l'intérieur d'un comble cette opération se fait, comme à l'ordinaire, au moyen de lattes que l'on cloue sur les fermes, etc,

La figure 2 représente une partie de travée mise en perspective, et la figure 4 indique la manière de tracer la courbe servant d'arêtier.

Voici les règles que donne Philibert Delorme, relativement aux dimensions des planches pour des courbes composées de deux seulement. Nous les réduisons en nouvelles mesures.

Pour un comble de 7^m 80 de diamètre, la planche aura 21 centimètres de large et 27 millimètres d'épaisseur.

Pour 11^m 70 de diamètre, la planche aura 27 centimètres de large et 4 centimètres d'épaisseur.

Pour 19^m 50 de diamètre, la planche aura 35 centimètres de large et 54 millimètres d'épaisseur.

Pour 22^m 24, 35 centimètres de large et 7 centimètres d'épaisseur.

Pour 35 mètres, 35 centimètres de large et 8 centimètres d'épaisseur.

Quant aux liernes, elles doivent avoir au moins l'épaisseur des planches, et une largeur égale à quatre fois cette épaisseur. Enfin, les clefs seront de même épaisseur, mais leur largeur sera double de l'épaisseur.

Rondelet a proposé, avec raison, sous le rapport de l'économie et de la solidité, un autre moyen de maintenir les courbes des combles dont il s'agit. Ce moyen consiste à substituer aux liernes qui les traversent, d'autres liernes *b* (fig. 5, pl. VIII) non interrompues, entaillées à mi-bois et clouées au-dessus et au-dessous des planches.

Cette disposition, ainsi que le fait observer cet architecte, produit, en effet, autant de solidité avec moins de dépense, surtout si le dessus doit être

latté ou planchéié pour recevoir des tuiles ou des ardoises, et si le dessous est destiné à former plafond. D'ailleurs, les bois étant sujets à augmenter de volume par l'humidité, et à en diminuer par la sécheresse, les liernes et les clefs de bois qu'on fait entrer de force dans les mortaises, peuvent, dans un temps humide, faire fendre les planches des courbes et les liernes, ou rendre leur assemblage trop lâche dans les temps de sécheresse, inconvénients que ne présente pas sa méthode.

Quant à l'économie, elle est rendue évidente par la raison qu'il faut moins de main-d'œuvre et de bois pour former les liernes continues que pour celles qui sont placées en échelons, puisque ces dernières commencent et finissent en deçà et au delà des mêmes courbes.

Du reste, à ce changement près, les autres parties de la construction s'exécutent comme dans les cas précédents, si l'on en excepte cependant la surface du toit, qui est droite depuis le sommet jusqu'à l'entablement, ce qui n'a pas lieu dans la figure 1.

Nous avons placé sur les figures 5, 6 et 7 les mêmes lettres de renvoi qu'aux trois autres figures 1, 2 et 3, afin de faciliter la comparaison que l'on peut en faire.

La figure 4 indique la manière de tracer les courbes rallongées qui servent d'arêtiers.

Le système de Philibert Delorme a aussi été perfectionné par Lacasse, charpentier : le moyen qu'il a trouvé réunit tous les avantages présentés par le premier, mais avec plus d'économie. Pour construire les courbes, il emploie des solives refendues

et assemblées à trait de Jupiter, au lieu de planches dont le débit est fort dispendieux.

Les courbes *a* (fig. 8, pl. VIII) en élévation et en plan, sont espacées de 83 centimètres, et posées sur une sablière *b* ; elles sont en outre entretenues par des liernes *c* (fig. 10), entaillées à mi-bois *d*, et alternativement à tenons et à mortaises *e* et *f* (fig. 11). Les intervalles compris entre les lignes et les courbes sont partagés par des entretoises ou fausses courbes *g* (fig. 10), pour soutenir le lattis ou le plancher de la couverture, ainsi que le lattis du plafond, lorsqu'il y en a un. L'espacement des liernes est ordinairement de 1^m 30 à 1^m 60. Cependant cet espacement, ainsi que les dimensions des liernes, peuvent varier, de même que pour les courbes, suivant le diamètre des combles.

D'après M. Rondelet, il paraîtrait convenable que l'épaisseur des courbes fût égale à autant de lignes que le comble a de pieds de diamètre (c'est-à-dire 1/144^e), sur une largeur double. Cette observation peut également s'appliquer aux courbes à la Philibert Delorme.

Rondelet pense aussi, et avec raison, qu'on augmenterait leur force en leur donnant plus de largeur par le bas que vers le haut. Alors la règle relative aux dimensions se réduit à prendre cette largeur, au milieu de la courbe, comme terme moyen.

Pour tracer le comble en ogive (fig. 8), on fera *hi* égal à *hl*, ce qui en donnera la hauteur. On mènera la corde *ik*, que l'on divisera ensuite en sept parties égales ; on portera l'une d'elles de *m* en *o* sur la ligne *op* élevée par le milieu et perpendi-

culairement à ik . Puis l'on joindra oi et ok , et l'on répètera la même opération sur l'une et l'autre, ce qui donnera deux nouvelles normales qn et rn à la courbe cherchée, et dont la rencontre en n , avec la première mn , déterminera le centre de la partie gauche du comble. Pour celle de droite, on l'obtiendra par la même opération répétée, ou simplement en reportant symétriquement le centre n sur la gauche de la verticale ih .

La figure 9 indique : 1° l'assemblage à trait de Jupiter pris sur l'épaisseur v des pièces formant la courbe ; 2° le même trait vu sur la largeur t , et 3° l'assemblage séparé en u , lequel est serré, lorsqu'il est en place, par une clef s .

La figure 10, représente l'assemblage d'une partie des courbes, des liernes et des entretoises. Enfin, la figure 11 indique les tenons, les entailles et les mortaises, au moyen desquels on réunit toutes les parties de cette charpente.

XI. COMBLES DONT LA BASE EST UN CERCLE OU UNE ELLIPSE

Les trois différents systèmes que nous venons d'expliquer sont également applicables aux combles dont la base serait un cercle ou une ellipse, au lieu d'être formée par des lignes droites, comme dans les figures 1, 5 et 8 : mais dans ces cas, les demi-fermes et les liernes doivent prendre la courbure du comble.

Pour compléter ce qui précède, nous allons rapporter ici un exemple (fig. 12 et 13, pl. VIII) que nous empruntons d'un Mémoire publié sur la re-

construction de la coupole des petites écuries de Versailles, exécutée en 1804 par les soins du capitaine du génie André, en remplacement de l'ancienne charpente, érigée d'après Mansard, et dont toutes les pièces étaient pourries.

La construction dont nous allons parler peut être citée comme une des meilleures parmi celles qui ont été exécutées d'après le système de Philibert Delorme : son exécution présentait quelque difficulté, en ce que la base de la coupole est elliptique et son couronnement circulaire. Il eût été sans doute possible de simplifier la courbure du dôme, ainsi que cet ingénieur le fait remarquer dans son Mémoire, en faisant la base de la lanterne semblable à la corniche ; mais il a préféré s'imposer quelques difficultés de plus dans la construction, et donner à cette base une forme circulaire, comme l'avait fait Mansard, parce que cette courbure est beaucoup plus agréable à l'œil, lorsqu'on la regarde du sol du manège.

Du tracé de l'épure

On a d'abord tracé (fig. 12, pl. VIII) l'ellipse *b*, de la base, qui représente la plate-forme destinée à recevoir le pied des hémicycles ou demi-fermes. Le grand diamètre est de 20^m 29, et le petit, de 18^m 24, l'un et l'autre pris dans œuvre. On a décrit dans l'intérieur du centre de l'ellipse, et avec un rayon de 2^m 43, une circonférence de cercle représentant l'enrayure de la lanterne sur laquelle s'appuie la tête des hémicycles. Après avoir divisé le contour de l'enrayure en 16 parties égales, on a

mené par le centre et par les divisions, autant de lignes prolongées jusqu'à la plate-forme; ce qui a donné en plan les projections de 16 hémicycles principaux e, e, e .

Ce tracé fait varier la distance du centre par rapport aux hémicycles, à l'exception de leurs sommets, qui en sont tous à égale distance, puisqu'ils s'appuient sur le cercle a , décrit du centre à la hauteur verticale de 8^m 12, au-dessus de la plate-forme b .

Du tracé des hémicycles

Après avoir tracé la plate-forme, l'enrayure et les projections horizontales des 16 hémicycles principaux, on a cherché la courbure de ces derniers.

Commençant par le plus grand représenté par la ligne AB (fig. 12), on a divisé cette ligne en huit parties égales, et l'on a élevé du point B , la perpendiculaire BC égale à la hauteur donnée de la coupole. On a ensuite décrit du point g , comme centre, une circonférence de cercle passant par les points A et C ; enfin on a élevé de tous les points de division, 1, 2, 3, 4, etc., des perpendiculaires coupant l'arc AC dans des points qui sont les intersections de la courbe par les plants sécants qu'on a supposé couper horizontalement la coupole.

Pour trouver les courbes des autres hémicycles, celle par exemple, de celui qui est représenté par le plan ED , après avoir divisé de même cette ligne en huit parties égales, on a élevé par ces points de division des perpendiculaires D, d (fig. 12 et 13), de la même hauteur que leurs analogues sur AB ,

et on a tracé sur leurs extrémités la courbe qui appartient à ce second hémicycle.

Ce procédé a donné les courbes des 16 hémicycles, à trois planches, *e*, et celles de 48 autres, à deux planches, *d* (fig. 12 et 13).

La figure 12 représente quelques-uns de ces hémicycles développés et couchés sur le plan horizontal : on voit les mêmes objets en élévation dans la figure 13.

Des liernes

Les doubles rangs de liernes, destinés à maintenir les hémicycles dans leur position respective, ont été placés les uns au-dessus des autres, à la distance de 63 centimètres. On en a projeté plusieurs au plan (fig. 12) ; et on en voit l'assemblage dans les figures 14, 15 et 16.

De la plate-forme

La base ou la plate-forme de la coupole est composée de pièces courbes en chêne, pour conserver au bois toute sa force : elles sont assemblées à queue d'aronde P (figure 17), et leurs joints sont fortifiés par des plates-bandes en fer (fig. 17). On voit en *c* (fig. 12 et 18) les pas ou encoches qui reçoivent le pied des hémicycles. Cette plate-forme porte, derrière l'extrados de la corniche, sur la maçonnerie en pierres de taille.

De l'enrayure

L'enrayure (fig. 19) a 32 centimètres de hauteur : elle est composée de cinq morceaux de chêne, courbes et assemblés avec des boulons à écrous.

La partie inférieure, à laquelle aboutissent les têtes des hémicycles, a 22 centimètres d'épaisseur, et la partie supérieure 10 centimètres. Le haut de l'enrayure forme le soubassement de la lanterne : on y a ajusté, avec des boulons à écrous, un gros tore en chêne qui couronne la coupole à l'extérieur ; l'intérieur est orné aussi de moulures.

De la disposition et de l'assemblage de la charpente

La coupole est composée de 64 hémicycles ou demi-fermes, dont 16 de trois planches jointives, et les 48 autres de deux planches seulement : il y a de plus, dans le bas, quelques portions d'hémicycles en remplissage.

Toutes ces planches sont sciées dans des bois courbes pour conserver toute leur force, et les joints tendent au centre de la coupole.

Les deux plus grands hémicycles ont 11^m 37 de développement, et les deux plus petits 10^m 97, sur une épaisseur de 13 centimètres, y compris les vides ménagés entre les planches pour la circulation de l'air (Voyez fig. 14 et 16).

Les cales en chêne *u* (fig. 16), qui maintiennent ces vides, sont mortaisées, ainsi que les planches des hémicycles, pour recevoir les liernes qui lient transversalement tout le système. Les clefs *x*, les liernes et les boulons *y*, serrent les planches dans les endroits où sont placées les cales.

Les 48 hémicycles secondaires sont formés de deux planches seulement, assemblées comme dans les précédentes, par le moyen de cales, liernes, clefs et boulons,

Toutes les pièces de cette charpente ayant été débitées et préparées de la sorte, on a placé l'enrayure au haut de l'échafaud, et établi la plate-forme sur la maçonnerie; puis on a commencé à élever les 16 hémicycles principaux, en fixant leurs extrémités supérieures à l'enrayure par des colliers en fer *c* (fig. 19 et 20), qui traversent ces hémicycles, et sont boulonnés avec écrous à l'intérieur de cette enrayure, et les extrémités inférieures dans les entailles *c* faites sur la plate-forme.

Les hémicycles secondaires sont assemblés dans les intervalles des précédents, au moyen de taquets entaillés *m* (fig. 19 et 21), cloués à l'enrayure, qu'on aurait affaibli en multipliant les trous qui reçoivent les colliers des seize premiers hémicycles, ou en faisant des mortaises.

Les liernes ont été placées successivement, à mesure qu'on élevait des hémicycles, et on a fixé tout le système par des clefs en forme de coins, qu'on a serrées en commençant par les liernes inférieures.

L'ordre inverse a été suivi pour lambrisser l'intérieur de la coupole, afin que les joints du lambris fussent parallèles à l'enrayure circulaire du haut, et que les raccords, nécessités par la forme elliptique de la base, fussent cachés derrière la corniche.

La lanterne qui éclaire l'intérieur de la coupole est un cône tronqué, ayant seize montants en bois avec feuillures, pour recevoir les vitraux; elle porte sur l'enrayure.

De la couverture

On a établi sur le pourtour extérieur de la coupole un membron en charpente, soutenu par des poteaux placés debout sur la plate-forme.

Ce membron a consolidé la coupole en la butant de toutes parts, et a facilité le raccordement de sa courbure avec les combles qui y aboutissent.

Cette coupole est couverte d'ardoises, cartelettes et écailles : elles sont divisées par des cordons qui leur donnent plus de solidité, et empêchent que les ardoises du haut ne se réduisent à rien.

Les intersections de tous les plans des combles ont été couvertes en plomb, ainsi que les montants de la lanterne, etc.

Explication des figures indiquant les détails

Fig. 14. Détail en élévation d'une partie de deux grands hémicycles à trois planches, et de trois hémicycles intermédiaires à deux planches, avec les liernes, les clefs et la plate-forme.

Fig. 15. Projection horizontale des liernes qui lient deux grands hémicycles et trois petits à deux planches, pris sur la ligne X Z de la figure 14.

Fig. 16. Détail d'une portion d'un grand hémicycle à trois planches, avec ses liernes v , ses clefs z , ses cales u , et ses boulons y .

Fig. 17. Plan d'une partie de la plate-forme P, montrant l'assemblage à queue d'aronde et la plate-bande en fer.

Fig. 18. Coupe de la plate-forme au droit d'un des pas, ou entaille e , faite pour recevoir le pied des hémicycles.

Fig. 19. Détail d'une portion de l'enrayure n de la lanterne, avec l'arrivée d'un grand hémicycle, le collier en fer e et le tasseau m tenant lieu de mortaise.

Fig. 20. Plan du collier en fer e , qui fixe l'hémicycle à l'enrayure de la lanterne.

Fig. 21. Détail des tasseaux m tenant lieu de mortaise et cloués sur l'enrayure, entre chaque hémicycle.

XII. COMBLES COMPOSÉS DE SURFACES COURBES ET DONT LA BASE EST EN LIGNE DROITE DANS LE SENS DE LA PENTE.

Ces combles ne diffèrent de ceux qui sont composés de surfaces planes que par les chevrons, qui doivent être courbes. Les fermes, les pannes, le faitage, toutes les pièces enfin qui concourent à leur formation, les chevrons exceptés, se construisent absolument d'après les mêmes principes et les mêmes procédés que dans les combles brisés ordinaires.

Les figures 9, 10 et 11, pl. IX, indiquent trois différents cas de cette espèce de comble. Les deux premières sont des fermes composées chacune d'un faux-entrait, d'un poinçon, de deux jambes de force, de deux arbalétriers et de pannes sur lesquelles les chevrons courbes sont appuyés.

Lorsque ces combles n'ont point une grande largeur, on peut supprimer les arbalétriers et les jambes de force en donnant cependant plus d'équarrissage aux chevrons. On peut aussi, attendu que les pièces courbes présentent plus de résis-

tance que celles qui sont droites, remplacer les pannes par des liernes servant à assembler les chevrons, ainsi que l'indique la figure 11.

Quant aux arêtes formées par la rencontre des surfaces de ces combles, on en construira le prolongement d'après le cintre primitif A (fig. 12). A cet effet, on divisera la projection bc de cette arête en un certain nombre de parties égales, et par les points de division, on élèvera des perpendiculaires sur lesquelles on portera les hauteurs correspondantes du cintre primitif.

XIII. INTERSECTION DES COMBLES COMPOSÉS DE SURFACES COURBES

Règles générales

L'intersection des combles composés de surfaces courbes offre un grand nombre de cas qui peuvent tous se résoudre par les mêmes procédés. Nous allons parler de ceux qui se rencontrent le plus fréquemment, et le petit nombre d'exemples que nous donnerons suffira pour mettre à même de traiter toutes les questions qui peuvent se présenter.

Les combles composés de surfaces courbes, quelles que soient d'ailleurs leurs formes, peuvent être coupés par des murs droits ou circulaires, ou par d'autres combles à surfaces planes ayant ou n'ayant pas une même hauteur ; enfin, l'intersection peut être l'effet de la rencontre de deux surfaces courbes.

En outre, nous ferons remarquer : 1° que l'in-

tersection d'un dôme ou comble hémisphérique, par un plan, est toujours une portion de cercle ;

2° Que celle d'un comble conique, par un plan, donne une partie de la courbe fermée qu'on appelle *ellipse*, si la position du plan coupant est telle qu'étant prolongé, il coupe le cône obliquement à son axe : c'est le cas de l'intersection d'un comble conique avec un comble droit, dont la pente serait moindre que celle du cône ;

3° Que si le plan coupe le cône dans une direction parallèle à une de ses génératrices ou arêtes, la courbe n'est point fermée, ainsi que cela a lieu aussi lorsque la pente des deux combles qui se rencontrent est la même. Cette courbe se nomme *parabole* ;

4° Que 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 est également non fermée et présentera une *hyperbole* ; mais, dans tous les cas, la construction graphique pour obtenir la forme ou le rabattement de ces courbes est absolument la même pour toutes ;

5° Enfin, lorsque deux surfaces courbes quelconques se rencontrent, telles que celles d'un cône et d'un mur circulaire, celui d'une tour ronde, par exemple, la courbe alors est à *double courbure*, c'est-à-dire qu'elle n'est plus plane ou ne peut plus être contenue dans un plan.

Comble en dôme coupé par un mur droit

Soit a, b, c (fig. 13, pl. IX) le plan d'un comble en dôme, de la direction d'un mur qui le coupe et

contre lequel il doit être appuyé; on demande quelle sera la courbe comprise entre f et g , c'est à-dire celle qui doit résulter de l'intersection de ces deux surfaces.

Nous remarquerons d'abord qu'elle ne peut être qu'un demi-cercle, parce que tout plan qui coupe une sphère ne peut pas donner d'autre courbe qu'une intersection, et que ce cercle doit avoir pour diamètre la droite fg ; si donc du point h , milieu de cette droite, et avec hf ou hg , pour rayon, on trace une demi-circonférence $fm g$, on aura la courbe rabattue suivant ses véritables dimensions.

Si les chevrons du comble ne doivent pas porter sur le mur, on établit au-dessus une ferme dont la courbe supérieure réponde à celle de l'intersection des surfaces qui se rencontrent, et dont les différents assemblages se disposent comme l'indique la figure 13, planche IX, où la ferme dont il s'agit est mise en *herse*.

Comble conique droit, coupé par un mur à plomb

La courbe d'intersection sera une *hyperbole*. Soient, fig. 14, pl. IX, le plan d'un comble; figure 14 *bis*, son profil ou sa projection verticale, et $a b$, $a' b'$ le mur droit qui le rencontre.

Pour avoir la courbe d'intersection cod , on mènera d'abord, sur le plan horizontal, du sommet à la base du cône, les génératrices ou arêtes sn , $s 1$, $s 2$, $s 3$, $s 4$: en projections verticales, elles seront $s' 1$, $s' 2$, $s' n'$, et elles rencontreront de part et d'autre le mur en des points v , x , m , y , z , m' , x' , v' , qui seront les projections d'autant de points de la

courbe cherchée; ensuite, pour les obtenir en *herse*, on élèvera sur la direction horizontale du mur, les perpendiculaires x 5, y 6, m 0, x 7 et v 8, on y portera les hauteurs correspondantes $a' m'$, $a' x'$, $a' v'$, et par les points 5, 6, 7 et 8, on fera passer une courbe qui sera le développement de la courbe d'intersection, et, par conséquent, le contour supérieur du cintre ou de la ferme qui servira à porter l'extrémité inférieure des chevrons du cône.

Si le mur passait par le sommet du comble, il n'y aurait point de courbe, et l'intersection serait un triangle.

Comble en dôme rencontré par un comble à deux égouts

Les courbes d'intersection de chacun des égouts avec le dôme, seront des portions de cercle; mais leurs projections seront presque toujours des parties d'ellipse.

Soient, figure 15, pl. IX, le plan d'un comble en dôme, dont une partie de la sablière est représentée par $abcd$; e son centre; fg le rabattement d'une section verticale indiquant l'épaisseur du lattis du dôme, et passant par le faitage eh du comble à deux égouts; enfin, akc la projection horizontale de la courbe d'intersection des deux combles, courbe suivant laquelle les branches du noulet, qui doit être placé à leur rencontre, doivent être taillées.

Nous ferons remarquer d'abord que ces branches, qui sont abk et kcd , en projection horizontale, peuvent être taillées de deux manières diffé-

rentes. Suivant l'une, on peut supposer que la face extérieure dm se trouve parallèle et semblable à la face opposée en contact avec le dôme; suivant l'autre, on peut la supposer, au contraire, dirigée suivant nb , c'est-à-dire perpendiculairement à la ligne d'about aV du long pan du comble droit.

De ces deux manières, et notamment dans les combles de peu d'importance, on préférera la deuxième, parce que, dans cette hypothèse, le côté latéral intérieur de la branche peut être délardé en droite ligne, ce qui, en diminuant, à la vérité, la force du noulet, facilite beaucoup son exécution, et principalement l'assemblage de l'empanon o , qui vient s'y fixer par le bas et suivant une face de contact plane.

Dans le rabattement opéré suivant le sens latéral du comble droit, les branches sont représentées par la figure $p q$, et s'obtiennent, ainsi que le lattis du dôme contre lequel elles sont appuyées, au moyen de la construction graphique indiquée par les figures 13 et 13 bis, pl. IX.

Maintenant, pour mettre l'ensemble du noulet en herse (fig. 13 bis), on le considèrera vu de face et rabattu suivant $dm k' b n$; on élèvera ensuite par les points extrêmes de chacune des arêtes des deux branches, les perpendiculaires $k' 1$, $k' 2$, etc., et on y portera les hauteurs verticales correspondantes.

Mais ces diverses opérations, au nombre de trois, ne donnant que les points extrêmes des branches, on en fera une quatrième pour déterminer, d'une manière plus exacte, la forme courbe qu'elles affectent : à cet effet, on supposera une section hori-

zontale passant par rs (fig. 15) ; le plan de cette section coupera les branches du noulet, et, par conséquent, ses arêtes, en des points tels que ceux qui sont projetés horizontalement en r et en s .

Dans la herse (fig. 15 *bis*), ils seront r', s' , et ils appartiendront aux courbes correspondantes. Si donc, par ces points et par ceux qu'on a précédemment obtenus, on fait passer les lignes $r' 1$ et $s' 2$, on aura les courbes cherchées, suivant leur véritable grandeur. En outre, nous ferons remarquer que ces courbes doivent être des portions de cercle décrites avec des rayons égaux à ceux dont on s'est servi pour tracer le rabattement latéral gf du lattis du dôme, puisqu'elles doivent avoir la même courbure que celui-ci. Enfin, les épaisseurs des branches sont représentées en herse par les parallèles 1 3, et 2 4 : l'on voit aussi l'angle suivant lequel chacune d'elles se trouve coupée en ses extrémités.

Cône droit rencontré par un comble à surfaces planes formant croupe

Cette intersection donnera deux courbes qui se réuniront en un point commun a (fig. 16, pl. IX) : l'une ab sera l'intersection du long-pan avec le cône ; l'autre ac sera celle du plan de la croupe, également avec le même cône. Si l'inclinaison des plans coupants est la même, comme dans la figure 16, les courbes seront semblables. Dans le cas contraire, elles différeront ; mais le moyen de les obtenir ne changera point pour cela.

Nous ferons encore remarquer que, dans la

figure 16, l'inclinaison du cône étant plus grande que celle du plan du comble droit, chaque courbe d'intersection sera une portion d'ellipse.

Pour déterminer ces courbes (ou l'une d'elles seulement, puisqu'elles sont semblables), en projection horizontale et en herse; de plus, pour obtenir la forme de la pièce de bois correspondante, qui est une branche du noulet, il faut avoir les données suivantes : la base du cône (fig. 16 bis) ou la sablière $c b d c'$, sur laquelle s'appuient les chevrons; son sommet s ; son inclinaison $s' b$ en projection verticale; l'épaisseur $e f$ de son lattis; celle $g s$ du lattis du comble droit; l'inclinaison $a k$ de ce dernier; enfin les projections horizontale et verticale $s o$ et $s' o'$ de la génératrice du cône (fig. 16), qui correspond au point de rencontre a des deux courbes $a c$ et $a b$ de la figure 16, ou, si l'on veut, à l'intersection de l'arête commune des faces du long pan et de la croupe.

S'il s'agit de déterminer la courbe $c a$ (fig. 16), ou la branche du noulet qui y correspond, on abaissera d'abord, par les points k et s (fig. 16 bis), les perpendiculaires $k c$, $s n$: ces perpendiculaires rencontreront les courbes $c d$, $c b$, en des points c , c' , m , n , et ces points seront ceux où les arêtes du noulet viendront aboutir à la sablière. On mènera ensuite, par le point a , une autre perpendiculaire $a a'$, qui, par son intersection avec la génératrice $s o$, donnera le point a' , correspondant au point a dans la figure 16 : ce sera, par conséquent, l'extrémité de l'intersection ou de l'arête supérieure de la branche droite du noulet. Si donc l'on mène par ce point, et par le point c , situé sur la sablière,

la courbe ac , on aura la projection horizontale de cette arête.

Cependant, comme deux points ne suffisent pas pour tracer une courbe, il est indispensable d'en déterminer un troisième, et souvent même un quatrième. A cet effet, on répètera l'opération ci-dessus au moyen de nouvelles génératrices sp , sq , qui donneront, en opérant comme pour la première, les deux points p' et q' , qui appartiendront également à la courbe dont il s'agit.

Quant aux trois autres courbes formant avec ac les quatre arêtes de la branche du noulet, on les obtiendra par une marche analogue à la précédente. On peut même encore employer, pour arriver au même résultat, la méthode des sections horizontales, comme nous l'avons fait lorsqu'il s'est agi des figures 13 et 13 bis.

Ces sections sont représentées par des portions de cercle U , V , en projection horizontale pour chacune d'elles, et en projection verticale par des lignes droites U' , V' ; mais il est bon de remarquer qu'en projection horizontale, chaque intersection donnera deux cercles qui indiqueront l'épaisseur du lattis du cône, tandis qu'en projection verticale, ces deux cercles se confondront.

Quant au rabattement ou herse de la branche du noulet, dont l'objet est d'en déterminer la véritable longueur et la courbure, voici comment on l'effectuera : on reportera la ligne ck' en $c'k^2$, parallèlement à elle-même; par les points c , c' , n , m , a' , etc., de la projection horizontale, on élèvera sur $c'k^2$, les perpendiculaires nn' , cc' , $a'a^2$, etc., et l'on y portera les longueurs correspondantes situées dans

la projection verticale (fig. 16 bis); c'est-à-dire que, pour avoir le point a , on portera ka , de x en a^2 ; et pour avoir le point n' , on portera d'abord kg de k^2 en g^2 , d'où menant ensuite $g^2 n'$ parallèle à $h^2 c'$, on aura, par son intersection, avec $n n'$, le point n' pour celui qui est situé en n .

Enfin, pour obtenir d'autres points de la courbe, tels que ceux qui sont indiqués par les numéros 2, 3, 4 et 5, on suivra le même procédé.

Comble conique rencontré par un mur circulaire, tel que celui d'une tour ronde

La courbe d'intersection, comme nous l'avons dit au commencement de ce chapitre, sera à double courbure; mais en projection horizontale, elle sera une portion de cercle.

Soient donc $abcd$ (fig. 17, pl. IX) la base d'un mur circulaire; o son centre; la figure 17 bis sa projection verticale; s, s' les projections du sommet du cône rencontré par ce mur; enfin, so et $s'o'$ les projections de la génératrice correspondante au point o , et indiquant en outre son inclinaison.

Si, par les points b et c , on élève les perpendiculaires $bcef$, on aura, par leur rencontre avec $s'o'$, les points ef , qui seront les extrémités de la courbe cherchée en projection verticale. Pour avoir un troisième point intermédiaire de cette courbe, on mènera une génératrice du cône en un point quelconque g de sa base : cette génératrice sera $s'g'$ en projection verticale, et elle rencontrera le mur en un point projeté suivant hh' qui appartiendra à l'intersection du cône et de la tour. Ainsi, en me-

nant une courbe par les trois points f, h', e , on aura la projection verticale demandée.

Ouvertures pratiquées dans les combles

Les ouvertures qui se pratiquent le plus ordinairement dans les combles, sont les *lucarnes* et les *trémies*; on appelle ainsi les ouvertures destinées à donner passage aux tuyaux de cheminée.

Les *lucarnes* servent à éclairer les greniers, c'est-à-dire l'espace compris sous le toit : ce sont de petites fenêtres élevées sur le lattis des longs pans ou des croupes.

Il en est de diverses espèces. Mais nous ne parlerons ici que de celles qui sont le plus en usage; cependant, on trouvera, dans le Vocabulaire placé à la fin de cet ouvrage, plusieurs autres détails sur les différentes formes qui leur ont été données jusqu'à ce jour.

Les lucarnes dites à la *capucine* (fig. 28, pl. V) sont couvertes en croupe de comble; elles se composent de deux montants verticaux a , assemblés dans une plate-forme b , ou dans deux chevrons c , auxquels on donne, à cet effet, plus de force qu'aux autres chevrons, et qui prennent le nom de *chevrons de jouée*; d'une traverse d , parallèle au faîtage, et assemblée dans les montants; de deux *sablières de jouée* e , menées chacune suivant la direction d'un plan vertical perpendiculaire à la face du bâtiment, et assemblées d'une part sur la traverse, et de l'autre dans les chevrons de jouée.

On voit que ces deux pièces, ainsi que la traverse, servent de plate-forme au petit comble de la lu-

carne formant croupe. Celui-ci est composé de deux arêtiers, d'empanons de croupe et de long pan, de chevrons, sans poinçons ni entrails, qui s'assemblent par le haut, et sur lesquels on place la couverture.

La construction de ces lucarnes ne présente, comme on le voit, aucune difficulté. Dans les combles composés de surfaces planes, elle rentre dans le cas d'un petit comble pénétrant la face d'un plus grand, et le raccordement se fait au moyen d'un noulet *ff*, posé sur ce dernier, et dont les branches sont des morceaux de chevrons délardés en biseau; mais, dans les combles composés de surfaces courbes, leurs intersections rentrent dans les différents cas développés précédemment.

Les figures 29, 30 et 31 (pl. V) représentent trois autres manières de former les lucarnes.

La première est une lucarne à la *demoiselle*, vue de face et de profil; on la voit aussi dans la figure 15.

La seconde est une lucarne rampante; et la troisième enfin, une lucarne bombée.

Les trémies destinées à donner passage aux tuyaux de cheminée rentrent dans le cas des ouvertures carrées pratiquées pour l'établissement des lucarnes. Lorsque l'ouverture est plus large que l'intervalle qui existe entre deux chevrons, le chevron que l'on coupe s'assemble dans une pièce transversale portée par les chevrons adjacents.

Mais souvent il arrive qu'on est dispensé d'agir ainsi, les tuyaux de conduite pouvant, presque toujours, passer entre les chevrons.

CHAPITRE XI

Construction des Hangars

SOMMAIRE. — I. Charpentes et hangars de grande dimension. — II. Charpente d'arcs courbés sur leur plat.

I. CHARPENTES ET HANGARS DE GRANDE DIMENSION

Charpente du hangar du chantier de Rochefort

La figure 10 (pl. XI) est une coupe en travers de la vieille forme du chantier de construction du port de Rochefort, et du hangar en bois de sapin qui la recouvre.

Voici la nomenclature des pièces qui composent la charpente de ce hangar, ainsi que les dimensions de quelques-unes :

- | | | |
|---|---|------------------------|
| <i>a.</i> Potelets ayant | 0 ^m 30 sur 0 ^m 25) | En trois pièces |
| <i>b.</i> Blochets . . . | 0 ^m 30 0 ^m 25) | seulement, |
| <i>c.</i> Sablière . . . | 0 ^m 32 0 ^m 20) | tout en bois de chêne. |
| <i>d.</i> Courbes composées de deux pièces accolées de 3 mètres de longueur, à joints recouverts. | | |

L'épaisseur totale des deux pièces est de 44 centimètres, et la largeur, mesurée suivant le rayon, est de 27 centimètres. Elles ne sont liées que par des boulons.

- e.* Moises pendantes doubles, ayant chacune 22 centimètres de largeur sur 10 centimètres d'épaisseur.

Les boulons ont, par conséquent, 64 centimètres entre tête et écrou.

Les arbalétriers ont	0 ^m 30	sur	0 ^m 20
Les pannes	0 ^m 22		0 ^m 16
Le faitage.	0 ^m 27		0 ^m 20

Ce faitage est lié au bas des poinçons d'une ferme à l'autre, par des croix de Saint-André, de 25 sur 17 centimètres.

Charpente de la salle Saint-Jean (ancien Hôtel-de-Ville de Paris)

La charpente que représente la figure 11 de la planche XI, a été exécutée en 1823, pour la fête que la ville de Paris a donnée au duc d'Angoulême, au retour de la campagne d'Espagne; elle est destinée à couvrir une salle de 32^m50 de longueur sur 19^m50 de largeur.

Cette charpente a été construite par M. Dabrin, sur les dessins de M. Molinos, architecte de la Ville.

Charpente du Marché Saint-Germain à Paris, exécutée sous la direction de MM. Blondel et Lussou, architectes de la Ville.

La figure A, planche XIII, représente une des fermes du marché ci-dessus désigné, et dont le système réunit à la fois la force et la légèreté. Elle est en chêne et supporte la couverture en tuiles creuses de quatre corps de bâtiments, formant entre eux un rectangle de 92 mètres de longueur sur 75 mètres de largeur.

Les fermes ont une largeur constante de 14^m 05 hors d'œuvre, sur une hauteur de 4 mètres. Elles sont espacées entre elles de 4^m 05. Les entrails ont une portée de 13^m 05 ; ils sont composés de trois pièces assemblées à trait de Jupiter aux points *c* et *d*, où sont placées les moises pendantes *a c* et *b d*. Ils ont 20 sur 26 centimètres d'équarrissage, ainsi que les faux entrails.

Dans les fermes d'angle, les entrails qui ont 20 mètres de longueur, ont 22 sur 26 centimètres, et sont également composés de trois pièces assemblées à trait de Jupiter. Enfin, les arbalétriers ont 20 sur 24 centimètres d'équarrissage.

Quant aux autres parties de la charpente, elles sont cotées sur la figure B, qui représente une demi-ferme de croupe, à une échelle assez grande pour qu'on puisse y distinguer les assemblages principaux et l'emplacement des boulons.

Hangar en bois exécuté à Cherbourg

Les figures cotées 12, planche XI, représentent un hangar en bois projeté par M. le baron Cochin et exécuté à Cherbourg. Ce bâtiment est composé de trente travées semblables à celles qui sont indiquées au plan. Sa longueur totale est de 276 mètres et sa largeur de 34^m 25. Les piliers sont en granit. La charpente est exécutée partie en bois de chêne et partie en bois de sapin. La couverture est en ardoises du pays.

A est la partie centrale destinée au dépôt des bois ; et *a, a, a* sont trois appentis pour les ouvriers.

Quant aux dimensions de l'équarrissage de diverses pièces, elles sont ci-après détaillées :

1^o *Pièces en sapin.*

Arbalétriers, entrants et sous-poutres des fermes transversales	0 ^m 20 à 0 ^m 28
Longuerines	0 ^m 20 à 0 ^m 25
Croix de Saint-André	0 ^m 16 à 0 ^m 20
Pannes	0 ^m 14 à 0 ^m 20

2^o *Pièces en chêne*

Poutres et pièces moisées des fermes transversales; poutres, sous-poutres, contre-fiches et pièces des moises des fermes longitudinales	0 ^m 20 à 0 ^m 25
Pièces formant les poteaux verticaux destinés à supporter le comble su- périeur	0 ^m 20 à 0 ^m 30

II. CHARPENTE D'ARCS COURBÉS SUR LEUR PLAT

Nous avons indiqué, dans la première édition de ce petit traité, l'usage qu'on pourrait faire d'arbalétriers courbes formés de pièces assujetties les unes sur les autres, maintenues par des moises et serrées par des boulons, etc., mais nous ignorions que ce genre de charpente avait été mis à exécution, en 1825, dans la construction d'un pont à Eclisaw, en Suisse, par M. Stadler, maître charpentier de Zurich, et dont la description se trouve dans l'*Art de bâtir*, de Rondelet, page 103 du tome III, et vers le même temps dans la construction de grandes fermes, par M. Emy, directeur du génie militaire.

L'application faite par M. Emy nous paraissant

fort ingénieuse, nous allons la faire connaître. Chaque ferme est composée d'un système d'arcs formés de madriers courbés sur leur plat, dans lesquels les bois sont employés dans toute leur longueur. D'après des expériences faites sur la résistance de cette charpente, elle a toute la solidité et autant d'élégance que celle à la Philibert Delorme, et elle a sur celle-ci l'avantage de diminuer encore la consommation du bois et d'exiger moins de main-d'œuvre.

Nous avons vu que les hémicycles de Philibert Delorme sont composés de planches courbes posées de champ; les arcs de M. Emy, au contraire, sont faits de madriers longs et étroits, superposés les uns sur les autres, comme les feuilles d'un ressort de voiture, et courbés sur leur plat par leur flexibilité seule.

Voici la description que l'auteur donne de son système (1) :

« Chaque ferme de la charpente du hangar de Marac, près Bayonne, est composée (fig. 9, pl. XII) d'un arc en demi-cercle de 20 mètres de diamètre, de deux jambes de force verticales, de deux arbalétriers, de deux aisseliers et d'une petite moise horizontale tangente à l'arc et formant entrant; 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 résident la force et les autres avantages de cette charpente.

(1) *Description d'un nouveau système d'arcs pour les grandes charpentes, exécutés sur un bâtiment de 20 mètres de largeur, etc.*, par A. R. EMY, 1828, un cahier in-folio.

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 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 détails de ces assemblages se trouvent planche 12.

« Les jambes de force sont éloignées des murs de 10 centimètres, 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 poussée : 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 point 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'ils s'opposent avec une grande force à leur re-

dressement. Dans un arc de cinq feuilles et de 20 mètres d'ouverture, le développement 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 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-entrait. Leur combinaison avec l'arc et les moises normales compose un réseau aussi invariable que le permet la flexibilité des bois et le jeu des assemblages; mais dans ce système, et notamment dans la charpente du hangar 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, 43 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 répond à un autre joint 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 centimètres.

« Les fermes sont entretenues à la distance de 3 mètres, de milieu en milieu, par des moises liernes horizontales qui embrassent les moises n° 4, par le faite et la moise sous-faite, et enfin par les pannes ».

Les conditions que l'auteur s'est imposées, en construisant la charpente du hangar de Marac, sont : 1° qu'elle 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.

Pour éprouver les forces d'une ferme, on la chargea d'un poids de onze mille kilogrammes, ce qui dépassait de plus d'un quart le poids de la partie du toit qu'une ferme doit supporter, sans qu'on s'aperçût d'aucun dérangement de tout le système.

Une charpente du même genre a été exécutée pour le manège de Libourne, qui a 21 mètres de largeur sur 48 mètres de longueur ; mais comme on n'était pas soumis à la condition d'annuler entièrement la poussée contre les murs, dont l'épais-

seur était très grande, on a apporté quelques modifications qui ont encore simplifié le système de charpente, et qui ont permis d'espacer les fermes à des distances cinq fois plus grandes que dans le système de Philibert Delorme, ce qui procure une économie de plus de moitié sur le cubage du bois, et une dépense moins grande de main-d'œuvre.

Enfin, dans la comparaison des surfaces des joints, entre les arcs de M. Emy et les hémicycles de Philibert Delorme, on trouve que pour les premiers cette surface n'est que le double de l'équarrissage d'un arc; tandis que, dans les autres, la somme des joints est égale à vingt-cinq fois la surface de l'équarrissage d'un hémicycle.

M. Emy a fait plusieurs projets de charpente pour des combles de 40 et 100 mètres de largeur; ils sont présentés dans son ouvrage avec beaucoup de clarté et de développement, ainsi que la discussion des avantages de son système sur les autres systèmes en usage, et nous ne pouvons qu'engager nos lecteurs à le consulter.

La figure 1 de la planche XII représente l'élévation du sommet de la ferme de la figure 9, et la coupe suivant la ligne CD de la figure 2.

La figure 2 est la coupe suivant la ligne EF de la figure 1, et l'élévation du faite et des croix de Saint-André.

La figure 3 est la coupe d'une ferme suivant la face GH de la moise n° 9 de la figure 1.

La figure 4 est la coupe d'une ferme suivant la face IJ de la moise n° 8 (fig. 1).

La figure 5 est la coupe d'une moise suivant le joint longitudinal KL d'un arc (fig. 1 et fig. 8).

La figure 6 est le bout d'une moise suivant la ligne MN (fig. 1 et fig. 8).

La figure 7 est la coupe d'un arc suivant la ligne OP (fig. 1), et le détail d'un lien en fer.

La figure 8 est l'élévation d'une des naissances de la ferme de la figure 9, comprenant les moises n^{os} 1 et 2, ainsi que le profil du mur et des cases qui reçoivent les bouts de ces moises.

CHAPITRE XII

Construction des Cintres

SOMMAIRE. — I. Cintres en bois. — II. Charpentes en fer à grande portée.

I. CINTRES EN BOIS

Les cintres sont des espèces de fermes (pl. IX, fig. 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 et 24) analogues à celles qu'on emploie dans les combles, et dont on fait usage, comme moyen d'exécution, dans la construction des voûtes : leur objet principal est de maintenir les voussoirs immobiles après leur pose, jusqu'à ce que la voûte qu'ils doivent former.

par leur réunion puisse être abandonnée à elle-même.

La forme, ainsi que le degré de solidité qu'il convient de donner aux cintres, doit varier selon la courbure de la voûte et suivant la nature des matériaux. Les plus simples sont composés de deux ou trois épaisseurs de planches clouées ou chevillées ensemble, que l'on coupe suivant une courbe concentrique à l'intrados de la voûte, ou qui présentent, par leur disposition, la forme d'un polygone très rapproché de cette courbe, que l'on achève ensuite au moyen de morceaux de bois délardés suivant la courbure qu'on veut avoir, et qu'on applique sur les côtés du polygone. Mais, lorsqu'ils sont formés ainsi, c'est-à-dire par des planches, ils ne peuvent supporter que des voûtes légères.

On donne ordinairement aux planches autant de pouces de largeur et autant de lignes d'épaisseur que la voûte a de pieds de diamètre. Dans les murs ordinaires, et pour la construction des portes et croisées cintrées, deux cintres suffisent.

Pour les grandes voûtes des caves de magasins, d'arches de ponts, etc., on est toujours obligé d'en établir de distance en distance, pour recevoir les planches ou les madriers qui servent à former le lit de l'intrados de la voûte. Le *maximum* de l'écartement est de 1^m 65.

Ce qui a été dit à l'article *Comble*, concernant la disposition des pièces qui composent les fermes, peut également s'appliquer aux cintres. Seulement, nous ferons remarquer que la position du faux-entrait doit être déterminée, dans certains cas, sui-

vant une considération qui est particulière aux voûtes.

Mais, avant d'entrer dans des détails à cet égard, nous décrirons d'abord quelques-uns des cintres représentés par leur moitié à la planche IX, afin de fixer, avant tout, les idées sur les diverses manières dont on peut les combiner.

La figure 17 est un cintre entier, dont l'entrait *a* est placé, ainsi que cela se pratique presque toujours, à la hauteur de la naissance de la voûte, et dont l'objet est de soutenir les autres pièces de bois dont le cintre est formé. Ces pièces sont un poinçon *b*, deux fiches *c*, et les courbes *d*, formant arbalétriers : elles sont destinées à recevoir les couchis ou madriers *e*, sur lesquels doivent poser les pièces de la voûte. L'entrait est soutenu par trois poteaux *f*, qui sont assemblés, par leur pied, dans une autre pièce, placée sur le sol, et que l'on nomme *sablère*. Il n'est pas toujours indispensable de donner aux pièces *f* une direction verticale : on peut, si on le veut, les incliner, comme l'indique la figure, excepté, cependant, celle du milieu : dans cette position inclinée, elles prennent le nom de *jambe de force*.

La figure 18 est, ou peut être, d'une plus grande dimension que la précédente, attendu que, indépendamment de la fiche *c*, on y a ajouté une contre-fiche *o*. Du reste, elle est composée des mêmes pièces que celles qui sont dénommées ci-dessus.

La figure 19 est un cintre qui a, de plus que les premiers, deux arbalétriers sur lesquels sont appuyées les fiches et contre-fiches *c*, *o*, tendant au centre de la courbe. Ce cintre convient principale-

ment, comme ceux dont nous venons de parler, à la construction des arcades, et son entrain doit être également soutenu par des poteaux.

La figure 20 représente un cintre surbaissé, propre à la construction des caves : il est formé des mêmes pièces que celui de la figure 18, dont il ne diffère que par la courbe. Les jambes de force *f* servent à soutenir l'entrait dans son milieu. Lorsque les voûtes sont construites en maçonnerie légère, telle qu'en briques, on peut se contenter de placer sur les courbes des planches presque jointives, au lieu de madriers, ainsi que l'indique la figure 20.

La figure 21 est un autre cintre, en ogive, composé d'un entrain *a* et d'un faux-entrait *h*, dont la position est déterminée par la ligne *p q*, menée du point *q* au point *z*, par lequel on fait passer la face supérieure du faux-entrait. Ce faux-entrait *h* est buté par les jambes de force *i*, dont les bouts sont contre-butés par un renfort, qui double le faux-entrait dans cette partie : celui-ci supporte un poinçon *b*, et deux fiches *c* perpendiculaires à la courbe. Les jambes de force *i* sont reliées aux autres pièces du cintre par les moises *k*, dirigées vers le centre de la courbe correspondante, et dans lesquelles sont assemblées les fiches *l*.

Dans la construction des voûtes en pierres de taille et de moyenne grandeur, on peut employer les cintres dont nous venons de parler ; mais, lorsqu'elles sont d'une plus grande ouverture, telle que celle des arches de ponts, etc., il faut les combiner en conséquence, et ainsi que nous en offrons quelques exemples par les figures 22, 23 et 24.

Mais avant d'indiquer la manière de les former, nous ferons remarquer, afin de revenir à ce que nous avons dit plus haut concernant le faux-entrait, que, lorsqu'on a posé un certain nombre de voussoirs, il arrive que le cintre se trouve comprimé par les flancs de manière à le déformer. L'emplacement de ce faux-entrait est déterminé, dans la pratique, par le point où les voussoirs commencent à avoir une poussée assez marquée pour tendre à faire naître cet inconvénient.

Or, l'expérience a prouvé que les voussoirs posés de m jusqu'en n (fig. 23), c'est-à-dire jusqu'à ce que l'angle nom ait 30 degrés d'ouverture avec l'horizon, n'exercent que très peu de pression vers le centre o , mais que, passé ce point n , et vers le centre du cintre, si les pierres n'étaient pas maintenues, elles glisseraient, parce que le frottement sur les surfaces de joint ne suffirait plus pour les fixer entre elles. C'est donc là que le cintre en bois commence à supporter un grand poids (et à la rigueur, ce ne serait qu'en ce point que le cintre deviendrait nécessaire), et qu'il faut en augmenter la force.

Les praticiens ont fixé l'emplacement de l'entrait au point P : alors les joints ont une direction de 45 degrés avec l'horizon. Ils ont adopté cette limite pour toutes les espèces de voûtes, ce qui revient à placer l'entrait à la moitié du demi-cintre circulaire, et aux deux tiers pour les ogives.

Les figures 22 et 23 représentent deux cintres différents par leur construction. Le premier se compose de polygones inscrits l'un dans l'autre ; le second a un faux-entrait.

Ce dernier doit être préféré comme étant mieux disposé pour résister à la pression de la voûte, ce qui est rendu évident par la décomposition des forces. Il est formé d'un entrain *A* ; d'un faux-entrait *h* ; d'un poinçon *b* ; d'une jambe de force *c* pour soutenir la portée du faux-entrait ; d'une contre-fiche *d* placée dans le prolongement de la jambe de force et destinée à buter le poinçon *b* ; d'une doublure ou renfort *e* placée sous le faux-entrait pour contre-buter en même temps le poinçon et la jambe de force *c* ; d'un poteau, soutenant l'extrémité du faux-entrait ; enfin de moises *k*, servant à maintenir les autres pièces.

La figure 24 est un cintre surhaussé, construit de la même manière que le précédent, dont il ne diffère que par les deux moises placées dans la partie inférieure. Lorsque le cintre est surbaissé, on peut lui donner plusieurs fiches dans la partie supérieure, ainsi que l'indique la figure 20, et seulement une moise dans la partie inférieure.

Les cintres dont nous venons d'indiquer la construction sont encore susceptibles d'être exécutés différemment, soit en les modifiant, soit en les combinant entre eux, suivant les circonstances particulières qui peuvent se présenter dans la construction des voûtes.

II. CHARPENTES EN FER A GRANDE PORTÉE

Depuis déjà quelque temps, les architectes chargés de la couverture de bâtiments de grande étendue ont pris l'habitude d'utiliser le fer et la fonte dans la combinaison des charpentes, et ils ont

réussi à remplacer avantageusement et économiquement des pièces de bois principales par des pièces équivalentes en fonte ou en fer (1).

Ces pièces ainsi mélangées et combinées avec d'autres pièces en bois, doivent avoir, comme celles-ci, à résister à des efforts de traction et de pression qui varient évidemment avec la position particulière occupée par chacune d'elles. On y emploie aussi, et l'usage s'en répand de plus en plus, des supports, des consoles et des piliers en fonte combinés avec des poutres et des solives, dont les assemblages et les combinaisons doivent souvent à l'emploi du fer une élégance que n'avaient jamais les vieilles charpentes, dans lesquelles pourtant les ouvriers d'autrefois dépensaient tout ce qu'ils pouvaient avoir de force et de hardiesse dans l'imagination.

Nous avons vu précédemment, dans le chapitre VIII, l'usage que l'on fait aujourd'hui du fer dans la construction des planchers, des séparations ou pans, et des combles; nous nous proposons de parler ici de l'établissement des cintres en fer à grande portée. Les bornes de cet ouvrage ne nous permettent pas de faire autre chose sur ce sujet que de résumer ce qui se trouve en détail dans les grands ouvrages : celui de M. le colonel Emy renferme tout ce qu'on peut désirer savoir à ce sujet : il devrait être dans la bibliothèque municipale de toutes les villes qui sont désireuses d'avoir de bons charpentiers dans leurs murs.

« Les pièces de fer, dit M. Emy, qui sont em-

(1) Nous renvoyons le lecteur au chapitre VIII de ce volume, qui traite de l'emploi du fer dans les constructions.

ployées pour résister à des efforts de pression, ne peuvent être que rarement employées dans les parties élevées des charpentes, à moins qu'elles ne soient fort courtes ou qu'elles ne présentent une résistance suffisante sur de petites grosseurs; autrement, si ces pièces devaient avoir de fortes dimensions, elles introduiraient dans les charpentes des poids considérables qui nuiraient à l'économie du système. La fonte de fer n'est ordinairement employée, dans les pièces constituantes des charpentes, que pour former des appuis verticaux. Le fer forgé pourrait être employé dans le même but; mais il y a avantage pour la force et économie dans la dépense à lui préférer le fer coulé ».

Quand il s'agit de pièces qui doivent résister à des tractions, le fer a été substitué au bois depuis quelques années avec un grand succès. Nous allons indiquer ici plusieurs heureux exemples de cette substitution.

Charpente des forges de Rosières

La figure 2 de la planche XVIII représente une des doubles fermes du comble couvrant la halle des hauts-fourneaux de Rosières, près de Saint-Florent, département du Cher, construit par A. Ferry. La figure 3 (même planche) est la projection d'une partie de la ferme sous-faite.

Dans chaque ferme de cette charpente, le tirant est remplacé par une tringle ronde en fer forgé, soutenue en son milieu par une autre tringle verticale très déliée, attachée au poinçon.

Deux systèmes de fermes doubles suffisent à

l'étendue du tout ; elles sont écartées de 4 mètres, et chaque système est soutenu dans le milieu de l'étendue de sa portée, au-dessus de la sablière commune, par une colonnette en fer coulé, qui reçoit les eaux des deux égouts des toits, pour les conduire dans un aqueduc passant sous la halle, et dont on voit la coupe sous la colonnette, dans la figure 2.

Le remplacement d'un lourd entrain par une tringle, et la forme élevée de ces doubles fermes qui laissent l'air et le jour circuler librement, donnent à peu de frais une apparence d'étendue et d'élégance que cette halle n'aurait pas avec une charpente ordinaire.

L'inclinaison des plans du toit est celle en usage dans le pays ; on a voulu que les contre-fiches et les sous-arbalétriers formassent une portion de polygone régulier. Voici la construction pour arriver à ce résultat :

La ligne ab représente l'inclinaison du toit tracée sur une plaque quelconque de l'épure de la ferme ; la verticale mn marque la position du parement inférieur dans les murs ; par un point quelconque p , de la droite ab , on a tracé une perpendiculaire qui détermine le point c sur la verticale cb . On a fait pa égal à pb , et la ligne ca prolongée, en rencontrant l'axe vertical mn , a déterminé le rayon co du cercle $oxyz$, dont la division en trois parties égales donne les extrémités des cordes ox , xy , yz qui sont prises pour lignes du milieu des contre-fiches et des arbalétriers.

La démonstration de cette construction et le détail des autres parties de la combinaison du bois

de cette charpente sont si simples, qu'il ne nous paraît pas nécessaire de nous y arrêter.

La figure 6 est en projection horizontale sur une échelle quintuple de celle de la figure 2, le détail d'une des attaches d'une tringle tirant aux moises-blochets, qui saisissent un arbalétrier et une contre-fiche basse. La bride est fixée par des boulons à la moise-blochets; elle est percée d'un trou rond qui répond au milieu du vide laissé entre les deux parties de chaque moise; ce trou reçoit la partie cylindrique de l'écrou de tête représenté carrément fig. 6; c'est sur la partie hexagonale de cet écrou qu'on applique d'une main l'effort d'une clef, tandis que de l'autre main, avec une autre clef, on maintient le prisme hexagonal, afin d'empêcher la tige de tourner pendant qu'on visse l'écrou pour attacher la tringle ou pour lui donner la tension qu'elle doit avoir.

Les colonnettes reçoivent les contre-fiches basses qui leur correspondent dans une boîte coulée d'un seul jet avec elles, comme leurs chapiteaux, leurs bases et les tuyaux qui traversent les bornes servant de piédestaux. D'autres boîtes en fer coulé sont scellées dans les murs, pour donner appui aux autres contre-fiches basses qui s'appuient à ces murs.

La figure 4 est le plan général de l'usine, comme la figure 1 en est l'élévation. L'échelle de ces figures est un $1/8$ de celle des figures 2 et 3.

Charpente en fer du colonel Emy

En cherchant quelle extension on pourrait donner à l'emploi du fer dans les charpentes, j'ai été

conduit, dit l'habile professeur Emy, au système représenté fig. 10', pl. XVIII, dans lequel de grandes tringles en fer servent de tirants qui s'opposent à l'action de la poussée du comble; ces tringles saisissent les pieds des arbalétriers et les attachent au poinçon en bois, qui pourrait aussi être une tringle en fer.

Pour que les tringles aient à résister chacune à un moindre effort, et qu'on puisse y employer du fer rond d'un petit diamètre, au lieu d'une seule tringle de chaque côté, j'en ai établi trois rangs parallèles dans la hauteur de la charpente, et dans chaque rang les tringles sont jumelles. Elles saisissent les arbalétriers, les contre-fiches et le poinçon sur leurs faces de parement.

Ce que mon système présente de particulier, c'est que j'ai fait servir les tringles en même temps pour résister à la poussée du comble et pour s'opposer à la flexion des arbalétriers, en leur combinant d'autres tringles, inclinées en sens inverse par des nœuds qui donnent appui aux contre-fiches sur les pannes.

Le bâtiment devant avoir 16 mètres de largeur dans œuvre, et la hauteur devant être le tiers de la base, j'ai pris de chaque côte le point de gorge de l'assemblage des arbalétriers avec les blochets à plomb au-dessus du parement intérieur du mur; la hauteur, au-dessus de la ligne aa est le tiers de cette ligne, et la ligne ab marque le dessous de l'arbalétrier $a'b'$, parallèle à ab .

Le point f du poinçon est pris au-dessus du point e aux $\frac{2}{5}$ de la ligne cb . Les lignes $a'f$ marquent les positions des premières tringles, et la

rencontre de ces lignes avec la ligne du milieu de l'épaisseur des arbalétriers, a marqué sur chacun d'eux le point principal d'attache *a'* de la tringle à l'arbalétrier, de même que le point *f* marque le point principal d'attache commun aux deux tringles sur l'axe vertical du poinçon.

La division de la ligne *a' b'* du milieu de la face verticale de l'arbalétrier en cinq parties égales, détermine les positions des lignes de milieu des pannes, et de quatre contre-fiches sous chaque pan. Ces lignes de milieu ont à leur tour déterminé, par leur rencontre avec les premières tringles, les emplacements des autres tringles, inclinées en sens inverse des premières. On voit, sans qu'il soit besoin d'une longue discussion, comment les contre-fiches, soutenues par les tringles, s'opposent à la flexion des arbalétriers chargés de la pesanteur du toit par l'intermédiaire des pannes, et comment les mêmes tringles s'opposent ensemble à la poussée du comble.

Le bâtiment sur lequel cette charpente est bâtie a 25 mètres de longueur dans œuvre; le comble est divisé en huit travées par sept fermes écartées entre elles de 3^m14 de milieu en milieu; en sorte que leurs distances entre leurs faces de parement et les distances des faces de parement des deux fermes extrêmes, aux parements intérieurs des pignons du bâtiment, sont toutes égales à 2^m99; les fermes ayant toutes 15 centimètres d'épaisseur.

Les fermes sont portées sur des chaînes verticales en pierre de taille, qui affleurent les parements intérieurs des murs latéraux, et qui forment pilastre saillant de 1 centimètre à l'extérieur.

La figure 11' est un plan général de la halle; son échelle est $1/40$ de celle de la figure 10'. Les lignes ponctuées marquent les fermes.

La figure 12', dont l'échelle est $1/2$ de celle de la figure 10', est une projection de la ferme longitudinale ou de sous-faîte, qui fait voir les tringles horizontales, qui maintiennent les poinçons verticaux et empêchent leur oscillation.

Ces tringles, d'un très faible diamètre, ne sont pas placées exactement à la même hauteur, afin qu'on puisse serrer les écrous qui servent à leur donner la tension convenable.

Des croix de Saint-André, également en tringles de fer, fixées aux faitages et aux poinçons, soutiennent, par leurs nœuds, les petits poinçons intermédiaires qui soulagent les faitages; ces croix de Saint-André assurent aussi la stabilité de la charpente dans le sens longitudinal.

Les figures 1' et 2' sont, sur une échelle double de la fig. 10', des projections sur des plans verticaux rectangulaires, qui montrent le détail des deux étriers en fer réunis sur les deux faces du poinçon, par des bandes communes, et boulonnés sur ce poinçon et sur les arbalétriers, pour consolider l'assemblage des arbalétriers sur les poinçons, très important dans ce système.

La même figure montre le détail d'une des attaches des tringles jumelles, sur un poinçon.

La figure 3' est une projection de la face supérieure d'un arbalétrier.

La figure 4' est celle d'une de ses faces de parement. Ces deux figures, qui sont à une échelle double

de celle de la figure 10', montrent les détails de la ferrure par laquelle les tringles jumelles sont attachées aux arbalétriers.

Une pièce à deux branches est appliquée sur chaque face de parement de l'arbalétrier, et sur chaque face elle couvre, de ses bouts en rosettes, les rosettes qui terminent les deux tringles. Ces deux pièces sont elles-mêmes recouvertes, sur leur milieu, par les rosettes des bouts d'une bride *b*, qui embrasse le dessus de l'arbalétrier : trois boulons traversent cette ferrure, et le tout forme une attache très solide.

La coupe de l'arbalétrier (figure 5') fait voir le profil de la bride. Quoique le boulon qui traverse la bride soit marqué sur cette figure, les pièces, qui doivent être prises sous les rosettes de la bride, ne sont point figurées, pour ne pas introduire au dessin une complication inutile.

Les figures 6' et 7' sont deux projections du bout d'une des tringles d'une ferme, avec la rosette qui la termine.

Les figures 8' et 9' sont deux projections d'une des tringles formant croix de Saint-André, avec la rosette servant à son assemblage avec une autre tringle.

La figure 13' est sur la même échelle que la figure 10', elle montre deux projections des pièces servant à l'attache des tringles jumelles des deux côtés de chaque arbalétrier, concurremment avec une bride, comme celle de la figure 3' qui embrasse l'arbalétrier. Trois boulons, comme dans toutes les autres ferrures, fixent cette attache.

Ce comble est couvert en ardoise ; l'équarrissage

des arbalétriers et du poinçon est de 15 centimètres sur 23 ; celui des contre-fiches est de 15 centimètres sur 15 ; le calcul m'avait donné (c'est toujours M. Emy qui parle) un peu moins de 18 millimètres pour le diamètre à donner aux tringles en fer, mais je l'ai porté à 19 millimètres. Le diamètre des petites tringles sous le faîtage est de 1 centimètre.

Si nous nous sommes ici presque aussi longuement étendus que l'auteur de la ferme en question, sur les nombreux détails de son exécution, c'est que nous ne pouvions donner beaucoup d'exemples des diverses méthodes actuellement usitées pour substituer le fer au bois dans les combles des édifices publics ou particuliers, et surtout, parce que le système ci-dessus décrit convient également à toutes sortes de portées : le nombre des contre-fiches variant d'ailleurs avec celui des pannes.

Les avantages qu'il a sur le vieux système de charpente sont :

1° De débarrasser les combles des tirants en bois, et, par conséquent, d'augmenter la hauteur dont on peut disposer dans les ateliers ;

2° De diminuer beaucoup la pesanteur des combles sur les murs ;

3° De produire une notable économie, vu la suppression des grands bois dans la composition de la charpente et la réduction de l'équarrissage de ceux qui sont conservés ;

4° De donner une très grande facilité de levage, attendu que les fermes doivent être montées horizontalement, au niveau des sablières, et qu'elles sont dressées très aisément, vu leur légèreté.

L'emploi des tringles jumelles donne le moyen de faire très facilement les remplacements qu'on jugerait nécessaires.

On pourrait donner aux contre-fiches une position verticale; ce qui du bas produirait un effet excellent à la vue, surtout si on a soin de les faire rondes en forme de balustres, et terminées par des ornements en cuivre à leur partie inférieure.

Charpente de la rotonde de l'ancien Panorama de Paris, par M. Hittorff

M. Hittorff, chargé de couvrir l'élégante rotonde de l'ancien panorama des Champs-Élysées, à Paris, y avait employé une voûte pyramidale à jour à 12 pans, en n'y employant que des tringles et des colonnettes en fer qui formaient douze demi-fermes tellement délicates qu'elles ne projetaient aucune ombre nuisible sur le vaste tableau qu'elles éclairaient en le recouvrant.

Pour donner aux arcs de charpente une très grande rondeur, M. le général Ardant a proposé de les couler en fonte, découpés à jour et de les faire reposer immédiatement sur les réticules intérieures des murs, en laissant toutefois le reste de la charpente en bois.

L'église de Saint-Dunstan, dans la Grande-Bretagne, a sa voûte octogonale avec une ouverture au sommet. Cette ouverture est portée par 8 arcs en fonte découpés pour leur allègement, et soutenant par leurs extrémités supérieures le contour du jour circulaire qui éclaire et couronne la voûte.

On rencontre également, dans le même pays, un assez grand nombre de fermes à grande portée dont les grosses pièces, telles que les arêtiers, tirants, faux-entrants, poinçons et jambettes, sont en fer coulé avec des nervures de renforcement. Nous avons donné sur la planche 19 deux échantillons différents (fig. M. et fig. N).

Les cotes, ainsi que les échelles, y sont en mesures anglaises; mais leur transformation en mètres ne présente aucune difficulté.

La figure M représente l'élévation d'une ferme en fer et bois établie à Nottingham, pour la couverture d'un atelier destiné à l'établissement d'une chaudière à vapeur : son ouverture est de 27 pieds anglais (1). Elle est simple et facile à transporter, étant composée seulement de trois pièces en fer coulé, savoir : deux espèces de fermes sur les côtés et entre elles deux un tirant, avec boulons et clavettes à chaque extrémité; le tout étant maintenu par un entrant en fer forgé. Les fermes ou pièces des côtés sont maintenues latéralement par des pannes ou ventrières en fonte, servant aussi à supporter les arbalétriers-chevrons qui sont en bois et disposés sur les sablières, comme le sont ordinairement les pièces en bois de ce nom.

La figure N représente une élévation de ferme en fer coulé existant aux forges de Butterley, où elle

(1) Le pied anglais, *foot* (prononcez *foùt*), 0^m30478.

Le pluriel de *foot* est *feet*, se prononce *fite* : 10 *feet* = 3^m0478, c'est-à-dire 3 mètres 48 millimètres environ.

Le ponce anglais *inch* (prononcez *intche*) vaut 2^{cm}539.

Le pluriel de *inch* est *inches* (prononcez *intchez*) : 10 *inches* = 25^{cm}39, c'est-à-dire 25 centimètres 39 centièmes.

recouvre l'atelier dans lequel les ouvriers sont employés à confectionner les modèles en bois pour les machines à vapeur et les autres machines importantes manufacturées dans cet établissement. Cet atelier a 34 pieds de large et 130 de long. La ferme qui le recouvre est presque entièrement composée de pièces en fonte, dont la figure indique la disposition par les détails qui y sont annexés. Les chevrons seuls sont en bois.

CHAPITRE XIII

Echafaudages et Etais

SOMMAIRE. — I. Echafaudages. — II. Etais et étaievements, étrésillons et étrésillonnements.

I. ÉCHAFAUDAGES

Les échafaudages sont des assemblages de bois de charpente, élevés au-dessus du sol, et dont on se sert momentanément pour faciliter la construction des bâtiments. Ils sont destinés à élever les

ouvriers, les matériaux, les outils et les machines.

On en distingue de deux espèces : les échafaudages *simples* et ceux *d'assemblages*.

Les premiers sont en usage pour les bâtiments ordinaires : ils sont quelquefois composés de chevaux sur lesquels on place des planches ; mais ordinairement ils sont formés au moyen de grandes perches verticales nommées *tendrières* ou *échasses*, placées parallèlement à 1 mètre ou 1 mètre 30 de distance des murs en construction, et dont le pied est enfoncé en terre et consolidé par des pierres que l'on fixe autour avec du plâtre ou du mortier.

L'espacement donné aux perches est de 2 à 3 mètres. Elles sont reliées entre elles par des traverses horizontales et longitudinales qui sont attachées par des cordes.

Ces traverses, placées à une hauteur où l'homme ne pourrait atteindre sans moyen d'exhaussement, ont pour objet d'arrêter le mouvement du système, et de porter d'autres pièces transversales appelées *boulins*, plus courtes et plus fortes, que l'on relie aussi, par un bout, aux perches avec des cordes, et qui sont fixées par l'autre bout dans le mur que l'on construit. On établit ensuite, sur ces traverses, des madriers pour former le plancher qui doit porter les matériaux destinés à la construction.

Les échafaudages s'établissent par étages placés les uns après les autres à mesure que le bâtiment s'élève.

Lorsque les perches ne sont pas suffisamment grandes pour atteindre le haut de la construction,

on les prolonge avec des liens, afin qu'elles puissent satisfaire à cette condition.

On rebouche les trous formés par les *boulins*, au fur et à mesure que l'on démonte l'échafaudage, ce qui se fait en commençant par la partie supérieure. Mais, lorsqu'on veut éviter de pratiquer des trous dans les murs, ce qui les dégrade toujours plus ou moins, et ce qui n'est quelquefois pas praticable lorsque, par exemple, ils sont formés en pierre de taille, on est obligé d'employer, pour soutenir les boulins, une double rangée de perches que l'on place alors le long du mur même ; ou bien encore de faire reposer ceux-ci sur les appuis des croisées, en les retenant alors intérieurement, selon que le permettent les locaux, afin d'empêcher que l'échafaudage ne se renverse.

On peut aussi, pour le cas dont il s'agit, en faire reposer quelques-uns sur les parties en saillie du mur, lorsqu'il y en a.

Les échafaudages d'*assemblages* sont ceux qu'on emploie pour les grands édifices, ils sont en charpente dont les pièces doivent avoir de 21 à 27 centimètres d'équarrissage, afin de pouvoir résister aux poids très pesants qu'ils ont quelquefois à supporter, tels que blocs de pierre, machine servant à élever les matériaux, etc. Ils se distribuent, comme les précédents, par étages, et sont formés de montants ou pièces de bois placées verticalement, enfoncées et scellées dans la terre, à 4 ou 5 mètres de distance du mur. On les fait aussi porter par des sablières étendues horizontalement sur le terrain.

Ces montants sont reliés entre eux par des

longuerines sur lesquelles portent des boulines ou solives qui doivent recevoir le plancher.

Pour donner plus de solidité à ces échafaudages, on peut relier les montants par des croix de Saint-André, disposées comme dans les pans de bois. On peut aussi consolider l'ensemble au moyen de décharges, liens, contre-fiches, etc. ; mais, autant que possible, on doit éviter d'employer une trop grande multitude de pièces, toujours nuisible à la libre exécution des travaux. En bonne construction, un échafaudage doit être simple, solide et proportionné en tout à l'usage auquel on le destine. Les diverses pièces qui le forment peuvent être moisées, ou assemblées à mi-bois, ou encore à tenons et mortaises ; toutefois, on évitera de trop découper les pièces, afin qu'elles puissent servir à d'autres usages, sans qu'il en résulte trop de déchet pour les assemblages.

On peut encore donner aux échafaudages des formes différentes de celles que nous venons de décrire ; ainsi ils peuvent être suspendus, soit qu'on ne veuille pas encombrer la voie publique, soit que l'on ait à exécuter des constructions au bord de l'eau. Ils peuvent être aussi adaptés aux travaux intérieurs des grands édifices ; mais il nous est impossible d'en donner la description, attendu que leurs combinaisons peuvent varier à l'infini, selon la nature des réparations à faire, le poids des matériaux, le nombre des ouvriers et la disposition des locaux.

C'est donc d'après ces diverses considérations que l'architecte ou le maître charpentier devra juger par lui-même des moyens à employer pour

monter solidement et convenablement ces espèces d'appareils (1).

II. ÉTAIS ET ÉTAIEMENTS, ÉTRÉSILLONS ET ÉTRÉSILLONNEMENTS

On appelle *étais* les pièces de bois qui servent momentanément d'appui aux parties supérieures d'un bâtiment, lorsqu'on en reprend les murs ou quelque partie des murs en sous-cœuvre; ou bien encore lorsqu'on pratique dans une façade une ouverture de boutique ou une porte cochère, en supprimant, par conséquent, un ou deux trumeaux du rez-de-chaussée, pour les remplacer par un *poitrail* ou par une *poutre armée*.

Par le mot *étalement*, on entend l'action d'étayer; on donne aussi ce nom à l'ensemble des pièces de bois qui soutiennent les parties étayées.

Les étais ont quelquefois des charges très considérables à supporter, celle de toute une façade, de planchers, etc. Il faut donc qu'ils soient combinés entre eux de manière à remplacer l'appui que donnait le mur ou la partie que l'on est obligé de démolir. Il faut aussi que les pièces soient d'un équarrissage assez fort, qu'aucune d'elles ne tende à contrarier l'effet des autres, et qu'elles concourent toutes au même but, qui est de soutenir et de

(1) La construction des échafaudages étant une de celles où brillent le plus souvent la science et le talent du charpentier, il importe à celui qui veut se perfectionner dans son art de connaître les plus beaux travaux qui ont été faits dans ce genre, et de consulter pour cela le *Traité des Echafaudages*, publié par J.-Ch. Krafft, 1 vol. in-folio, Encyclopédie-Roret, où il trouvera un ample sujet d'études.

maintenir également les parties qui ont besoin d'être étayées.

Il serait assez difficile de donner des règles certaines sur la manière de combiner les pièces qui doivent former un étalement ; l'expérience seule peut apprendre comment il convient de les placer, car leur disposition doit varier selon les circonstances. Mais, en principe, on doit avoir généralement égard à ce qui a été dit plus haut, tout en évitant d'y employer une trop grande quantité de bois, car on augmenterait la dépense sans nécessité, et l'on nuirait aussi, en les prodiguant trop, à la libre exécution de l'ouvrage.

Lorsqu'il s'agit de pratiquer une ouverture pour faire un devant de boutique ou une porte cochère, en supprimant le mur du rez-de-chaussée, on commence, afin de prévenir les ébranlements dans la partie supérieure de la façade, par poser (fig. 25, pl. IX) le long des jambages des croisées qui correspondent à l'ouverture à pratiquer, des pièces *a*, debout, appelées *couchis*, que l'on maintient par d'autres pièces ou *étrésillons b*, inclinées alternativement en sens contraire. On perce ensuite plusieurs trous dans le mur, pour recevoir de fortes pièces de bois *c* en élévation (fig. 25) et *c'* en profil (fig. 26), 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*. On enlève ensuite la partie du mur destinée à l'ouverture, et l'on place la pièce *e* ou le *poitrail*, qui doit être porté par ses extrémités sur les jambages de la porte. Les étais sont posés sur des sablières *f* ; leur pied est coupé en biseau des deux

côtés (fig. 25 et 29), et afin qu'il porte dans toute son épaisseur sur la sablière, on fait usage de coins (fig. 27) qu'on fixe avec des clous. Le haut est arrêté par une entaille à mi-bois (fig. 28).

Pour reprendre les murs en sous-œuvre, on procédera de la même manière, quant à ce qui concerne le chevalement. Mais dans tous les cas, lorsqu'ils porteront des planchers, ceux-ci devront être, en outre, soutenus par des étais (fig. 30), avec des sablières par le bas et des chapeaux par le haut, et de manière à ce que chaque étau corresponde au-dessus de celui qui soutient l'étage inférieur.

Comme il arrive quelquefois, dans le cours de ces opérations, que les planchers se portent plus d'un côté que de l'autre, il est convenable alors de donner aux étais une légère inclinaison en sens contraire, afin de les faire buter comme par des jambes de force.

Enfin, lorsqu'on établit les étais ou les étrésillonnements, il ne faut pas les frapper pour les raidir, mais bien se servir de pinces, sans causer d'ébranlement.

La figure 31 représente une autre manière de chevalement pour soutenir un mur et le reprendre en sous-œuvre. Ce chevalement est composé de deux étais *a*, d'une contre-fiche *b*, d'un chapeau *c*, et d'une sablière *d*.

La figure 32, pl. IX, est un étaielement qui peut servir à la réparation d'un cintre ou à la reprise en sous-œuvre de ses pieds-droits; les diverses pièces qui le forment sont quatre étais *a* portés par une sablière *a'*, un entrait *b*, huit fiches ou poitrails *c*, quatre couchis *d*, et diverses cales *e*; mais

ni le nombre ni la grandeur de ces diverses pièces ne sont limités ; on conçoit, en effet, qu'ils peuvent varier selon les besoins, la forme de la voûte et l'importance de l'étalement.

La figure 33 représente un étalement pour soutenir un mur de refend : *a*, contre-fiches ; *b*, sablière inclinée. On peut aussi faire varier cet étalement, en inscrustant dans les murs des pièces de bois placées perpendiculairement, et sur lesquelles on appuie les contre-fiches. Il convient d'employer ce moyen lorsque les murs ont peu de consistance.

Enfin, la figure 34 représente un étrésillonnement pour soutenir les terres d'une tranchée et prévenir les éboulements : *a*, couchis debout, *b*, étrésillons, et *c*, couchis en planches.

CHAPITRE XIV

Ponts en bois

SOMMAIRE. — I. Notions de mécanique. Lois de l'équilibre. — II. Résistance des bois inclinés. — III. Projet de pont.

L'établissement d'un pont, la construction d'un cintre et la disposition d'un comble de grande étendue, sont trois opérations de la charpenterie qui exigent, de la part de celui qui en combine les éléments, la connaissance des lois de l'équilibre et de la théorie des forces. Bien que cette partie importante de la mécanique ait été développée assez longuement dans l'introduction, comme il arrive fréquemment au lecteur de passer trop rapidement tout ce qui porte le nom de préface, introduction ou notions préliminaires, nous ne commencerons pas l'article des ponts sans lui avoir démontré une seconde fois, mais rapidement, les principes de la mécanique qui trouvent leur application dans l'établissement d'un projet de pont ou de comble.

I. NOTIONS DE MÉCANIQUE. — LOIS DE L'ÉQUILIBRE

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*,

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 toutes ces forces ensemble, et qu'on appelle *la résultante*, parce qu'en effet elle résulte de la combinaison des autres forces qu'on appelle *les composantes*.

La géométrie fournissant les moyens de comparer des nombres à des droites, on peut représenter une force par une ligne droite prise sur la direction de cette force, et par une autre droite multiple, une force multiple de la première. Ainsi, supposons qu'une force soit égale à 300 kilogrammes, et qu'elle soit représentée par une droite de 3 centimètres de longueur (1 centimètre pour 100 kilogrammes), et qu'une autre soit égale à 900 kilogrammes; celle-ci sera représentée par une droite dont la longueur doit être, avec la première droite, dans le même rapport que les forces entre elles: elle sera donc trois fois plus grande, et aura 9 centimètres de longueur.

On obtient, 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.

A cet effet, il suffira de tracer avec soin, et sur une échelle assez grande pour ne pas commettre d'erreur trop sensible, des figures dont nous expliquerons la construction, et qui donneront un résultat assez exact pour être un guide certain dans la pratique, parce que, nous le répétons, dans les applications, on se tient toujours beaucoup au-des-

sous des résultats qui sont donnés par la théorie.

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 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. Ainsi, un corps sollicité à se mouvoir par une force de 500 kilogrammes dans un sens, et de 300 kilogrammes dans le sens opposé, suivra la direction indiquée par la force de 500 kilogrammes ; mais il se mouvra comme s'il n'était sollicité que par une force de 200 kilogrammes.

Enfin, 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.

Il est démontré, en statique, que, quand les 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.

Soit un point A (fig. 7, pl. X) sollicité par deux forces AB et AC agissant dans des directions perpendiculaires entre elles, dont la première égale à 40, et la seconde à 30 kilogrammes. Le rapport des

forces étant comme 4 est à 3, si A B représente 4, A C devra en être les trois quarts.

Maintenant, si par le point B on mène une droite parallèle à A C, et, par le point C, une autre droite parallèle à A B, ces deux droites se couperont au point D, et formeront, avec les droites A B et A C, ce qu'on appelle le *parallélogramme des forces*, lequel sera un rectangle dans le cas supposé. La grandeur et la direction de la résultante cherchée seront représentées par la diagonale A D, dont la longueur, comparée à celle A B ou A C, dans l'exemple que nous avons choisi, sera trouvée égale à cinq des quatre parties de A B ou des trois parties de A C. Ces cinq parties représenteront, par conséquent, 50 kilogrammes; donc les deux forces, dont la somme est de 70 kilogrammes, ne pousseront ou ne tireront le point A, dans la direction de la droite A D, que comme si elles n'étaient égales qu'à 50 kilogrammes.

Puisqu'il est possible de représenter plusieurs forces par une seule droite, on peut aussi résoudre le problème inverse, autrement dit, décomposer une seule force en plusieurs autres agissant dans des directions différentes.

Soit (fig. 2, pl. X) une force dont la direction est A E, et dont la grandeur est A B, que l'on veut décomposer en deux autres agissant suivant les directions A G et A H; on mènera, par le point B, deux parallèles B C et B D aux directions données A H et A G, et l'on obtiendra pour les deux forces cherchées, produisant l'effet de A B, les forces A C et A D, qu'on pourrait aussi décomposer, si on le voulait.

Pour déterminer la résultante de plusieurs forces agissant sur un même point, on prend, sur la direction de chacune de ces forces, à partir du point A (fig. 1, pl. X), une quantité proportionnelle à sa grandeur; puis, considérant d'abord deux quelconques d'entre elles, par exemple AG et AI, on trace le parallélogramme AGHI, dont la diagonale AH représentera, en grandeur et en direction, la résultante particulière des deux forces combinées.

A la place des forces AG et AI, on prendra leur résultante AH; puis, considérant les deux forces AH et AN, on achèvera le parallélogramme AHMN, la diagonale AM représentera la résultante des deux forces AH et AN, et par conséquent aussi la résultante des trois forces AG, AI, AN.

En continuant ainsi jusqu'à la dernière force, on trouvera la direction et la grandeur de la résultante de toutes les forces que, pour simplifier, nous appellerons B, C, D, E, etc., en quelque nombre qu'elles se trouvent.

Principes déduits de la théorie des forces appliqués aux combles et aux ponts

Le principe général consiste à établir un système de charpente, dans lequel la disposition des pièces de bois soit telle que l'effort supporté par chacune d'elles agisse dans le sens de sa longueur.

Nous allons examiner quelle est la nature des forces qui agissent sur les différentes pièces d'une ferme de charpente.

Lorsque deux pièces de bois BG et BF (fig. 6,

pl. X) supportent une troisième pièce verticale AB posée, comme on le voit, sur les premières, il est évident que la pression éprouvée sur chacune de celles-ci s'exerce dans le sens de leur longueur. Si l'on veut connaître l'effort qui a lieu sur BG et sur BF, il faut prolonger AB et prendre, sur ce prolongement, une partie BC pour représenter le poids de la pièce verticale; tirer ensuite CD et CE parallèlement à BF et à BG, afin de former un parallélogramme, dont les côtés BD et BE représenteront respectivement les efforts qui ont lieu sur les pièces inclinées BG et BF.

La pression verticale ou la force BC restant la même, les efforts sur BG et BF augmenteront à mesure que l'angle FBG deviendra plus ouvert. Admettons, en effet, que les pièces BG et BF s'inclinent davantage et prennent les nouvelles positions Bg et Bf; si nous formons le parallélogramme BeCd, nous verrons que les forces BD et BE ont augmenté, en devenant Bd et Be.

Il est évident que, si la pièce AB, au lieu de porter sur le point B, était suspendue à ce point, comme cela arrive, par exemple, dans une ferme dont le *poinçon* est attaché aux deux *arbalétriers*, les efforts qui ont lieu sur les pièces BG et BF resteraient les mêmes que précédemment.

Les arbalétriers étant pressés, dans le sens de leur longueur, par l'effet du poids qui agit sur le point de rencontre, une partie de cette pression tend à les écarter l'un de l'autre et à faire marcher leurs pieds dans deux directions opposées. Pour connaître la force qui sollicite chaque pied, admettons que nous ayons d'abord trouvé, comme

précédemment, les efforts qui ont lieu dans le sens de la longueur des pièces AB et AC (fig. 3. pl. X); prolongeons d'abord AB d'une quantité BG, que nous supposerons représenter la pression qui agit sur l'arbalétrier AB, et menons les droites BI et BH, l'une horizontale et l'autre verticale; la longueur BI représentera la force avec laquelle le pied B est poussé dans la direction BI par la pression de AB. Le pied C est poussé en sens contraire par une autre force égale à BI; pour détruire ces deux forces, il suffit de les opposer l'une à l'autre au moyen d'une pièce de bois BC que l'on nomme *entrait*, et qui complète ce qu'on appelle une *ferme simple*.

Dans les combles des bâtiments, un entrain d'un faible équarrissage est suffisant pour détruire les poussées horizontales, c'est-à-dire pour maintenir les arbalétriers, et les empêcher de s'écarter; mais, à l'égard des ponts en charpente, auxquels on adapte des fermes, il y a cette distinction importante à faire; car ce sont, au contraire, les arbalétriers qui ont pour objet de maintenir l'entrait BC (fig. 3, pl. X), et de s'opposer à ce qu'il ploie, ou à ce qu'il se rompe sous l'effort des fardeaux qui le chargent. Le point D, au milieu de l'entrait, étant attaché au point A par l'intermédiaire du poinçon AD, les poids dont la pièce BC est chargée exercent, sur le poinçon, un effort qui agit dans le sens de la longueur AD; cet effort, à son tour, produit à chaque pied B et C des arbalétriers, des pressions telles que BI et BH: or, la force qui tend à écarter le pied B du point D, est précisément égale, mais en direction opposée, à la force qui tend à écarter

le pied C ; donc elle s'oppose à la flexion de l'entrait.

Ainsi, au moyen d'une ferme, l'effort vertical exercé par les poids qui chargent l'entrait peut être reporté sur d'autres pièces de bois, sur lesquelles il agira dans des proportions et suivant des directions connues : on peut, par conséquent, combiner entre elles plusieurs fermes, de manière à former un grand système de charpente, dans lequel toutes les pièces de bois, étant seulement tirées ou pressées dans le sens de leur longueur, se comporteront comme des corps rigides qui auraient les dimensions de tout le système.

Supposons, en effet, qu'une seconde ferme DPO soit placée comme l'indique la figure 3, pl. X : l'effort vertical BH, qui provient du poids AD, et agit à l'extrémité B de l'arbalétrier AB, sera supporté par le nouveau poinçon PB, et la pression horizontale BI, qui tend à écarter le pied B, sera détruite par une pression égale BR, qui sollicite, en sens opposé, l'arbalétrier DE d'une troisième ferme BEF.

Il est évident d'ailleurs, que plus les arbalétriers d'une ferme s'approcheront de la position verticale, plus leur résistance sera grande : car, en décomposant en deux la force à laquelle ils doivent résister, une des forces agissant parallèlement, et l'autre perpendiculairement à la direction de l'arbalétrier, celle-ci sera plus petite que la première, qui se trouvera d'ailleurs détruite par la résistance de l'appui.

Nous n'avons donc plus à considérer que la seconde, qui diminuera à mesure que les arbalé-

triers s'approcheront de la verticalité, et feront entre eux un angle plus aigu : cette force même deviendrait nulle, si les arbalétriers pouvaient être placés verticalement, ce qui serait vrai si le bois était inflexible ; mais les expériences sur la résistance des bois nous ont fait connaître qu'elle diminuait dans une proportion plus grande que la longueur n'augmentait : d'où il s'ensuit que, si la résistance d'un arbalétrier est augmentée d'un côté, par le peu d'inclinaison qu'on lui a donnée, elle diminue de l'autre par l'excès de longueur que cette inclinaison exige. Il arrivera donc un moment où l'arbalétrier ploiera sous le poids des chevrons et des pannes. Pour obvier à cet inconvénient, on place une contre-fiche o (fig. 13. pl. V), assemblée dans le poinçon p , et dont la direction doit être perpendiculaire à celle de l'arbalétrier, puisque la plus grande force agit dans ce sens ; ou bien on le fortifie par une pièce horizontale c , que l'on nomme *faux-entrait*.

Nous avons fait remarquer, au commencement de ce chapitre, que, plus l'angle que les deux arbalétriers forment entre eux est ouvert, plus l'effort que doit supporter le poinçon est considérable ; et, qu'au contraire, plus l'angle devient petit, plus la charge diminue : l'on doit en conclure que les contre-fiches sont préférables aux faux entrails, dans les fermes des combles qui ont beaucoup d'inclinaison, et que ceux-ci valent mieux que les contre-fiches dans les combles qui en ont peu.

On peut retirer de très grands avantages de l'application des fermes dans toutes les constructions en bois, puisqu'une poutre surmontée de

deux arbalétriers et d'un poinçon au milieu peut, en toute sûreté, être chargée de fardeaux dix fois plus lourds que ceux qu'elle supporterait étant seule.

II. RÉSISTANCE DES BOIS INCLINÉS

Il est démontré par l'expérience, qu'une pièce de bois résiste à des charges d'autant plus considérables, que sa position s'approche davantage de la position verticale ou de la ligne à plomb : ainsi, la pièce AB , inclinée suivant la direction BC (fig. Y, pl. 6), présentera moins de résistance à l'action d'un même poids que dans sa première situation ; et, placée de niveau, comme en BD , elle atteindra la moindre résistance qu'elle peut offrir.

Pour trouver la plus grande charge à laquelle la pièce inclinée BC peut résister, on tracera la ligne pq perpendiculaire à BC , et, passant par le milieu de la longueur de cette pièce, on mènera qr parallèle à la direction de la pièce, et enfin rs perpendiculaire à cette même direction. Cette construction terminée, il est clair que, si l'on prend la longueur de la droite pq pour représenter la plus grande résistance de la pièce horizontale BD , pr sera la mesure de la plus grande résistance à l'action d'une charge verticale de la pièce inclinée BC .

On voit que, si la résistance transversale d'une pièce de charpente, à l'action d'une pression verticale, peut être, en quelque sorte, accrue par la seule inclinaison de cette pièce, c'est que l'effort de la charge réelle pr se décompose en deux autres, l'un pq , dirigé perpendiculairement à la

pièce, et l'autre ps , dirigé suivant la longueur de cette pièce.

Le premier effort peut évidemment atteindre celui auquel résisterait la pièce située horizontalement : quant au second effort, on doit le considérer comme de nul effet sur la flexion de la pièce ; parce que, dans les constructions, les dimensions des pièces de charpente sont telles que les charges auxquelles on a coutume de les exposer debout ne peuvent pas les faire fléchir.

Tant que qr , qui est égale à ps , n'indiquera pas une poussée longitudinale plus grande que la charge de la pièce de charpente posée debout, on opérera comme il a été enseigné pour trouver la résistance de la pièce inclinée. Dans le cas contraire, il faudrait prendre ps égale à la plus grande charge de la pièce debout, et mener sr perpendiculaire à BC , jusqu'à la rencontre de la verticale qr ; alors pr indiquerait la plus grande charge verticale de la pièce inclinée à BC , et sr , qui est égale à pq , exprimerait l'effort transversal auquel la pièce serait soumise.

Ce qui précède montre pourquoi il est indispensable, dans les constructions, de s'opposer au glissement des pièces inclinées, glissement dont la portion d'horizontale st indique l'intensité.

Nous venons de comparer la force des pièces de bois relativement à la résistance verticale : on peut avoir besoin de résoudre la même question relativement à la résistance horizontale. Dans ce cas, il est évident que celle-ci, au contraire, augmentera à mesure que la pièce sera plus inclinée par rapport à la situation horizontale.

Une construction analogue à la précédente servira à résoudre le problème actuel. Soit AB (fig. Z, pl. VI), une pièce de bois inclinée à la direction de la pression horizontale rp : on prendra, comme tout à l'heure, pq égale à la plus grande résistance transversale de la pièce, sur une perpendiculaire élevée à son milieu, et menant qr parallèle à la pièce, la ligne pr représentera l'expression du plus grand effort horizontal auquel la pièce doit être soumise.

Il est important de considérer si la force qui agit sur une pièce inclinée, dont on veut évaluer la résistance, est appliquée à ses extrémités ou sur sa longueur. Un poteau cornier est dans le premier cas, et un chevron est dans le second. On trouve fréquemment des exemples de ces deux espèces de pressions dans la disposition des pièces de bois qui composent une charpente de comble.

III. PROJET DE PONT

Lorsqu'on veut établir un pont en bois, il faut avoir égard pour la disposition de la charpente : 1° à la profondeur et à la rapidité de la rivière ; 2° à la hauteur des rives ; 3° à la violence des débâcles ; 4° enfin à l'espèce et à la grandeur des bois dont on peut disposer.

Dans une rivière tranquille, peu profonde, et qui n'est sujette ni à de grandes crues ni à de fortes débâcles, on peut multiplier les palées sans beaucoup d'inconvénients. Si l'on doit passer un torrent, il faut n'établir dans son lit que le plus petit nombre possible de points d'appui ; et si l'on peut

se procurer de longues pièces de sapin, on fera des travées légères et d'une grande ouverture.

Palées

Les palées sont composées d'une ou plusieurs files de pieux, enfoncés et fixés dans le lit de la rivière, suivant la direction du cours de l'eau. Dans une rivière peu profonde, les pieux peuvent être d'une seule pièce; cependant cette construction présente des inconvénients qu'il faut éviter, c'est que la partie des pieux comprise entre la hauteur des plus basses eaux et le niveau des hautes eaux, se trouvant alternativement exposée à la sécheresse et à l'humidité, se pourrit et exige le renouvellement des pieux tous les quinze ou vingt ans; aussi est-il préférable d'établir les ponts sur des palées dont les pilots sont recepés et moisés un peu au-dessous des basses eaux et sur lesquels on assemble des poteaux pour supporter le plancher du pont. Les bois des palées étant ainsi constamment dans l'eau, sont d'une très longue durée, et on peut remplacer la partie supérieure sans renouveler les pilots (1).

La figure 4, planche X, représente la disposition des basses palées et la manière d'enter les montants destinés à recevoir le plancher du pont. Les pieux A A, qui forment les basses palées, sont liés entre eux par des moises, et entretenus avec les poteaux B, B, au moyen de longues broches en fer

(1) Des pieux de 25 et de 32 centimètres de diamètre ne doivent pas être chargés de 25,000 kilogrammes les uns et 50,000 kilogrammes les autres.

p p; les uns et les autres sont consolidés par de quadruples moises C, C et D, D, assemblées par boulons alternativement horizontaux et verticaux. Les palées du pont Morand, à Lyon, sont construites à peu près de cette manière.

Lorsque la profondeur de l'eau exige que les basses palées soient doubles, on espace les deux rangs de pieux A A (fig. 5), à 1 mètre environ, de milieu en milieu; on les embrasse sur la longueur par des moises D, D, et on pose d'un rang à l'autre des entretoises C, C, qui doivent supporter les poteaux; puis, pour en assurer le pied, on les entretient par un troisième cours de moises E boulonnées entre elles et avec les entretoises.

Les bois, dont les dimensions sont de 30 à 35 centimètres d'équarrissage, présentent une force plus que suffisante pour résister au poids du pavé et des fermes.

Pour préserver les palées du choc des glaçons, on établit des brise-glace (fig. 9 et 10) formés de deux rangs de pilots A B et A C, qui se réunissent au même point E, et qui présentent au courant une pièce de bois D E formant arête inclinée. Quelquefois on se contente d'un seul rang de pilots d'inégales hauteurs, et recouverts d'un chapeau incliné qu'on entaille pour présenter une arête aux glaçons qui viennent le frapper.

Dans les rivières qui charrient très peu, on se dispense de construire des brise-glaces, et l'on se borne à défendre les palées par des contre-fiches portées sur des pieux, ainsi que l'indique la figure 13.

Travées et Arches

On appelle *travée* l'espace compris entre deux palées, et *arche*, celui qui est compris entre les piles ou palées, et qui est couronné ordinairement, à sa partie supérieure, par une partie courbe ou en voûte.

Lorsque l'ouverture d'une travée ne passe pas 3 à 4 mètres, on peut établir le plancher sur des poutres portées sur les chapeaux qui couronnent les palées. Il faut alors donner aux pieux et aux poutres 30 à 32 centimètres d'équarrissage. Si la distance des palées est de 5 à 7 mètres, les pièces de 32 centimètres d'équarrissage ont encore assez de force pour supporter le poids des planchers et celui des voitures ; seulement, il est bon, pour en assurer la durée, de les soutenir par des contre-fiches qui se rencontrent au milieu C (figure 11) de la travée, mais dont l'angle ECD ne soit pas très obtus : s'il dépassait 120 à 130 degrés, il faudrait placer une sous-poutre H (fig. 12) contre laquelle viendraient s'appuyer les extrémités K et L des deux contre-fiches.

Cette construction peut être suivie, tant que la longueur de la pièce H ne dépasse pas le tiers de AB : elle permet de faire la poutre de trois pièces assemblées deux à deux en K et en L, et peut être adoptée toutes les fois que la travée n'a pas plus de 8 à 9 mètres.

Quand l'ouverture des travées est plus considérable, comme de 12 à 16 mètres, on peut encore faire usage des sous-poutres et des contre-fiches ; mais alors il faut placer une seconde poutre A

(fig. 14 et 22), sur les chapeaux de la palée, et disposer tout le reste de la charpente de la manière indiquée par ces deux figures. On maintient ces contre-fiches par deux moises, et l'on fixe les sous-poutres aux poutres, au moyen de boulons à écrous fortement serrés.

Au delà de cette largeur de travée, on peut employer un système de ferme semblable à celui qu'on a appliqué à la construction du pont de Schaffouse, et qui est représenté dans la figure 8.

Elle se compose d'une poutre ab , dont les extrémités reposent sur les deux piles; d'un certain nombre de contre-fiches c, d, e, f , etc., qui s'assemblent dans une deuxième poutre gh , laquelle se trouve supportée à ses deux extrémités par des montants ag et bh qui s'appuient sur les piles. Pour maintenir tout le système, on a placé des moises pendantes ik, lm, na , etc., qui, d'après la disposition de la charpente, supportent toute la charge et la reportent sur les piles sans cependant exercer sur elles un effort capable de les renverser; leur poussée étant d'ailleurs retenue par la tension de la poutre ab . Il est à remarquer que, si les piles ou palées avaient assez de solidité pour résister à la poussée exercée par les contre-fiches, on pourrait supprimer la poutre inférieure ab , et l'on aurait alors la disposition représentée figure 20, qui est celle du pont établi sur la Randel, dans le canton de Berne. La poutre supérieure CD s'appuie, dans ce cas, sur les piles qui reçoivent le pied des contre-fiches qui la soutiennent. Il est facile de voir que la pression supportée par la poutre CD , sur laquelle le plancher repose, est reportée sur les

contre-fiches dans le sens de leur plus grande résistance, c'est-à-dire, celui de leur longueur.

On peut réunir les contre-fiches d'une travée, et en former deux arbalétriers en les assujettissant entre elles : elles résisteront beaucoup mieux de cette manière que lorsqu'elles sont séparées, et, comme les bois courts ploient plus difficilement que les bois longs, il serait avantageux de substituer un système de trois pièces à deux arbalétriers ; et, bien que ces pièces fassent entre elles des angles très obtus, on gagnera plus par la diminution de leur longueur qu'on ne perdra par l'augmentation des pressions.

Enfin, en multipliant le nombre des arbalétriers, on obtiendra encore une augmentation de force ; puisque leur longueur deviendra telle, qu'elle ne céderait que sous le poids nécessaire pour écraser les pièces de bois.

L'ancien pont de la Mulatière, à Lyon, représenté par la figure 21. avait été exécuté d'après cette disposition.

Cependant nous devons faire remarquer qu'il y a de graves inconvénients à trop multiplier les articulations, parce que les assemblages augmentent le nombre des points de rupture. On fera disparaître en grande partie ces défauts en remplaçant les arbalétriers droits par des pièces courbes, assujetties les unes sur les autres, maintenues par des moises et serrées par des boulons, et en ayant soin d'éviter que les joints des extrémités soient vis-à-vis les uns des autres. Ce système, qui est celui des cintres, est préférable sous le double rapport de l'économie et de la solidité : on devra

l'employer toutes les fois que les arches auront une grande ouverture.

Nous décrivons ci-après la construction de quelques ponts, dont la bonne disposition, sous le rapport de la charpente, a été constatée par un long usage.

La figure 15 représente une des arches du pont de Tournus, sur la Saône, construit sur des piles en maçonnerie. Il est composé de cinq arches d'environ 27 mètres d'ouverture. Le cintre est un arc de cercle du sixième de la circonférence totale. Les fermes, au nombre de six, sont espacées entre elles de 1^m 50 et formées chacune de trois cours de cintre réunis par deux entretoises, et par des moises pendantes espacées de 2 mètres : les intervalles reçoivent un boulon qui traverse et réunit les trois pièces du cintre.

La construction des anciens ponts de Choisy et de Bezons, sur la Seine, près de Paris, était du même genre que la précédente, sauf quelques modifications.

La figure 16 représente un fragment du pont d'une seule arche de 76 mètres d'ouverture, établi sur la rivière de Portsmouth, dans l'Amérique septentrionale. L'arche est composée de trois rangs de cintres parallèles, et chacun de ceux-ci est lui-même formé de trois arcs concentriques ABC, DEF et GHI : les arcs du milieu DEF supportent le tablier du pont ; les poutres circulaires ABC, DEF et GHI sont réunies les unes aux autres par des pièces de bois dur *ac*, *ac* (fig. 17) et par des coins *bb*, placés aux points 1, 2, 3, etc. (fig. 16), où on a préparé des mortaises pour les recevoir. Ces

coins retiennent les tenons *a c*, *a c*, et lient l'arc du milieu A B (fig. 17) ou DEF (fig. 16) aux deux arcs extérieurs, dont l'écrasement est maintenu par les queues d'aronde qui terminent les pièces *a c*, *a c*.

Chacun des arcs ABC, DEF et GHI (fig. 16), est fait de poutres de 4 à 5 mètres de long, réunies par des tenons à queue d'aronde et par des coins. Le plan de contact D de deux poutres A et B (fig. 18 et 19) correspond toujours au milieu d'une autre pièce C ; des ouvertures plus larges en dehors qu'en dedans sont creusées à mi-bois dans l'épaisseur des solives ABC, de façon qu'elles forment, par leur rapprochement, des mortaises à double queue d'aronde, dans lesquelles on introduit deux morceaux de bois dur, qui sont serrés et maintenus par le coin *d* (fig. 19).

On pourrait encore donner plus de solidité à ce système de charpente, en reliant les différentes parties entre elles, au moyen de moises en écharpes indiquées par les lignes ponctuées de la figure 16.

Planchers et Parapets

On établit les planchers des ponts de deux manières différentes : 1° au moyen d'un pavé posé sur forme de sable reposant sur des madriers ; 2° en formant un faux plancher qui recouvre les madriers et qui empêche les roues des voitures de les user par le frottement.

La figure 24, pl. X, représente la coupe du premier genre : il est composé de pièces de pont *c d* de 20 à 25 centimètres d'équarrissage faiblement entaillées à la rencontre des sommiers auxquels elles

sont fixées par des chevilles en fer. Les intervalles des pièces de pont, qui ont 2 mètres, sont remplis par des madriers m , de 10 à 12 centimètres, attachés sur les sommiers par de forts clous, et qui forment un plancher qui reçoit le sable destiné à poser le pavé.

On assujettit les poteaux du parapet en plaçant deux contre-fiches, dont l'une k s'assemble sur le prolongement des pièces de pont, en dehors, et l'autre n en dedans. Ils sont maintenus, dans le sens de la longueur du pont, par deux cours de lisses horizontales O et P. On place en dedans, et contre le pied des poteaux du parapet, des pièces s'appelées *garde-sable*, qui contiennent le sable et le pavé.

La figure 23 représente la coupe transversale d'un pont avec un plancher de doublage : les madriers bb sont portés par des solives aa un peu plus fortes que les précédentes ; elles ont 25 à 30 centimètres d'équarrissage, et sont espacées d'un centimètre environ. On pose ces madriers dans le sens de la longueur du pont, et le faux plancher / suivant sa largeur.

Largeur à donner au pont

Un pont construit pour une route ordinaire doit être assez large pour que deux voitures puissent y passer aisément à la fois, ainsi que quelques gens de pied. On doit lui donner 6 à 7 mètres de largeur.

Si le pont est placé dans la campagne et communique seulement à un chemin vicinal, et qu'il ne

soit pas très long, il suffira de lui donner 4 à 5 mètres de largeur (1).

CHAPITRE XV

Charpente des portes d'écluses

Un vantail de porte d'écluse est composé de deux poteaux placés verticalement, et de plusieurs entretoises horizontales (fig. 10, pl. XII).

La fatigue supportée par les poteaux est fort peu de chose, parce qu'ils sont appuyés sur toute leur hauteur ; et si on les fait plus gros que les entretoises, c'est qu'ils portent tous les assemblages, et qu'ils forment un cadre qui sert à maintenir toutes les pièces de charpente. Les entretoises 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.

Ces dimensions pourraient être déterminées en se rappelant que la poussée de l'eau contre les sur-

(1) On trouvera dans la seconde partie du *Manuel des Ponts et Chaussées*, par M. De Gayffier, qui traite spécialement des ponts, un très grand nombre de renseignements utiles sur la construction des ponts en charpente.

faces verticales est égale au poids d'un prisme d'eau qui aurait pour base ces surfaces, et pour hauteur la moitié de celle de l'eau.

Les entretoises des portes étant ordinairement éloignées de 65 centimètres au moins à 97 centimètres au plus, de milieu en milieu, il résulte qu'à cause des plateaux qui les recouvrent, 32 centimètres de hauteur, dans le premier cas, soutiennent 65 centimètres d'eau, et 97 centimètres dans le second.

On déterminera 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, puis le tout par 1,000 kilogrammes, poids de 1 mètre cube d'eau. Le résultat de ce calcul sera le nombre de kilogrammes que l'entretoise doit soutenir sur toute sa longueur.

C'est d'après ce principe que Gauthey a calculé des tables pour régler les dimensions de l'équarrissage des entretoises, et dont nous donnons l'extrait suivant :

(Voir le Tableau ci-contre.)

Table pour régler l'Equarrissage des Entretoises des Portes d'Écluses

HAUTEUR des portes	INTERVALLE d'une entretoise à l'autre	NOMBRE des entre- toises	LARGEUR DES PORTES			
			1 ^m 62	2 ^m 73	2 ^m 92	3 ^m 90
			5 ^m 20			
			3 ^m 85			
			LONGUEUR DES ENTRETOISES			
			1 ^m 14	1 ^m 73	2 ^m 27	3 ^m 25
mètres	mètres		mètres	mètres	mètres	mètres
1.30	0.65	2	0.05 sur 0.05	0.08 sur 0.08	0.08 sur 0.11	0.11 sur 0.14
1.95	0.43	3	0.05	0.11	0.11	0.13
2.60	0.65	3	0.08	0.09	0.11	0.13
3.90	0.81	4	»	0.13	0.16	0.19
5.20	0.76	6	»	0.13	0.19	0.22
6.50	0.73	8	»	0.16	0.19	0.24
7.80	0.71	10	»	0.16	0.22	0.24
						0.27
						0.27
						0.29
						0.32
						0.35
						0.38
						0.38

Les grosseurs que l'on donne aux entretoises des portes d'écluses sont ordinairement de 24 à 27 centimètres, ce qui est à peu près le double de la force de celles de cette table ; cela leur procure plus de durée, mais aussi les rend plus pesantes, ce qui fatigue trop la maçonnerie et les colliers. On devrait donc s'en rapporter aux quantités indiquées dans la table de M. Gauthey, en augmentant de quelque chose pour ne pas se trouver au-dessous de ce qui est nécessaire.

Les châssis des portes doivent avoir au moins 54 millimètres d'épaisseur de plus que les entretoises, et l'on y fait une feuillure pour recouvrir l'about des plateaux qui sont soutenus dans leur longueur par les entretoises, ce qui ajoute encore à la force du châssis.

Les pièces inclinées passées entre les entretoises, et qu'on nomme *bracons*, sont destinées à les soulager et à les maintenir les unes les autres ; ils servent aussi à maintenir les traverses du bas, et à diriger la charge contre le poteau du chardonnet.

Dans les grandes portes, il faut avoir soin de placer diagonalement un certain nombre de bracons qui partent de l'angle de la traverse inférieure. Ceux des bracons qui sont au-dessus de cette diagonale ont pour but le même objet, et doivent être inclinés de la même manière. Quant à ceux qui sont au-dessous, comme ils s'appuient sur la traverse du bas, ils tendent à la faire baisser, et seraient-ils bien chevillés avec les entretoises, que leur inclinaison du côté du chardonnet ne soutiendrait jamais la traverse inférieure ; mais on peut leur faire faire cette double fonction en les incli-

nant en sens contraire, et les fixant à chevilles aux entretoises, comme un assemblage à croix de Saint-André.

On place quelquefois une bande de fer en diagonale, depuis le collier jusqu'au bas du poteau délardé, au lieu d'incliner les bracons qui sont au-dessous de la diagonale du côté de ce poteau ; mais on peut éviter cette bande de fer en disposant les plateaux diagonalement, en les inclinant du côté du plateau délardé et en les croisant solidement, particulièrement celui de la diagonale, au-dessus du poteau chardonnet et à l'extrémité de la traverse inférieure.

Gauthey propose de mettre à cet endroit, à la place d'un plateau, une pièce entaillée vis-à-vis les traverses, qu'il ne faudrait pas entailler elles-mêmes, ou entailler au plus de 3 centimètres, afin de ne pas les affaiblir ; cette pièce, assemblée solidement à la traverse inférieure, la lierait avec le poteau et donnerait beaucoup de solidité aux assemblages.

La position des plateaux en diagonale, ajoute Gauthey, leur donne encore de la force pour résister à la poussée ; il y a un peu de perte de bois, mais, d'un autre côté, on peut se servir de différentes grandeurs de plateaux, ce qui est d'un assez grand avantage pour n'employer que du bon bois, parce qu'en les coupant on rejette les parties vicieuses.

En général, les portes des écluses sont planes ; quelquefois, et surtout dans les grandes écluses de marine, on les fait courbes. Ces portes sont plus solides que les autres lorsque les pièces de bois

qu'on y emploie sont courbes naturellement, parce que les bois courbes sont beaucoup plus forts, pour résister à la poussée, que les bois droits, surtout lorsqu'ils sont appuyés par les deux extrémités.

La figure 44, pl. XII, représente l'assemblage d'une entretoise avec le poteau busqué d'une porte d'écluse.

CHAPITRE XVI

Charpenterie accessoire

SOMMAIRE. — I. Constructions légères. — II. Ponts en cordages.

I. CONSTRUCTIONS LÉGÈRES

M. Emy a donné le nom de constructions accessoires à tous les ouvrages en bois qui ne constituent pas un édifice permanent, mais qui peuvent en faire partie ou en tenir lieu, même quand elles seraient mobiles, toutes les fois que c'est ordinairement à un charpentier que l'on en confie l'exécution.

Le nombre de ces ouvrages est plus considérable

qu'on ne pense ; aussi les limites de ce Manuel ne nous permettent pas d'entrer dans aucun détail sur celles de ces constructions qui exigent des connaissances spéciales de la part du charpentier. Telles seraient, par exemple, la construction des machines, la charpenterie navale, etc. Nous nous contenterons de réduire les travaux de charpenterie accessoire dont nous avons l'intention de parler pour terminer cet ouvrage, au petit nombre de ceux qu'un charpentier ordinaire serait en état d'exécuter de lui-même, si par hasard il en était chargé. Nous avons dit *par hasard*, parce que la plupart des constructions dont nous allons parler sont exécutées par des charpentiers spéciaux, comme le sont ceux de la marine, de l'artillerie, du génie, etc.

Pavillons rustiques, kiosques et autres ornements pittoresques, exécutés pour l'ornement des parcs ou des grands jardins

La figure A de la planche XIX est un spécimen de façade placé là pour donner une idée de l'effet que l'on peut tirer de la construction en bois rond de certains abris pittoresques qui peuvent concourir à l'ornement d'un vaste jardin ou d'un parc.

Les figures C et D de la même planche représentent deux façades d'un de ces bâtiments rustiques, mais élégants, vulgairement appelés suisses, tels qu'on aime à en rencontrer dans les propriétés champêtres d'une grande étendue.

Le premier, véritable chalet ou boulingrin rustique, peut trouver sa place dans un grand nombre de propriétés ; le second, qui est le dessin d'une

halle construite en Amérique, pourrait être utilisé comme lieu de réunion dans une ville construite en bois, ou encore comme établissement provisoire de restaurateur ou de limonadier dans des emplacements ombragés, tels que le bois de Boulogne, le parc de Saint-Cloud ou les Champs-Élysées à Paris.

Mangeoires, râteliers et stalles pour les chevaux

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, et le haut du râtelier doit être placé de façon que, quand le cheval lève la tête pour atteindre le fourrage, sa bouche corresponde à peu près au milieu du râtelier.

Les mangeoires placées dans les étables pour les bêtes à cornes, ainsi que les râteliers qui les surmontent, doivent être établis d'après les mêmes considérations.

La figure 1 (pl. XIX) représente, en profil, une mangeoire et un râtelier d'écurie.

La figure 2 (même planche) est le profil d'une autre disposition de mangeoire avec râtelier. On y a joint des séparations par stalles pour les chevaux, comme il est d'usage d'en mettre quand l'écurie est destinée à des chevaux de manège ou à d'autres chevaux de prix.

La disposition des râteliers a pour objet d'empêcher les graines du fourrage de glisser dans les mangeoires et les détritux de tomber sur la tête des chevaux.

Les séparations des stalles se font aujourd'hui à claire-voie; autrefois on les faisait pleines et terminées en doucine comme l'indique la figure ponctuée. Celle indiquée en traits pleins, exécutée à Metz pour les chevaux du manège de l'école, est plus simple de construction et s'oppose moins à la libre circulation de l'air.

Guérites

La figure 3 (pl. XIX) est l'élévation et la figure 4 (même planche) est la coupe verticale, par un plan perpendiculaire à celui de la figure 3, d'une guérite pour sentinelle.

Cette guérite a son toit à un seul égout; elle est portée sur une enrayure formant un patin qui assure la stabilité pour que, placée sur le rempart d'une ville, elle puisse résister à l'action d'un coup de vent qui, sans cela, pourrait peut-être la renverser.

Les figures 5 et 6 sont de même deux élévations, ou plutôt l'élévation et la coupe d'une guérite à deux égouts, portée seulement par les pieds, telles que sont celles employées dans l'intérieur des villes.

Aujourd'hui, on double les toits des guérites, extérieurement, avec des plaques de zinc placées sur une première couverture en planches.

Portes et contrevents en madriers

La figure 7 est la projection d'un contrevent (ou d'une porte) en madriers joints à rainures et lan-

guettes, et consolidé par des barres et une écharpe établies sur la face intérieure.

La figure 8 montre sur une échelle double l'assemblage des traverses sur les planches ou mardriers des contrevents; cet assemblage est usité par quelques charpentiers qui ne trouvent point qu'il soit suffisant de clouer les barres à plat sur les planches. Ces barres pénètrent à queue d'aronde dans les planches, et la queue d'aronde occupe en dessous un espace un peu plus large à un bout qu'à l'autre; la rainure est tracée de même, de façon qu'en introduisant la barre dans son encastrement on la serre autant qu'on veut, en la chassant à coups de maillet.

M. Emy a fait exécuter, avec succès, des contrevents sans barres ni écharpes, en donnant un peu plus d'épaisseur aux planches et en les traversant toutes sur leurs épaisseurs par trois boulons distribués sur la hauteur et serrant les joints à rainures et languettes.

Cette construction a l'avantage de permettre de serrer les joints des planches, quand la sécheresse les fait ouvrir.

Lorsqu'on ne peut pas tailler dans les baies en maçonnerie des feuillures pour recevoir les portes et les contrevents, on les remplace par des châssis *dormants* qui reçoivent les battants dans leurs feuillures. Les trappes que l'on pratique dans les planchers pour le passage des ballots et autres objets d'un étage à un autre ou pour fermetures des caves, sont construites, tant pour leurs châssis dormants que pour leurs battants, de la même manière que les contrevents.

Baraques pour logements de troupes

Les figures 1, 2, 3, 4, etc., de la planche XX représentent les différentes projections d'une baraque destinée à de l'infanterie en campagne.

Voici successivement ce que ces figures représentent :

Fig. 1. Tracé des fermes pour les coupes des planches et les assemblages.

Fig. 2. Bâti des fermes avec les assemblages.

Fig. 3. Coupe en travers de la baraque et détails de la disposition des panneaux de coupe, pour accélérer la préparation des bois.

Fig. 4. Plan d'une baraque pour contenir 40 hommes.

Fig. 5. Coupe sur la longueur.

Fig. 6. Elévation d'un pignon vu de face.

Les fermes en planches épaisses de toutes les baraques sont espacées comme le plan l'indique, afin qu'il se trouve toujours entre elles un nombre exact de places pour coucher les soldats.

On peut compter sur 2 mètres ou 2^m60 pour distance convenable à donner aux fermes.

Les figures 1', 2', 3', etc., représentent différentes projections d'une écurie-baraque pour de la cavalerie en campagne.

Voici ce que représentent successivement ces figures, extraites, comme les précédentes, du *Traité sur le baraquement des troupes en campagne*, par M. Lomet, adjudant-général :

Fig. 1'. Plan d'une ferme avec les assemblages.

Fig. 2'. Plan pris sur la hauteur.

Fig. 3'. Coupe et élévation en travers avec les assemblages d'une des fermes.

Fig. 4'. Coupe prise sur la longueur.

Fig. 5'. Détails du râtelier pour attacher les chevaux.

Fig. 6'. Détails du chevalet pour supporter les râteliers.

Les baraques pour chevaux se construisent à peu près de la même manière que celles à l'usage des soldats, sinon qu'on leur donne un peu plus de hauteur ; les mangeoires et râteliers se placent, comme on l'a dû remarquer, au milieu même de la baraque pour deux rangs de chevaux qui se font face. Les fermes doivent être espacées de manière à ce qu'un nombre exact de chevaux aient une place convenable entre deux fermes consécutives.

Pavage en bois

Quand on pave en bois, on emploie ordinairement des prismes quadrangulaires égaux ayant les fibres du bois dans une position verticale. Les dimensions sont de 133 millimètres de côté sur 330 de hauteur divisée dans son milieu par une rainure de 30 millimètres de largeur sur 15 de profondeur. Quand tous les pavés sont assemblés, leurs rainures sont au même niveau, et elles sont remplies au fur et à mesure de la pose des pavés par des liteaux en bois de chêne pour les lier et les rendre solidaires les uns des autres.

Ce pavage doit être établi sur un lit de sable bien battu.

Tous les bois sont propres à ce genre de pavage.

Le pin est préférable au sapin et au peuplier : le bouleau et l'érable valent mieux que le sapin ; mais l'ormeau, le frêne et le chêne sont les meilleurs de tous les bois pour ce genre de travail. On fait choix du bois suivant la fréquentation de la route et quand le chemin est un peu large, pour que le milieu soit plus fréquenté que les côtés, on place le bois le plus dur dans cette partie.

Ce genre de pavé peut durer six ans dans les circonstances les plus défavorables.

A Londres, on a employé des bois *kyanisés* (1). On pense dans ce pays que la hauteur des pavés doit être de 20 centimètres ; mais il vaut mieux employer des pavés plus hauts, attendu que quand on a besoin de renouveler le pavage, les vieux pavés peuvent trouver leur réemploi, lorsqu'on en a redressé la face supérieure ; autrement on est obligé de les vendre pour le chauffage, toutes les fois qu'ils n'ont pas été kyanisés.

On fait usage de pavés en bois de forme carrée quand on ne dispose que de bois déjà équarri. Si l'on avait des bois ronds, il vaudrait mieux faire les pavés à six pans : il y aurait de cette manière moins de bois perdu.

Le pavage en bois est plus propre que celui en

(1) M. Kyan, distillateur à Londres, a proposé à la marine anglaise la dissolution dans l'eau du deuto-chlorure de mercure (sublimé corrosif) pour préserver les bois de la carie sèche. Les bois sont maintenus en immersion dans un bassin en bois par des traverses, pendant le temps nécessaire à la saturation complète : un équarrissage de 35 centimètres exige 14 jours d'immersion ; pour 17 centimètres et demi, il en faut 10, et pour 8 centimètres et demi 7 jours sont suffisants. Ce genre de préservatif pour les pavés ne peut être nuisible à la santé lorsque les pavés sont en plein air ; il ne le serait peut-être pas non plus sous des hangars bien aérés.

pierre : il produit moins de boue ; le frottement des roues y est peu considérable et le roulage extrêmement doux ; mais il est glissant pendant les gelées et même à la suite des fortes pluies. On remédie à cet inconvénient de différentes manières. Quelques entrepreneurs ont employé des pavés en pin goudronnés, maçonnés avec du mastic d'asphalte.

II. PONTS EN CORDAGES

Les ponts en cordages sont essentiellement du ressort du charpentier, surtout du charpentier militaire : c'est ce qui nous a déterminé à donner ici quelques détails à ce sujet.

Tarabites

Bouyer, dans son *Voyage à la Guyane*, rapporte qu'il a vu franchir des rivières au moyen d'un cordage de cuir tendu d'une rive à l'autre, et auquel le voyageur était suspendu par de grossières poutres dans une tarabite.

La figure X (pl. XVIII) représente une de ces tarabites. C'est par un moyen semblable que les intrépides habitants de l'île de Gozzo, près Malte, traversent le détroit qui les sépare de la *Pierre du général*, pour aller récolter des champignons qu'ils y trouvent en abondance.

Ponts de hamac

M. de Humboldt, dans son *Voyage aux Cordillères*, a décrit et dessiné des ponts de cordages

établis dans le pays avec autant de simplicité que de solidité.

La figure Y (pl. XX) est la copie des dessins de l'illustre voyageur.

Ce pont a de 39 à 40 mètres de long sur 2 mètres à 2^m50 de large. Les cordes sont composées de racines filamenteuses et de lianes : elles n'ont pas moins de 16 à 20 centimètres de diamètre : elles sont tendues, autant que leur pesanteur peut le permettre, au moyen de cabestans établis sur les escarpements qui tiennent lieu de culées. Comme il leur reste, malgré la tension, une forte courbure, les Espagnols les ont appelées ponts de hamac. Les cordages grossiers sont amarrés aux culées et soutenus de distance en distance par des chevalets en charpente, et le plancher est formé de branches qu'on lie très fortement entre elles.

L'oscillation des ponts de ce genre, pendant le passage des voyageurs, rend la marche de ceux-ci assez difficile.

Ponts de cordes sur chevalets

Il existe en Europe des ponts en cordages reposant sur des culées en charpente, et dans de certains endroits on rencontre de petites passerelles en cordages portés aux deux bouts par des chevalets dont la stabilité est maintenue par des jambettes.

Quand l'espace à franchir est assez restreint pour qu'il suffise de deux travées pour le traverser, on peut établir très commodément et fort rapidement un pont au moyen d'un chevalet soutenu

par des cordages; la figure K (pl. XVIII) est une coupe suivant la longueur d'un pont construit par ce moyen.

La figure L est un plan sur lequel sont projetés les différents détails de la construction de ce pont.

La figure M est une coupe par un plan perpendiculaire à la direction du pont et passant par la ligne médiane de la figure K.

On voit que les longerons de ce pont sont appuyés, d'un bout, sur les culées, et de l'autre sur la traverse supérieure d'un chevalet dont les traverses inférieures sont soutenues par les cordages amarrés à des pieux plantés sur les culées et appuyés contre les gîtes; des croisières, amarrées à d'autres pieux, empêchent le balancement du pont.

Cette construction peut être simplifiée : au lieu d'un chevalet, on peut employer un châssis vertical pareil à l'une des moitiés du chevalet et fixé aux cordages tirants par des liens de corde, et aux longerons par de fortes chevilles; ces longerons étant eux-mêmes chevillés sur les chantiers des culées.

Ponts avec châssis en bois, pour piétons

La figure N (pl. XX) est l'élévation de la partie d'un pont de cordages contiguë à sa culée, soutenue par des cordages tendus horizontalement.

a, chevalet pour exhausser les trois cordages de suspension *b*, tendus au moyen des palans *d* fixés des deux côtés du pont à des pieux *c*.

La figure O (même planche) est une élévation du

chevalet *a* projeté sur un plan vertical perpendiculaire à l'axe du pont.

La figure P (même planche) est une coupe suivant le plan perpendiculaire à son axe.

e, montants de suspension.

f, poutrelle retenue aux montants par des clefs *g* qui traversent les tenons après qu'ils ont traversé les poutrelles.

Les cordages de suspension *b* passent dans les trous percés dans les montants *e*.

Les longerons *h* portent sur les poutrelles, les madriers du plancher sont cloués sur les longerons ou retenus par une corde de guindage : un bastin-gage sert de garde-corps.

Ponts de cordes suspendus à des mâts

Quand la rivière a trop de largeur pour qu'on puisse risquer de faire un pont de corde d'une seule portée, on divise la rivière en plusieurs travées que l'on soutient par des mâts verticaux qui portent sur le fond.

Le cas le plus simple est celui où la longueur de la rivière est partagée en deux parties égales par la mâture (fig. Z, pl. XVIII). C'est à cette mâture qu'on attache les cordages de suspension qui soutiennent, au moyen des palans, les poutrelles qui supportent les longerons sur lesquels les madriers sont cloués.

Les pieds des bigues ou mâts posent sur le fond de la rivière, et si ce fond ne présente pas assez de solidité, on établit une forte enrayure sous chaque mât et on consolide ces enrayures en coulant dessus des quartiers de roches ou de pierres.

Quand la largeur de la rivière l'exige, on augmente le nombre des mâts : la partie comprise entre deux mâts prend alors la forme d'un polygone funiculaire, et, dans ce cas, le sommet renversé du polygone de suspension ne doit pas atteindre le niveau du plancher du pont.

Nous renvoyons à l'ouvrage de M. Emy pour les détails de l'établissement des ponts de ce genre, pour la confection des nœuds de corde, ainsi que pour tout ce qui regarde la confection et l'établissement des ponts en fil de fer, qui ne sont qu'une application moderne des ponts en cordage, et dont la construction des fermes en tringles métalliques doit déjà avoir donné une idée au charpentier qui se trouverait par hasard chargé d'en construire un de peu d'importance. Dans le cas où le pont suspendu sur des fils devrait avoir une portée un peu considérable, il serait imprudent à un charpentier, qui n'aurait pas de connaissances suffisantes, d'en prendre l'exécution sous sa propre responsabilité.

APPENDICE

CHAPITRE XVII

Exécution des assemblages

SOMMAIRE. -- I. Assemblage d'angle à tenon et mortaise. -- II. Assemblage d'onglet avec pigeon. -- III. Assemblage d'onglet avec clef. -- IV. Assemblage à tenon et mortaise avec encastrement. -- V. Assemblage des pièces bout à bout. -- VI. Assemblage des pièces verticales. -- VII. Assemblage en croix. -- VIII. Assemblage à sifflet. -- IX. Assemblage à enfourchement. -- X. Assemblage à fourreau.

I. ASSEMBLAGE D'ANGLE A TENON ET MORTAISE

Cet assemblage se pratique quand deux pièces horizontales s'arrêtent à l'assemblage et forment comme un retour de cadre.

On peut exécuter cet assemblage de façon que la mortaise soit ouverte du côté extérieur, ainsi qu'on le voit figure 1. Il est bon de consolider, dans ce cas, l'assemblage avec deux chevilles.

Assemblage d'angle à mi-bois

Quand l'assemblage d'angle n'a aucune tendance

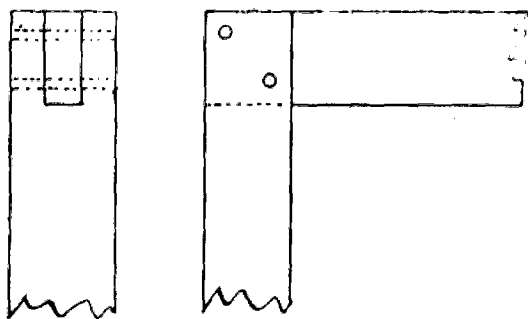


Fig. 1. Assemblage d'angle à tenon et mortaise.

à se déformer, on l'exécute à mi-bois, comme l'indique la figure 2.

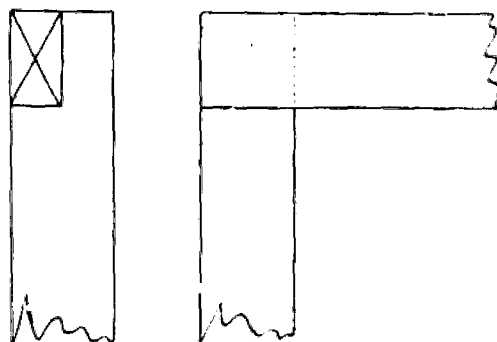


Fig. 2. Assemblage d'angle à mi-bois.

Dans la plupart des cas, on obtient un assemblage bien plus régulier et plus solide en faisant le joint suivant la diagonale qui part de l'angle; c'est l'assemblage dit d'onglet.

Assemblage d'onglet

La figure 3 représente un assemblage d'onglet à plat joint ; il est peu solide et rien ne s'oppose à la disjonction des deux pièces, ce qui fait qu'il est très peu employé.

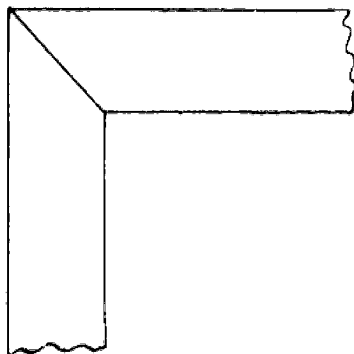


Fig. 3. Assemblage d'onglet.

Un meilleur assemblage est indiqué figure 4.

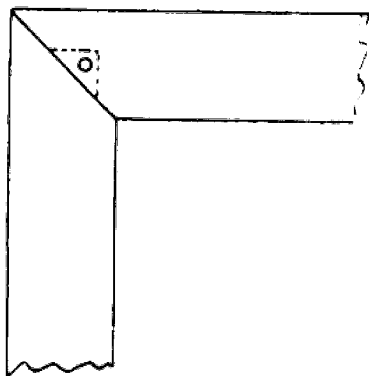


Fig. 4. Assemblage d'onglet à tenon.

L'une des pièces de l'onglet porte un tenon qui s'engage dans une mortaise triangulaire de l'au-

tre pièce de l'onglet ; on assure la rigidité de l'assemblage par une cheville.

La figure 5 représente un assemblage à double tenon ; chacune des deux pièces porte un tenon saillant et une mortaise en creux ; on consolide le tout par deux chevilles.

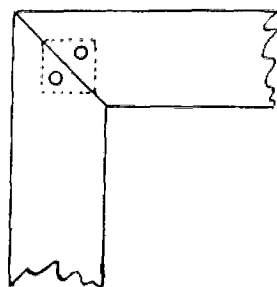


Fig. 5. Assemblage à double tenon.

II. ASSEMBLAGE D'ONGLET AVEC PIGEON

On désigne sous le nom d'assemblage d'onglet avec pigeon, un assemblage dans lequel chaque pièce porte une grande mortaise (fig. 6) qui s'étend

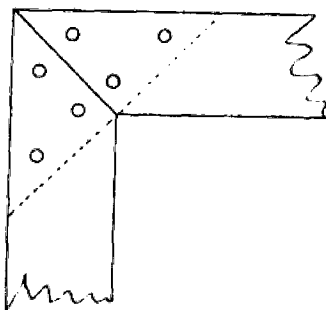


Fig. 6. Assemblage d'onglet à pigeon.

en forme de triangle jusqu'à l'angle intérieur ;

dans ces deux mortaises, on met une pièce triangulaire indépendante, d'ordinaire en bois très dur, dite *pigeon*. On consolide le tout par un certain nombre de chevilles.

III. ASSEMBLAGE D'ONGLET AVEC CLEF

Cet assemblage représenté figure 7, ne diffère du précédent que par les dimensions des mortaises ; elles sont moins grandes et sont disposées de façon à recevoir un tenon mobile T, auquel on donne le nom de clef.

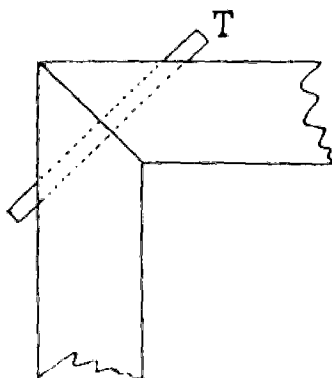


Fig. 7. Assemblage d'onglet avec clef.

IV. ASSEMBLAGE A TENON ET MORTAISE AVEC ENCASTREMENT

Supposons que l'on ait à assembler une pièce horizontale A avec un poteau B (fig. 8). Quand la pièce horizontale A porte un poids lourd, il est bon de soulager le tenon de l'assemblage en augmentant la surface de repos ; pour cela, on fait pénétrer la pièce A de un à trois centimètres sur toute

sa largeur dans le montant B, et à la suite de cet encastrement, en exécute l'assemblage ordinaire à tenon et mortaise.

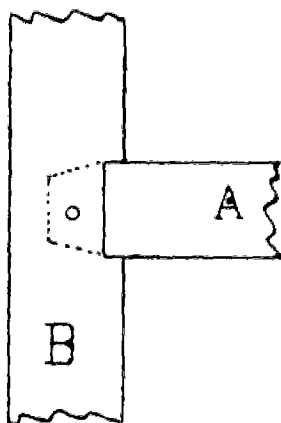


Fig. 8. Assemblage par tenon et mortaise avec encastrement.

V. ASSEMBLAGE DES PIÈCES BOUT A BOUT

Nous avons dit que le moyen le plus simple consiste à entailler les deux pièces à mi-bois, mais s'il y a une tension longitudinale, les deux pièces tendent à se disjoindre ; pour éviter cet inconvénient, on les arme par des plates-bandes en fer dépassant l'assemblage des deux bouts et fortement fixées par des boulons ou des tirefonds.

Dans le cas de flexion, on relie les deux parties assemblées par deux étriers.

Un autre moyen, pour parer aux disjonctions de cette nature, consiste à entailler en biais et dans les deux sens les extrémités des coupes, comme on le voit en élévation et en plan, figure 9. On forme

de la sorte une queue d'hironde qu'on peut maintenir par des ferrements.

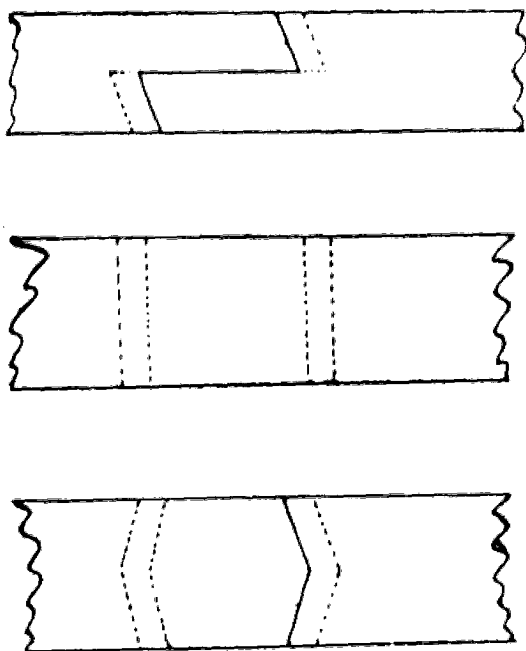


Fig. 9. Assemblage des pièces bout à bout.

VI. ASSEMBLAGE DES PIÈCES VERTICALES

Le moyen le plus simple est d'assembler les deux



Fig. 10. Assemblage des pièces debout par tenon et mortaise.

pièces verticales par tenon et mortaise (fig. 10);

mais cette disposition est rarement employée, car le tenon a tendance à faire éclater l'extrémité de la pièce portant la mortaise. On ne doit employer cette disposition que quand le point d'assemblage est parfaitement soutenu et qu'il n'y a pas de déplacement latéral possible.

VII. ASSEMBLAGE EN CROIX

On divise le plan dans les deux sens en deux parties, on forme ainsi (fig. 11) quatre carrés suivant lesquels on débite les extrémités des deux pièces sur une longueur de vingt à vingt-cinq centimètres.



Fig. 11. Assemblage en croix.

Les deux carrés hachés de la figure représentent deux tenons appartenant à la même pièce, les deux autres, ceux de la pièce ajoutée.

Cette disposition est meilleure que la précédente, mais ne résiste pas aux efforts latéraux.

VIII. ASSEMBLAGE A SIFFLET

On exécute une coupe suivant un plan incliné, allongé autant que possible, avec deux crossettes extrêmes perpendiculaires au plan incliné (fig. 12).

Cet assemblage résiste mieux aux efforts de flexion et moins bien aux compressions longitudinales.

IX. ASSEMBLAGE A ENFOURCHEMENT

Cet assemblage s'obtient par la combinaison de deux assemblages à sifflet en sens inverse, comme on le voit figure 13. Cet assemblage procure une

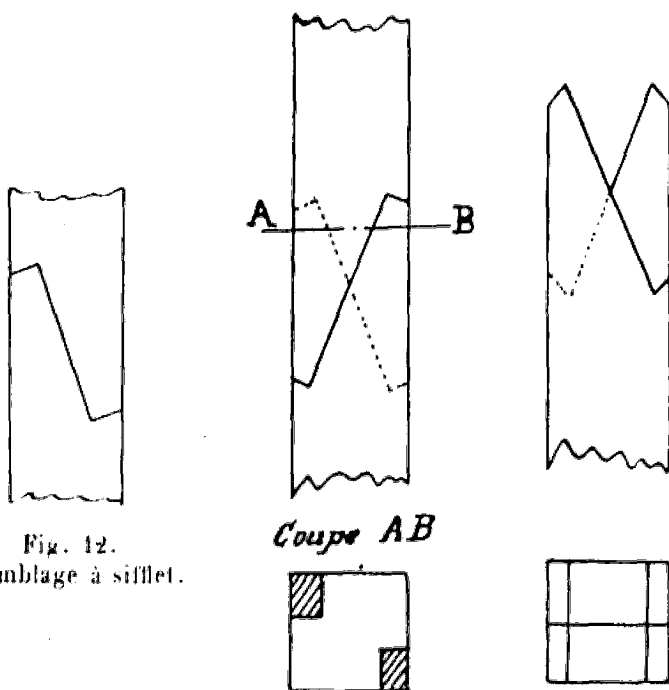


Fig. 12.
Assemblage à sifflet.

Coupe AB

Fig. 13.

Assemblage à enfourchement.

grande stabilité dans la jonction et une très bonne résistance aux efforts latéraux. Néanmoins, on peut se servir de ferrements.

X. ASSEMBLAGE A FOURREAU

On centre les deux pièces par un goujon en fer A (figure 14), puis on les calibre extérieurement pour

les faire entrer dans un fourreau B en tôle, dont la longueur est d'autant plus grande que les efforts

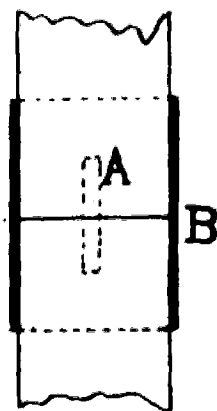


Fig. 14. Assemblage à fourreau métallique.

latéraux sont plus grands ; ce fourreau enserre les deux pièces avec le moins possible de jeu.

CHAPITRE XVIII

Construction des planchers

SOMMAIRE. — I. Emploi des lambourdes. — II. Chevêtres et solives d'enchevêtreure. — III. Assemblages des différentes pièces d'une enchevêtreure. — IV. Disposition des planchers au-dessous des foyers. Trémie. — V. Disposition des planchers mixtes en bois et en fer. — VI. Plancher en bois avec toutes les enchevêtreures en fer. — VII. Planchers en bois avec poutres et solives. — VIII. Planchers avec points d'appui intermédiaires. — IX. Poteau avec chapeau en fonte. — X. Dimension des poutres. — XI. Charge des poteaux intermédiaires. — XII. Ferrements employés dans la construction des planchers.

Nous avons déjà parlé des différents modes de construction employés; nous allons maintenant expliquer l'emploi des lambourdes dans lesdites constructions.

I. EMPLOI DES LAMBOURDES

Dans les constructions ordinaires, on donne aux solives un scellement dans les murs de 20 à 25 centimètres; ce mode de construction présente l'inconvénient d'affaiblir les murs par ces coupes rapprochées; aussi, dans les édifices soignés, on se contente de sceller dans les murs une solive de distance en distance, par exemple tous les deux

mètres, ou à tous les axes de trumeaux, ce qui relie et entretoise d'une manière très satisfaisante les maçonneries, et on porte toutes les solives intermédiaires coupées au ras des murs par des pièces en bois, d'une section un peu plus forte qu'on appelle *lambourdes*, posées le long des maçonneries entre les solives scellées; ces lambourdes sont le plus souvent posées sur des consoles ou corbeaux C (fig. 15) en pierre faisant partie des

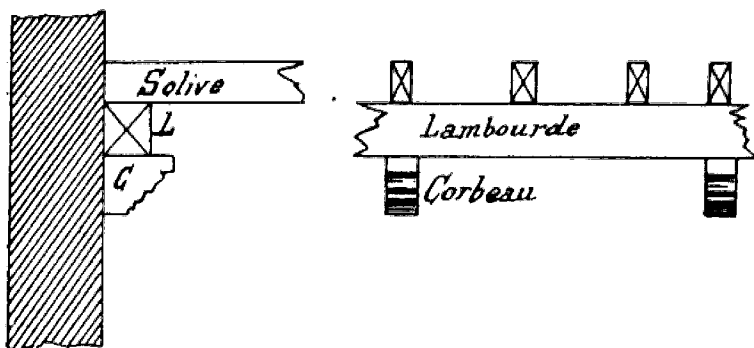


Fig. 15. Emploi de lambourdes avec consoles en pierre.

assises du mur. Cette disposition est indiquée figure 15. La lambourde L est posée en contre-bas des solives et en saillie sur le mur, et les consoles C sont réparties d'une manière régulière au plafond des pièces inférieures.

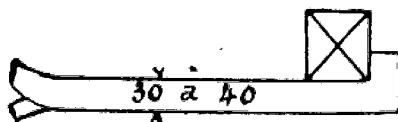


Fig. 16. Corbeau en fer.

Souvent on remplace les corbeaux en pierre par des pièces en fer carré coudées en crochets (fig. 16)

et munies d'une queue de carpe pour le scellement; on emploie pour cela du fer de 30 à 40 millimètres de côté. En pratiquant des entailles, de la même forme que les corbeaux en fer, dans les lambourdes, on évite toute saillie au dehors.

De même, si on ne veut pas que la lambourde soit visible à l'étage inférieur, on la remonte dans l'épaisseur du plancher et on assemble les solives à l'aide d'un tenon renforcé T ou une jonction à panne comme on le voit figure 17.

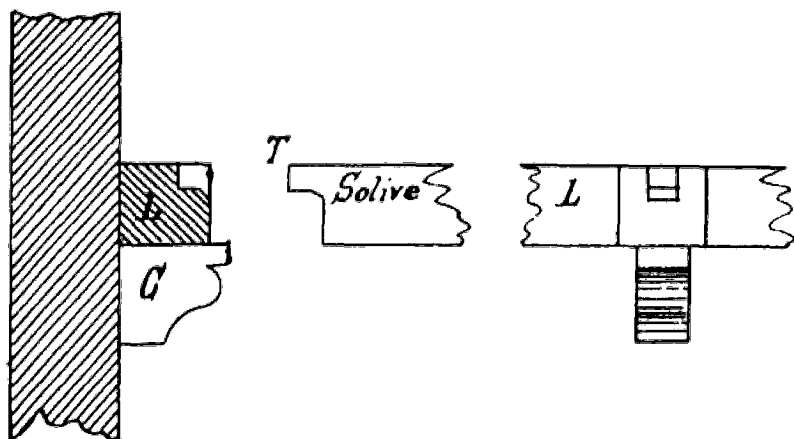


Fig. 17. Lambourde noyée dans l'épaisseur du plancher.

En remplaçant les corbeaux C par des corbeaux en fer entaillé, on évite ainsi la saillie de ces corbeaux à l'étage inférieur. On écarte ordinairement les corbeaux de 1^m 25 à 1^m 30, et rarement 2 mètres, en tenant compte de la charge que le plancher aura à porter.

II. CHEVÊTRES ET SOLIVES D'ENCHEVÊTRURE

On remplit le même but que plus haut par une disposition un peu différente qui est généralement employée aujourd'hui.

De distance en distance, tous les 1^m 50 à 2^m par exemple, on scelle dans les murs de grosses solives, dites *solives d'enchevêtrement* A, en leur donnant une bonne portée dans la maçonnerie, de 30 à 40 centimètres; on les consolide par des ancrages. Entre ces solives maîtresses, on établit d'autres pièces B (fig.

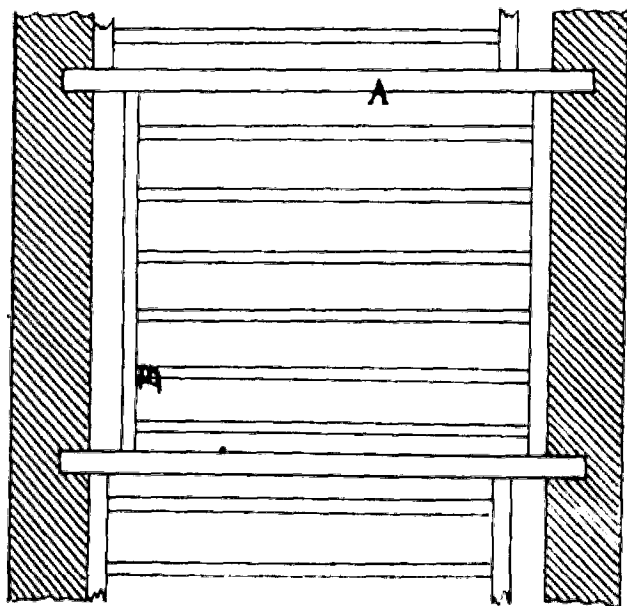


Fig. 18. Disposition d'un plancher avec chevêtres.

18), parallèles aux murs, nommées *chevêtres*. Enfin, on fait porter les solives intermédiaires sur lesdits chevêtres; l'ensemble de deux solives d'enchevê-

trure et d'un chevêtre porte le nom d'enchevêtrure.

On établit les chevêtres le plus près possible des murs, sans toutefois les toucher; on laisse ordinairement un espace libre de 8 centimètres au moins.

Quand deux chevêtres aboutissent de part et d'autre à une même solive d'enchevêtrure, comme on le voit (fig. 19), on doit éviter de faire tomber

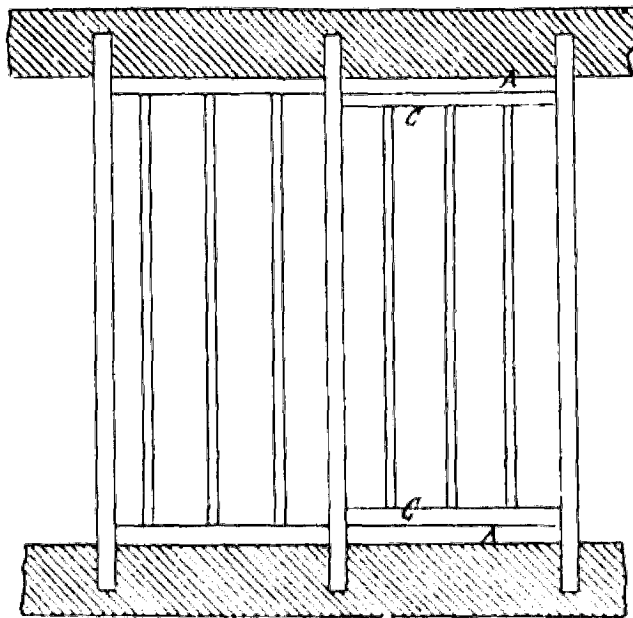


Fig. 19. Disposition d'un plancher avec chevêtres et faux-chevêtres.

les assemblages au même point, car on affaiblirait la maîtresse solive; pour cela on écarte l'un des deux chevêtres C de 30 à 35 centimètres, mais alors il reste entre celui-ci et le mur un vide qu'il serait difficile de remplir avec de la maçonnerie, si on ne prenait pas la précaution d'y placer une

solive transversale supplémentaire, dite *faux chevêtre* A, et dont les extrémités n'exigent pas des entailles aussi grandes pour l'assemblage.

On calcule les solives d'enchevêtrement non seulement en raison de la charge qu'elles doivent porter, mais aussi en tenant compte des entailles à faire pour les assemblages.

Dans la figure 18, les solives intermédiaires sont toutes de même longueur pour les travées successives, tandis que dans la figure 19, en raison de la position différente des chevêtres, elles sont inégales; dans la pratique, on choisit celle de ces deux dispositions qui utilisera le mieux le bois qu'on a à sa disposition.

III. ASSEMBLAGES DES DIFFÉRENTES PIÈCES D'UNE ENCHEVÊTRURE

Assemblage du chevêtre avec la solive d'enchevêtrement

La solive d'enchevêtrement a, comme nous l'avons dit plus haut, un scellement dans le mur de 30 à 40 centimètres; le chevêtre s'assemble avec elle à l'aide d'un tenon renforcé horizontal, comme l'indique la figure 20. De cet assemblage dépend la solidité de toute la travée du plancher; mais, comme on ne peut pas se fier d'une façon absolue sur la résistance d'un tenon, même renforcé, on doit consolider l'assemblage par un étrier en fer E, qui embrasse la solive d'enchevêtrement à sa partie supérieure et se coude de chaque côté latéralement pour former une sorte de collier sur lequel vient reposer l'extrémité entaillée du chevêtre.

L'assemblage du faux-chevêtre se fait de la même façon ; mais comme cette pièce a moins d'importance que le chevêtre, on se dispense de l'emploi de l'étrier supplémentaire. Cet assemblage est indiqué sur la même figure 20.

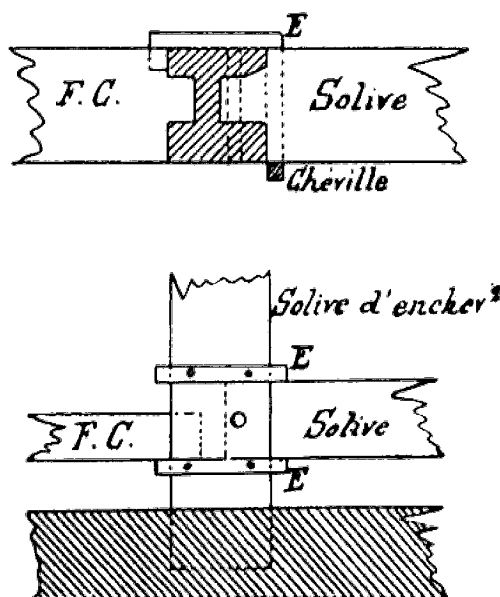


Fig. 20. Assemblage du chevêtre et du faux-chevêtre avec les solives d'enchevêtre.

Assemblage des solives courantes avec le chevêtre

L'assemblage des solives courantes avec le chevêtre se fait toujours à l'aide d'un tenon horizontal renforcé ; seulement, comme ces assemblages sont très rapprochés les uns des autres et sur une même ligne horizontale, on choisit pour les chevêtres des bois n'ayant pas de défauts, ni de tendance à se fendre au milieu ; en outre, on leur donne une

section plus grande que celle suffisante à la résistance.

La figure 21 nous montre cet assemblage par tenon renforcé et une cheville de fixation traversant toute la solive.

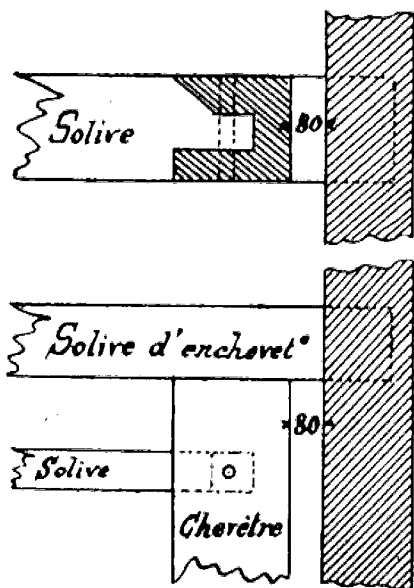


Fig. 21. Assemblage des solives courantes avec le chevêtre.

La disposition des planchers avec enchevêtreures permet de ne faire porter les pièces de bois que sur les parties pleines des murs, et non sur les voussoirs des baies ou les linteaux de bois qu'il faut toujours éviter de charger, les premiers parce qu'ils sont susceptibles de glisser sous le poids et d'amener des tassements et des crevasses dans les plafonds; les seconds parce qu'ils sont susceptibles de pourrir à l'humidité et ne présentent pas un repos assez fixe.

Les solives d'enchevêtrement se placent soit dans l'axe des trumeaux, soit sous les cloisons de séparation des pièces, soit enfin deux par trumeau, comme l'indique la figure 22. Cette disposition est généralement adoptée, car elle permet de réduire la portée des chevêtres.

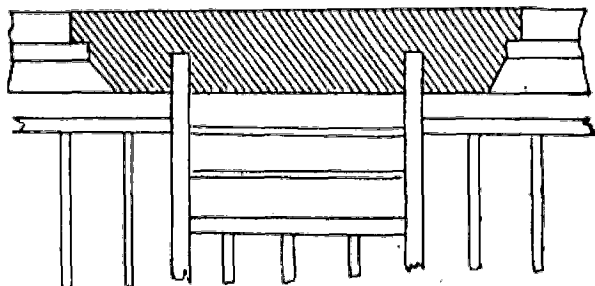


Fig. 22. Disposition des solives d'enchevêtrement dans les trumeaux.

IV. DISPOSITION DES PLANCHERS AU-DESSOUS DES FOYERS. TRÉMIE

Dans la construction d'un plancher en bois, il faut éviter de laisser passer les bois près des foyers. Au-dessous des foyers, il ne doit y avoir aucun bois, mais une partie formée de matières incombustibles; c'est cette partie du plancher qu'on nomme d'ordinaire *trémie*.

Manière de construire une trémie

La figure 23 représente une pièce comprise entre quatre murs et qui doit être chauffée par une cheminée établie au milieu de l'un d'eux en A. On

construit le plancher de telle sorte que les solives soient perpendiculaires au mur qui contient le foyer. On commence par établir deux solives d'enchevêtrement S, qui devront laisser entre leur parement intérieur et l'extérieur de la cheminée

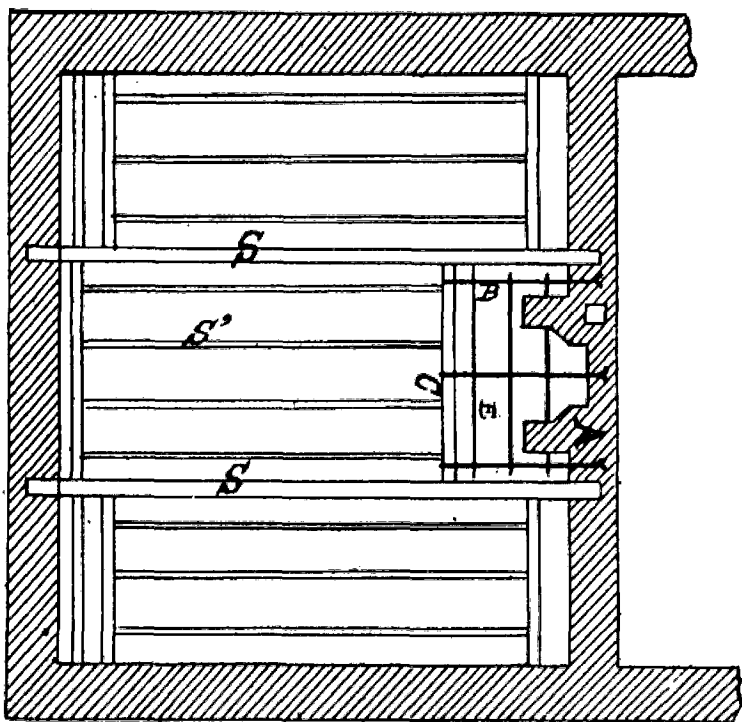


Fig. 23. Disposition d'un plancher au-dessous des foyers.

au moins 20 centimètres. En outre, s'il y a des tuyaux venant des étages inférieurs, il faudra que les solives soient écartées au moins de 16 centimètres de leur parement extérieur. Ces deux solives maîtresses SS étant placées, on établit, transversalement et dans leur intervalle, un

chevêtre C qui doit être à 1 mètre de distance du fond du foyer (réglementaire), mais par prudence on l'établit à 1 mètre du parement du mur. Sur ce chevêtre, on fixe les extrémités des solives intermédiaires S' qui se trouvent entre les deux solives maîtresses SS; le rectangle formé par le mur portant la cheminée, le chevêtre C et les deux poutres maîtresses constitue la *trémie*, et on le remplit avec de la maçonnerie. Pour la soutenir, on forme une paillasse à l'aide d'entretoises B ou d'étriers en fer et de fers carillons E transversaux.

Les entretoises, auxquelles on donne le nom de *bandes de trémie*, se posent entre le chevêtre et le mur, comme on le voit figure 24; elles sont for-

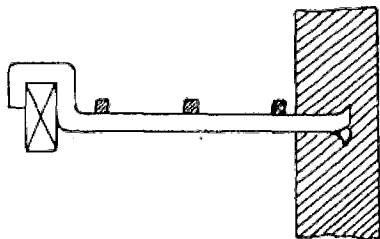


Fig. 24. Bandes de trémie à scellement dans le mur.

mées par des fers carrés de 30 à 50 millimètres, suivant la portée, coudés et contrecoudés du côté du bois pour y trouver un point d'appui convenable; à l'autre extrémité, ils sont munis d'un scellement en queue de carpe. Sur ces entretoises reposent trois fers fentons.

On peut aussi établir les bandes de trémie dans le sens perpendiculaire et prenant appui sur les deux solives d'enchevêtrement, comme l'indique la figure 25. On les contrecoude, dans ce cas, à leurs

deux extrémités, de façon à former un étrier complet. Cette disposition a l'avantage d'être indépendante du chevêtre dont les assemblages peuvent se

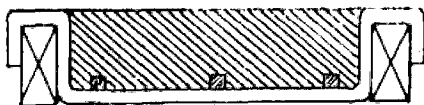


Fig. 25. Bandes de trémie s'appuyant sur les solives d'enchevêtrement.

modifier, et également parce qu'elle reporte le poids plus près de la portée des pièces d'enchevêtrement, par conséquent les fatigue moins.

V. DISPOSITION DES PLANCHERS MIXTES EN BOIS ET FER

Planchers en bois avec enchevêtrements en fer au droit des cheminées

Pour raison d'économie, dans beaucoup de villes, on conserve l'usage des planchers en bois, malgré les inconvénients qu'ils présentent, car le prix du plancher en fer est plus élevé.

Dans un plancher en bois, les pièces d'enchevêtrement sont celles qui se détériorent le plus vite ; d'autre part, en raison des assemblages, on donne des dimensions considérables à ces pièces. On a donc cherché, aujourd'hui qu'on trouve dans le commerce des fers à très bon compte, à remplacer les dispositions qu'on vient de décrire par une construction de planchers mixtes très simples, tout en présentant une plus grande sécurité.

elles par des boulons à double écrou B, permettant de fixer leur écartement et espacés tous les 80 centimètres à 1 mètre. Les intervalles entre les dites solives sont hourdés en maçonnerie ; sur cette maçonnerie, on viendra ensuite poser la cheminée sans aucune crainte d'incendie. De part et d'autre de ce plancher en fer, on établit les solives en bois C, parallèlement à celles en fer A, portant sur deux chevêtres D qui sont soutenus d'une part par les solives extrêmes en fer, et de l'autre par des scellements dans les murs.

Il est bon de relier la dernière solive en fer avec la première en bois par des boulons à quatre écrous et hourder l'intervalle avec de la maçonnerie, pour éviter des fentes longitudinales sur les plafonds en dessous.

L'assemblage du chevêtre en bois, qui porte souvent le nom de *linçoir*, avec la solive en fer, se fait de la façon suivante : on commence par découper l'extrémité du bois suivant le profil de la solive en fer, et on le supporte ensuite à l'aide d'un étrier qui est noyé à la partie inférieure de la pièce, pour ne pas faire saillie sur le plafond.

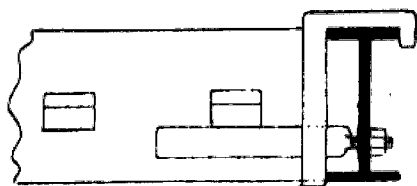


Fig. 27. Assemblage de chevêtre en bois avec la solive en fer.

Cette disposition présente l'inconvénient suivant : l'étrier en fer ajouté au chevêtre n'empêche pas la

disjonction; alors, pour remédier à cet inconvénient, on relie les deux pièces par des équerres, ou mieux par des boulons à plates-bandes et talons, ce qui a l'avantage de rappeler les deux pièces et de les serrer l'une contre l'autre. La figure 27 montre cette disposition.

Autre disposition d'un plancher mixte

Dans cette disposition, présentée figure 28, les

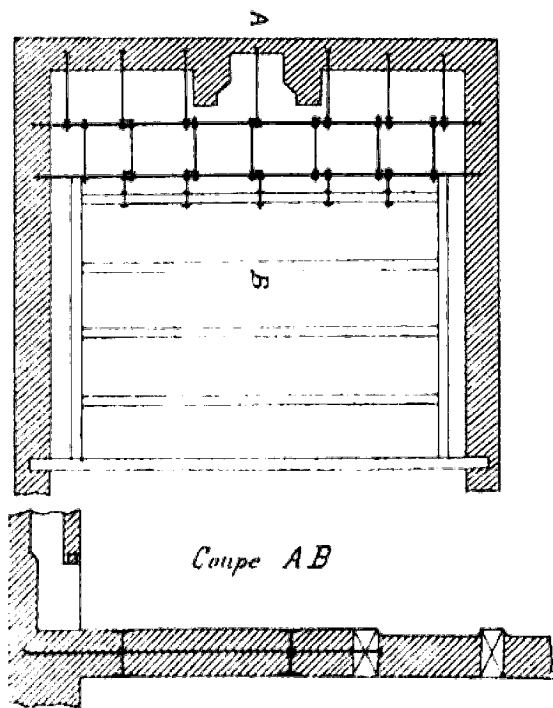


Fig. 28. Disposition d'un plancher mixte avec solives d'enchevêtreure parallèles au mur du foyer.

solives d'enchevêtreure en fer sont parallèles au mur à cheminée et sont maintenues à l'écartement

par des boulons à quatre écrous. La solive la plus près du mur à cheminée est reliée à ce mur par des boulons à double écrou à l'une de leurs extrémités, et à scellement à l'autre. Le reste du plancher en bois est composé par des solives placées parallèlement à celles en fer. On réunit la première solive en bois avec celle en fer, par des boulons à quatre écrous, et on remplit l'intervalle avec de la maçonnerie. Ces solives en bois sont portées par deux chevêtres transversaux.

VI. PLANCHER EN BOIS AVEC TOUTES LES ENCHEVÊTURES EN FER

Si on tient compte du prix et de la sécurité dans la construction d'un plancher, on croit qu'on a grand avantage de remplacer toutes les enchevêtrures par des solives en fer à planchers, ne réservant le bois que pour les remplissages des intervalles. On doit alors faire des solives d'enchevêtrure plus fortes, en les composant avec deux fers à plancher, espacés de 25 centimètres environ, et on hourdit l'intervalle ; on profite de cette disposition pour les placer au droit des cloisons.

Les chevêtres sont également formés par des fers à té à ailes ordinaires, sur les joues desquels on boulonne des pièces en bois destinées à porter les solives ; on peut encore les former par des fers à larges ailes, qui reçoivent directement les solives en bois.

On assemble les chevêtres sur les faces latérales des solives d'enchevêtrure par des équerrés en fer, de la manière ordinaire ; la seule différence d'avec

la disposition des planchers tout en bois, est qu'on peut faire tomber l'assemblage au même point, ce qui simplifie le travail sans affaiblir la pièce portante. Dans le premier cas, les solives en bois s'assemblent sur les joues en bois du chevêtre, de la façon ordinaire, par tenon renforcé; dans le second cas, elles s'appuient sur la large aile inférieure et sont reliées, au moins quelques-unes d'entre elles, avec le chevêtre par des boulons à plates-bandes, comme on l'a déjà vu. Ces deux assemblages sont représentés figures 29 et 30.

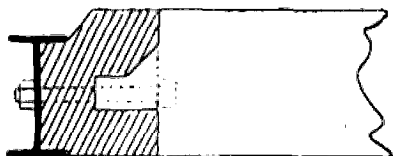


Fig. 29. Assemblage des solives en bois avec les solives d'enchevêtreure en fer à ailes ordinaires.

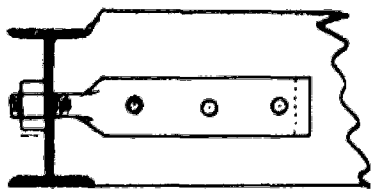


Fig. 30. Assemblage des solives en bois avec les solives d'enchevêtreure en fer à larges ailes.

Cette disposition (fig. 31) de plancher mixte est recommandable, car elle donne toute sécurité, tant au point de vue de la solidité que du danger du feu. L'emploi du fer permet de faire des chevêtres de plus grande portée, ce qui permet d'écartier

davantage les poutres d'enchevêtreure, et simplifie par suite le travail ; seulement, il faut tenir compte des efforts qui s'exercent sur chaque pièce et choisir le profil correspondant à la résistance qu'on désire avoir.

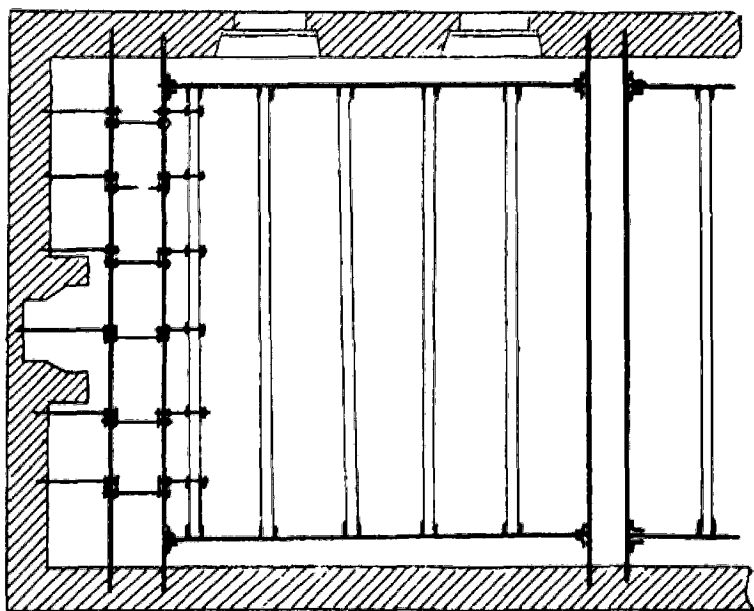


Fig. 31. Disposition d'un plancher mixte avec toutes les solives d'enchevêtreure en fer.

En outre, on a l'avantage de mieux entretoiser les murs qu'avec les poutres en bois ; la seule précaution à prendre est d'augmenter la surface de portée des poutres, en mettant des semelles au-dessous des fers, ce qui répartit convenablement la pression sur la maçonnerie.

VII. PLANCHERS EN BOIS AVEC POUTRES ET SOLIVES

Lorsque la portée d'un plancher dépasse 4 à 5 mètres, il y a plus d'avantage d'employer un autre système de construction. On jette d'abord des grosses pièces de bois allant d'un mur à l'autre, que l'on appelle des *poutres*, et sur ces poutres on fait reposer des pièces de bois plus faibles, dites *solives*.

Un plancher construit de cette façon est représenté par la figure 32; comme les poutres doivent porter toute la charge, elles doivent être saines sur toute leur longueur, et leurs extrémités doivent reposer sur une surface assez grande, par rapport à la charge qu'elles y apportent.

Si le mur est construit en petits matériaux, on place sous les poutres une assise en pierre de taille destinée à répartir la pression sur une surface suffisante de ces petits matériaux et à s'opposer au dédoublement du mur.

Disposition d'un plancher avec solives simplement posées sur les poutres

La figure 32 nous montre comment on doit disposer les poutres et les solives dans ce cas.

La poutre A repose sur une assise de pierre, qui forme souvent saillie au plafond de la pièce en dessous, ce qui présente le double avantage de diminuer la portée et d'augmenter la surface de repos. Les solives S sont posées simplement sur le dessus des poutres; la plus rapprochée du mur

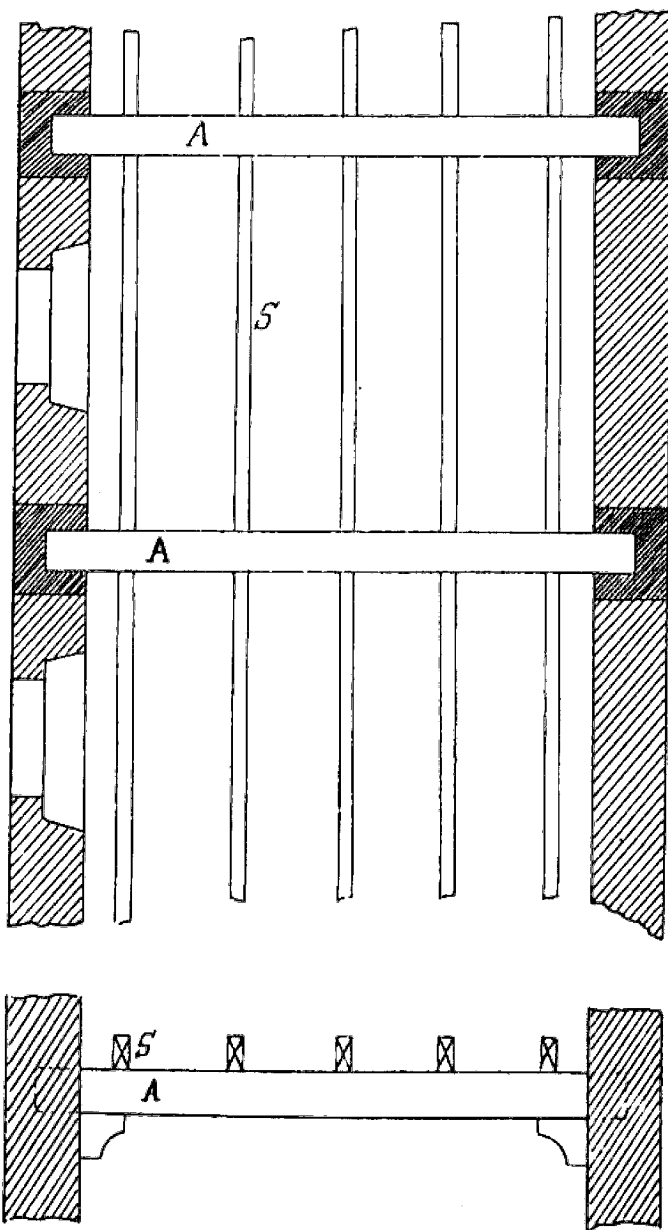


Fig. 32. Disposition d'un plancher à poutres et solives.

doit se trouver à une distance de 80 millimètres de ce mur.

Pour empêcher les solives de se déverser quand elles sont très hautes, on coupe des bouts de mardriers ou de bastaings de la longueur exacte des entrevous et on les cloue entre les abouts de solives par des clous assez longs lardés en biais.

Lorsqu'on ne peut pas trouver de poutres bien saines, on les compose par deux pièces de bois parallèles, dites *jumelées*, séparées par un petit intervalle que l'on maintient aussi régulier que possible par des petites cales C, assemblées par des boulons placés tous les mètres environ et traversant les petites cales d'écartement, comme cela se voit sur la coupe transversale de la figure 33.

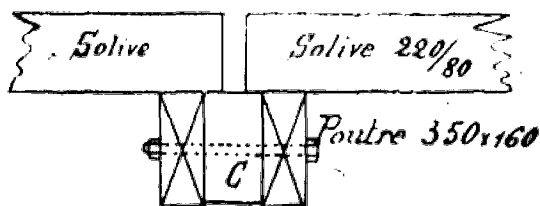


Fig. 33. Disposition d'un plancher avec solives posées sur poutres jumelées.

Quand les solives sont posées sur une poutre d'un seul bois, on les met bout à bout (fig. 34), si ladite poutre est assez large.

Si la poutre n'est pas assez large, on place les solives côte à côte (fig. 34), mais cette disposition présente l'inconvénient d'avoir des files de solives ne se correspondant pas en prolongement dans les travées successives.

Pour éviter cet inconvénient, on emploie la dis-

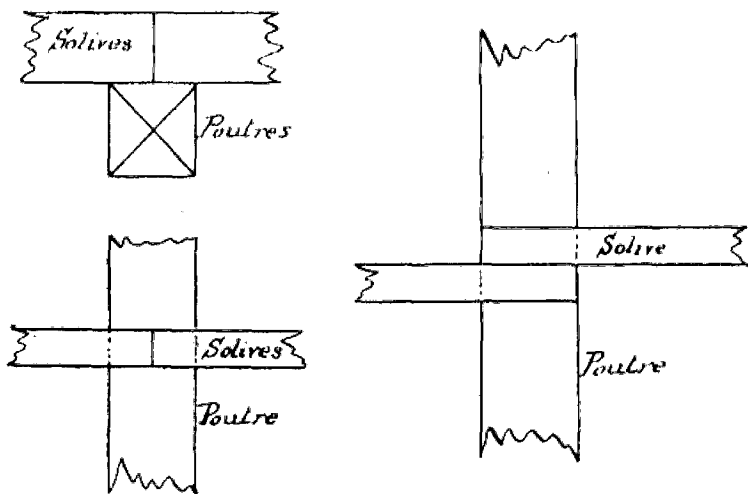


Fig. 34. Disposition des solives sur les poutres.

position de la figure 35, dans laquelle les solives sont coupées en biais (en plan) avec crossette pour

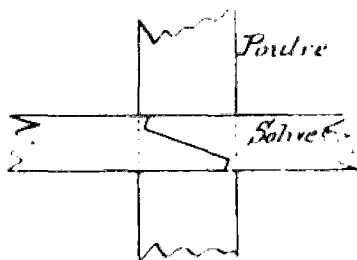


Fig. 35. Autre disposition des solives sur les poutres.

éviter les angles trop aigus. Cette disposition entraîne une petite perte de bois.

Disposition d'un plancher avec solives assemblées à la partie latérale et supérieure des poutres

Les solives sont assemblées dans cette disposition (fig. 36) à mi-bois et à queue d'aronde à la partie supérieure de la poutre.

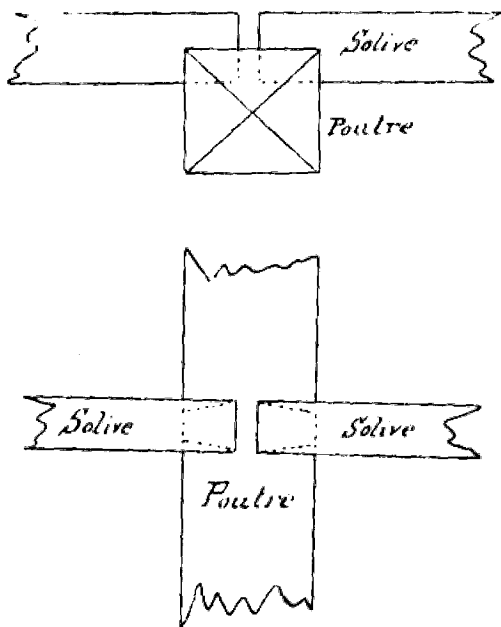


Fig. 36. Assemblage des solives à la partie latérale et supérieure des poutres.

Souvent, on assemble les solives dans toute leur hauteur avec la partie supérieure des poutres par un assemblage à paume renforcé et représenté figure 37. Si cet assemblage était fait avec précision, il n'y aurait pas lieu de tenir compte, dans les calculs de résistance des poutres, de l'affaiblissement occasionné par les entailles ; mais, par prudence, on doit donner une section un peu plus

forte, car l'ajustement des deux pièces de bois n'est jamais précis. Dans cette disposition, les solives s'opposent au rapprochement des poutres,

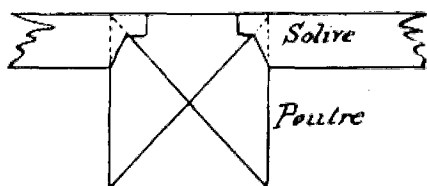


Fig. 37. Assemblage des solives à paume renforcé.

et il suffit de quelques plates-bandes doubles réunissant les solives entre elles pour compléter le chaînage longitudinal.

On peut supprimer les entailles d'assemblage en faisant porter les solives sur des lambourdes longitudinales longeant les poutres et soutenues tous les mètres environ par des étriers en fer carré coudés et contre-coudés, comme l'indique la figure 38. En outre, on assure une bonne liaison

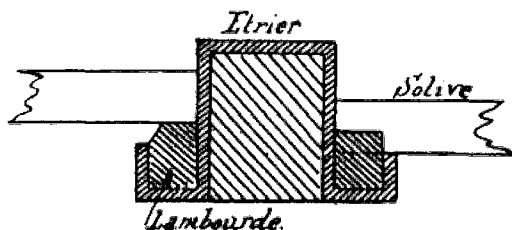


Fig. 38. Solives portant sur lambourdes.

avec des clous de 16 centimètres de longueur. Sur la partie à droite de cette même figure, on a représenté une disposition un peu différente et dans laquelle la lambourde est remontée dans l'épaisseur de la solive ; l'assemblage se fait alors à entailles.

Disposition d'un plancher avec poutres logées tout entières dans l'épaisseur du plancher

Dans les deux exemples que nous venons de donner les maîtresses poutres sont visibles au-dessous du plafond de la pièce inférieure ; souvent on désire que les poutres elles-mêmes soient cachées dans l'épaisseur du plancher.

Pour résoudre ce problème, on fend la poutre en deux par un trait de scie biais, par rapport aux faces ; on obtient ainsi deux morceaux de section trapézoïdale (fig. 39) que l'on adosse par

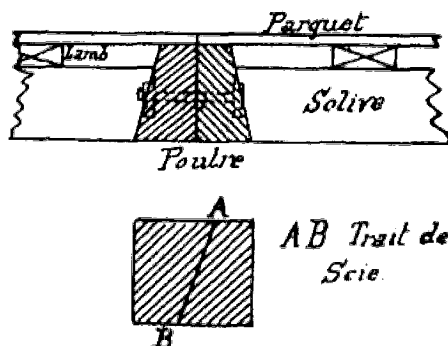


Fig. 39. Disposition d'un plancher avec poutre noyée dans l'épaisseur des solives.

leurs faces verticales et qu'on réunit par des boulons de 20 à 25 millimètres, espacés de un mètre environ ; les solives viennent reposer par leurs abouts sur les faces biaises de la poutre ainsi reconstituée et l'assemblage se fait par tenon et mortaise. De cette façon, on supprime l'emploi des lambourdes, le biais des faces de la poutre en faisant fonction,

Chambres d'air. — Dans toute construction de plancher, quand les portées des poutres sont dans des murs humides ou lents à sécher, on doit établir des *chambres d'air*, c'est-à-dire réserver un espace libre communiquant avec l'extérieur par un ou plusieurs trous, destinés à assécher les portées ; sans cette précaution, au bout d'un certain temps, les portées s'échauffent et pourrissent ; la figure 40 donne cette disposition de chambre d'air.

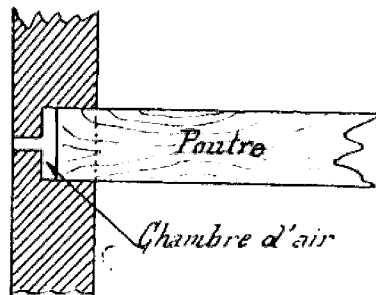


Fig. 40. Chambre d'air.

VIII. PLANCHERS AVEC POINTS D'APPUI INTERMÉDIAIRES

Lorsque la portée d'une poutre dépasse 5 mètres, il est indispensable de la soutenir par un ou plusieurs points d'appui intermédiaires, en tenant compte de la charge qu'elle doit porter.

Appui intermédiaire simple

Le moyen le plus simple de créer un point d'appui intermédiaire entre les extrémités d'une

poutre, consiste à placer sous la poutre et à son milieu, si cela est possible, un poteau vertical qui prendra ainsi une partie de la charge et la reportera par son pied sur son assise.

Ce poteau est assemblé avec la poutre par un goujon s'engageant dans les deux pièces de bois ; la partie basse d'un poteau repose sur une fondation convenable, mais il ne doit pas s'approcher du sol, dont l'humidité lui serait nuisible. Pour

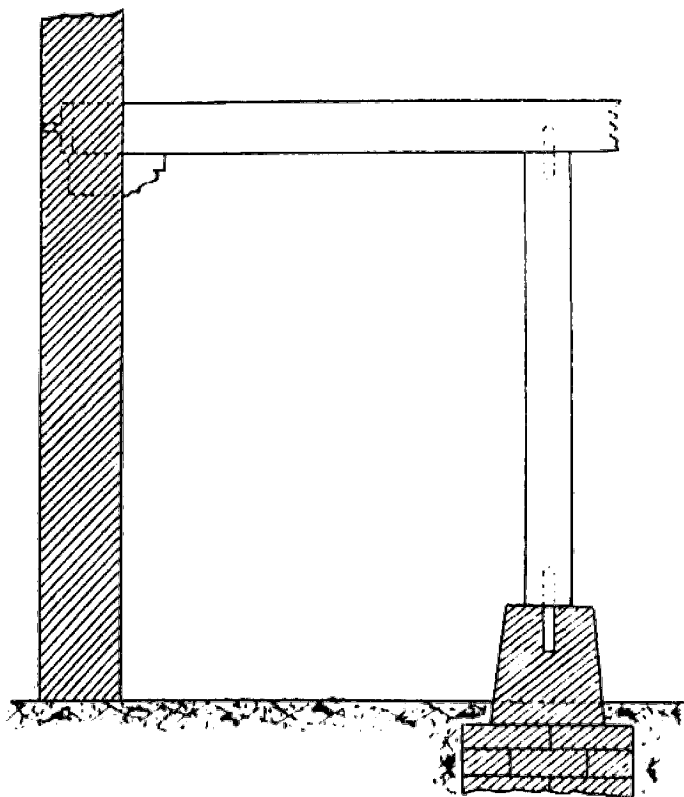


Fig. 41. Point d'appui intermédiaire simple.

cela, on arrête le bois à 0^m 50 du sol et on le fait porter sur un dé en pierre (figure 41), de forme

d'un tronc de pyramide quadrangulaire, qui repose sur la maçonnerie de fondation. L'extrémité du poteau formant tenon pénètre de 5 à 6 centimètres dans une mortaise creusée dans le dé ; mais cette disposition est très mauvaise, car l'eau s'accumule dans la mortaise et le bois pourrit. Le moyen le plus pratique et le meilleur consiste à percer à la mèche un trou dans l'axe du poteau et y introduire de force un goujon de fer galvanisé de 20 à 25 millimètres, ayant une saillie de 10 centimètres environ ; on fait un trou identique dans la pierre, dans lequel s'engagera la saillie du goujon de toute sa longueur. Ce goujon s'oppose, en outre, au déplacement latéral du poteau sous l'action de chocs extérieurs.

C'est cette disposition qu'on a indiquée sur la figure 41.

Appui intermédiaire avec sous-poutre

Si la poutre a une très grande portée et est sou-

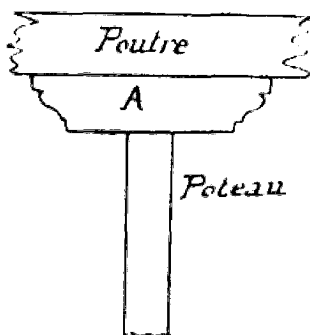


Fig. 42. Point d'appui intermédiaire avec sous-poutre.

mise à une charge considérable, on soulage beau-

couper cette poutre en interposant entre elle et le poteau intermédiaire une pièce de bois A (fig. 42) de petite longueur et horizontale, dite *sous-poutre*. Cette sous-poutre, par sa résistance à la flexion, concourt avec celle de la maîtresse poutre et augmente la rigidité de la pièce.

Appui intermédiaire avec contre-fiches

Dans beaucoup de cas, on remplace la sous-poutre par deux pièces obliques A (fig. 43) assem-

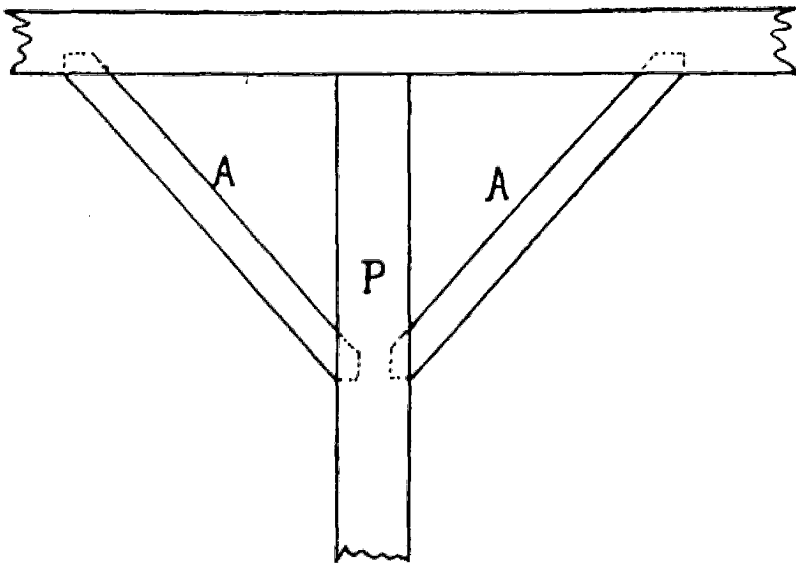


Fig. 43. Appui intermédiaire avec contre-fiches.

blées à tenon, mortaise et embrèvement, d'une part avec le poteau P et d'autre part avec la poutre. Ces pièces obliques portent le nom de *contre-fiches* ou *écharpes* et diminuent la portée de la poutre par l'élargissement de la tête du poteau.

Appui intermédiaire avec sous-poutre et contre-fiches

On peut combiner la sous-poutre avec les contre-fiches avec avantage ; on obtient ainsi un ensemble d'une rigidité très grande. Les contre-fiches viennent dans ce cas s'assembler avec les sous-poutres, comme cela se voit figure 44.

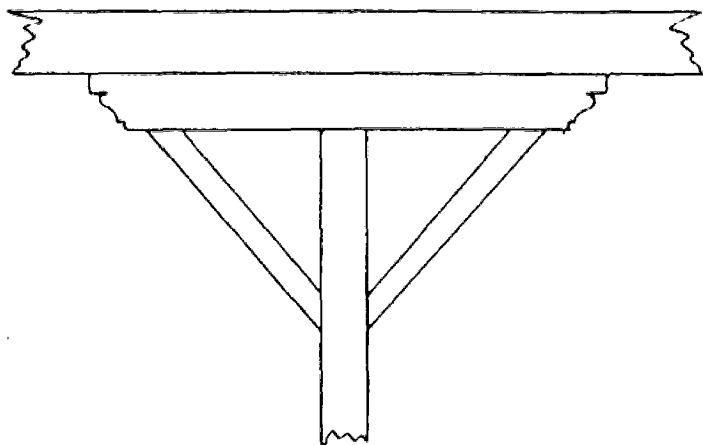


Fig. 44. Point d'appui intermédiaire avec sous-poutre et contre-fiches.

Dans toutes ces constructions, il ne faut pas exagérer les dimensions des contre-fiches, parce que les composantes horizontales de leurs pressions sur les côtés du poteau ne s'annulent que lorsque les deux travées voisines du poteau sont chargées de la même façon ; si une travée est seule chargée, la contre-fiche correspondante pourrait donner une composante horizontale capable de déterminer la rupture du poteau par flexion, soit par la position de son point d'application, soit par son intensité.

Si les bâtiments sont très larges, on place plusieurs appuis intermédiaires, et dans ce cas les poutres ne sont pas d'une seule pièce; on aboute les pièces de bois et on s'arrange de manière que les assemblages à mi-bois ou à trait de Jupiter se trouvent sur les poteaux où la flexion est nulle.

On doit se rendre compte aussi si le poteau, sous la charge, ne pénètre pas dans la poutre. Pour éviter cela, au moment du montage, on interpose entre la poutre et la tête du poteau une feuille mince de zinc ou de plomb; cela suffit pour éviter l'impression du poteau dans la poutre.

IX. POTEAU AVEC CHAPEAU EN FONTE

Une meilleure disposition pour éviter cette même pénétration consiste à terminer le poteau par un

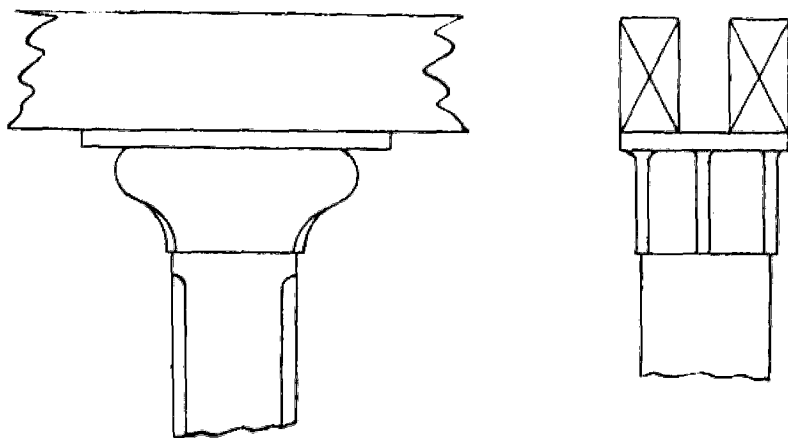


Fig. 45. Poteau avec chapeau en fonte.

chapeau en fonte qui présente à la poutre une surface de contact suffisante pour toute sécurité.

Ce chapeau en fonte a 20 centimètres de hauteur et coiffe le poteau légèrement entaillé; dans le sens longitudinal, c'est-à-dire parallèlement aux poutres, le chapeau s'élargit pour augmenter la surface de repos (fig. 45), cet élargissement étant soutenu par des consoles.

Poteaux superposés

Lorsque le bâtiment a plusieurs étages et que les poutres ont un ou plusieurs points d'appui intermédiaires à chaque étage, on doit se préoccuper de placer tous ces points sur les mêmes verticales, de façon à n'avoir que des files de poteaux se superposant et dont la charge va en augmentant du sommet jusqu'à la base.

Il est très difficile de trouver dans le commerce du bois assez long et dont la section permettrait de faire un poteau d'une seule pièce pour plusieurs étages; on est obligé d'avoir un poteau séparé par étage, et, dans ce cas, si le nombre des étages est petit et la charge faible, on fait reposer le poteau du haut directement sur la poutre; il faut seulement s'assurer si la pression sur la poutre ne dépasse pas la limite de sécurité de la charge que la poutre peut porter, surtout si elle est déjà fléchie à l'endroit du poteau, ce qui arrive si cette poutre est d'un seul morceau.

Dans le cas d'un grand nombre d'étages, cette disposition devient mauvaise, et il faut employer les poteaux avec chapeaux en fonte, ce qui permet de faire reposer les poteaux les uns sur les autres sans charger les poutres.

La figure 46 représente en élévation et en coupe deux poteaux A et B reposant l'un sur l'autre par l'intermédiaire du chapeau en fonte C; le poteau supérieur s'y fixe par l'intermédiaire d'un tenon s'engageant dans une mortaise venue de fonte sur

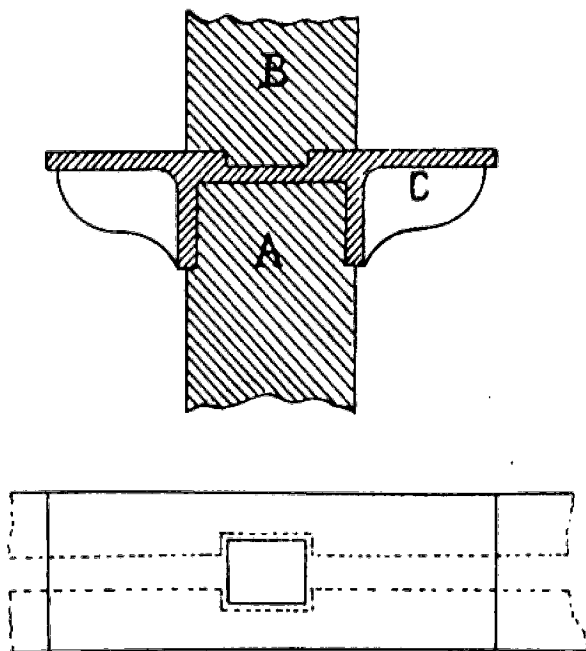


Fig. 46. Poteaux superposés reposant les uns sur les autres par l'intermédiaire d'un chapeau en fonte.

le chapeau. La vue en plan indique que, grâce à l'élargissement longitudinal du chapeau, l'entaille faite aux poutres pour laisser passer le poteau supérieur laisse assez de surface de repos sur la tablette du chapeau.

Poteaux d'une seule pièce pour plusieurs étages

Quand on trouve des pièces de bois assez longues, il est plus économique de faire un poteau d'une seule pièce, depuis le bas jusqu'au sommet du bâtiment, ce qui arrive quand on fait les poteaux en sapin.

Les poutres, dans ce cas, sont jumelées, passent de chaque côté des poteaux (fig. 47) et sont soutenues aux points de croisement.

On profite de ces points de croisement pour y jonctionner bout à bout les pièces de bois horizontales ; à l'aide de contre-fiches C, D, placées dans les deux sens, on rend les angles invariables. Dans le sens transversal, on établit ces contre-fiches C entre poteau et poutre ; dans le sens longitudinal, elles sont établies entre poteau et une solive principale S qui est disposée pour cet usage, et en même temps facilite le montage et le réglage de toute la carcasse avant la pose des autres solives.

Les deux poutres P entourent le poteau et sont légèrement entaillées, un boulon d'assemblage traverse de part en part ces poutres et le poteau ; on augmente la surface de contact au moyen de deux pièces de bois, dites *chantignolles*, A A, s'encastant, par embrèvement à leur partie inférieure, dans le poteau, et maintenues, à leur partie supérieure, serrées contre ce même poteau par un boulon de 20 à 22 millimètres.

Il faut avoir soin de ne pas faire aboutir les quatre contre-fiches C et D au même point du poteau, pour que les entailles n'affaiblissent pas trop la résistance de celui-ci.

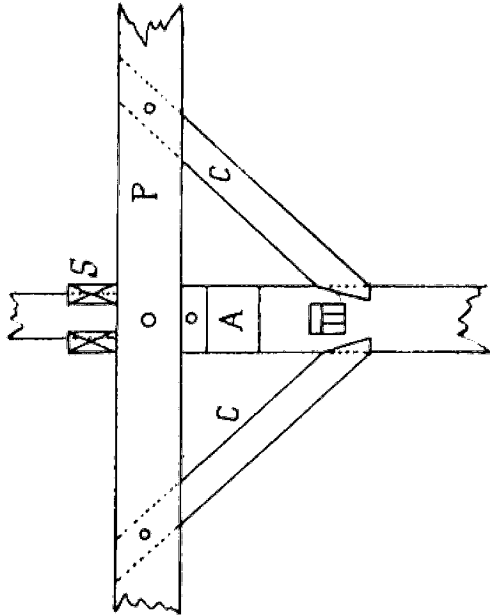
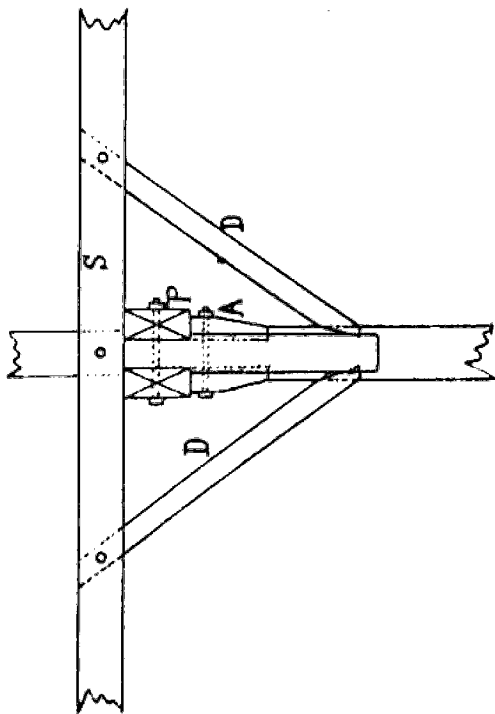


Fig. 17. Poteaux d'une seule pièce pour plusieurs étages.

X. DIMENSIONS DES POUTRES

Dans chaque cas particulier, on doit déterminer les efforts auxquels sont soumises les poutres ; on en déduira le moment de flexion maximum, et ce dernier servira à son tour pour trouver les dimensions transversales qu'il conviendrait de donner pour la section de la poutre.

Lorsque les charges sont uniformément réparties, on se sert des tableaux donnés pages 307 et suivantes.

Voici quelques dimensions de poutres qui peuvent s'appliquer à des planchers d'habitations ordinaires :

Portée	Entr'axes des poutres	Dimensions des poutres
4 ^m » à 4 ^m 50	3 ^m »	0 ^m 33 × 0 ^m 23
4 » à 4 50	4 »	0 36 × 0 26
5 »	3 »	0 37 × 0 26
5 »	4 »	0 42 × 0 30
6 »	3 »	0 44 × 0 42

Au delà, il faut recourir aux poteaux intermédiaires ; on donne à la portée une profondeur de 30 à 40 centimètres.

XI. CHARGE DES POTEAUX INTERMÉDIAIRES

Il est facile de déterminer la charge que les poteaux reçoivent de la part des poutres qu'ils supportent.

Lorsqu'il n'y a qu'un poteau, c'est-à-dire deux travées pour la largeur du bâtiment, et que ces travées sont égales, si la poutre est d'un seul mor-

ceau et uniformément chargée, le poteau milieu reçoit les $\frac{5}{8}$ de la charge totale de la poutre.

Si la poutre est en deux pièces, avec assemblage sur le poteau, le poteau ne porte plus que la moitié de la charge; au delà de deux travées, le poteau ne reçoit que la charge de deux demi-travées voisines. Une fois cette charge déterminée, on obtient la section du poteau par le tableau suivant :

(Voir les Tableaux pages suivantes.)

TABLEAU donnant la section et les charges de sécurité dont on peut charger les poteaux ci-contre pour des longueurs de 4 à 8 mètres.

Equarris- sage	Section en milli- mètres carrés	Charge de sécurité dont on peut charger les poteaux ci-contre pour des longueurs de : (On prend comme coefficient de sécurité le 1/7 de celui de la rupture.)							
		1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m
0 ^m 08	6400	3 ^k 008	1 ^k 800	1 ^k 120	0 ^k 600	»k »	»k »	»k »	»k »
0 10	10000	5 400	3 500	2 450	1 600	0 900	» »	» »	» »
0 12	14400	8 150	6 200	4 200	3 »	2 »	1 100	» »	» »
0 14	19600	11 200	8 800	6 700	5 »	3 950	2 500	1 700	» »
0 16	25600	14 900	12 400	9 400	7 300	5 850	4 400	3 200	2 400
0 18	32400	19 200	16 600	13 300	10 500	8 500	6 900	5 400	4 »
0 20	40000	24 »	21 300	17 700	14 300	11 600	9 500	7 700	6 »
0 22	48400	29 »	26 500	22 600	18 600	15 400	12 900	10 700	9 »
0 24	57600	34 500	32 »	28 200	23 800	19 800	16 700	14 600	12 500
0 26	67600	40 500	38 »	34 600	29 »	24 600	21 »	18 »	15 600
0 28	78400	47 »	45 »	40 800	36 »	31 »	26 »	22 800	20 »
0 30	90000	54 »	52 »	48 »	42 400	36 400	31 600	27 600	24 600
0 32	102400	61 400	60 »	56 »	51 »	44 400	38 400	33 400	29 300
0 34	115600	69 »	68 800	64 »	58 500	51 600	45 400	39 800	35 200
0 36	129600	77 700	76 800	72 800	67 »	59 600	52 600	46 »	41 600
0 38	144400	86 600	85 »	81 »	74 »	66 »	59 »	53 »	47 »
0 40	160000	96 »	95 »	91 »	86 »	78 »	69 »	61 »	56 »

TABLEAU

donnant les charges totales uniformément réparties dont on peut charger les pièces de bois des dimensions suivantes :

Hauteur en centimètres	Largeur en centimètres	Moment d'inertie de la section transversale	I V	Charges totales de sécurité uniformément réparties pour les portées de .										
				1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m			
6	1	0.000000180	0.000006	kilogr.	28	14	8	5	3	2	kilogr.	kilogr.	kilogr.	
	2			56	28	16	10	6	4	4	4	4	4	
	3			84	42	24	15	9	6	6	6	6	6	6
	4			112	56	32	20	12	8	8	8	8	8	8
	5			140	72	40	25	15	10	10	10	10	10	10
	6			168	84	48	30	18	12	12	12	12	12	12
8	1	0.00000427	0.000010	kilogr.	47	22	14	9	6	3	1	1	kilogr.	
	2			94	44	28	18	12	6	6	6	6	6	
	4			188	88	56	36	24	12	12	12	12	12	
	6			282	132	84	54	36	18	18	18	18	18	
10	1	0.00000853	0.000016	kilogr.	376	176	112	72	48	24	8	8	kilogr.	
	2			76	37	23	16	10	7	7	7	7	7	
	4			152	74	46	32	20	14	14	14	14	14	
	6			304	148	92	64	40	28	28	28	28	28	

Hauteur en centimètres	Largeur en centimètres	I Moment d'inertie de la section transversale	I — V	Charges totales de sécurité uniformément réparties pour les portées de :							
				1 ^m kilogr.	2 ^m kilogr.	3 ^m kilogr.	4 ^m kilogr.	5 ^m kilogr.	6 ^m kilogr.	7 ^m kilogr.	8 ^m kilogr.
				456	222	138	96	60	42	24	12
				608	303	184	128	80	56	32	16
				760	370	230	160	100	70	40	20
		0.000001440	0.000024	114	56	34	24	19	12	8	5
				228	112	68	48	38	24	16	10
				456	224	136	96	76	48	32	20
				684	336	204	134	114	72	48	30
				912	448	272	192	152	96	64	40
				1140	560	340	240	190	120	80	50
				1368	672	408	288	228	144	96	60
		0.000002287	0.000032	152	74	47	32	24	17	12	8
				306	148	94	64	48	34	24	16
				632	298	188	128	96	68	48	32
				913	444	282	192	144	102	72	48
				1224	592	383	256	192	136	96	64
				1530	740	470	320	240	170	120	80
				1836	888	564	384	288	204	144	96
				2142	1036	658	448	336	238	168	112

16	1	0.000003413	0.0000043	204	99	64	45	33	25	19	12
	2			408	498	128	90	66	50	38	24
	4			816	396	256	180	132	100	76	48
	6			1224	594	384	270	198	150	114	72
	8			1632	792	512	360	264	200	152	96
	10			2040	990	640	450	330	250	190	120
	12			2448	1188	768	540	396	300	228	144
	14			2856	1389	896	630	462	350	266	168
	16			3266	1584	1024	720	528	400	304	192
18	1	0.000004860	0.000054	257	125	81	58	43	32	24	19
	2			514	250	162	116	86	64	48	38
	4			1028	500	324	232	172	128	96	76
	6			1542	750	486	348	258	192	144	114
	8			2056	1000	648	464	344	256	192	152
	10			2570	1250	810	580	430	320	240	190
	12			3084	1500	972	676	516	384	288	228
	14			3598	1750	1134	812	602	448	336	266
	16			4112	2000	1296	928	688	512	384	304
	18			4626	2250	1458	1044	774	576	432	342
20	1	0.000006607	0.000054	319	157	101	72	54	41	32	24
	2			638	314	202	144	108	82	64	48
	4			1276	628	404	288	216	164	128	96
	6			1914	942	606	432	324	246	192	144
	8			2552	1256	808	576	432	328	256	192
	10			3190	1570	1010	720	540	410	320	240
	12			3828	1884	1212	864	648	492	384	288

Hauteur en centimètres	Largeur en centimètres	Moment d'inertie de la section transversale	$\frac{I}{V}$	Charges totales de sécurité uniformément réparties pour les portées de :								
				1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m	
				kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
				4466	2198	1414	1008	756	574	448	336	
				5104	2512	1616	1152	864	656	512	384	
				5742	2826	1818	1296	972	738	576	432	
				6380	3140	2020	1440	1080	820	640	480	
			0.000008893	382	188	121	87	66	51	40	30	
22				764	376	242	174	132	102	80	60	
				1528	752	484	348	264	204	160	120	
				2292	1128	726	522	396	306	240	180	
				3056	1504	908	696	528	408	320	240	
				3820	1880	1210	870	660	510	400	300	
				4584	2256	1452	1044	792	612	480	360	
				5348	2632	1594	1218	924	714	560	420	
				6112	3008	1936	1392	1056	816	640	480	
				6876	3384	2178	1586	1188	918	720	540	
				7640	3760	2420	1740	1320	1020	800	600	
				8404	4136	2662	1914	1452	1122	880	660	
			0.000011520	458	225	146	105	80	62	49	38	
24				916	450	292	210	160	124	98	76	

4	1832	900	584	420	320	248	496	452
6	2748	1350	876	630	480	372	294	228
8	3664	1800	1168	840	640	496	392	304
10	4580	2250	1460	1050	800	620	490	380
12	5496	2700	1752	1260	960	744	588	456
14	6412	3150	2044	1470	1120	868	686	532
16	7328	3600	2330	1680	1280	992	784	608
18	8244	4050	2628	1890	1440	1116	882	684
20	9160	4500	2920	2100	1600	1240	980	760
22	10076	4950	3212	2310	1760	1364	1078	836
24	10992	5400	3504	2520	1920	1488	1176	912
1	539	266	173	115	95	74	61	46
2	1078	532	346	230	190	148	122	92
3	2156	1064	692	460	380	296	244	184
6	3234	1596	1038	690	570	444	366	276
8	4312	2128	1384	920	760	592	488	368
10	5390	2660	1730	1150	950	740	610	460
12	6468	3192	2076	1380	1140	888	732	552
14	7546	3724	2422	1610	1330	1036	854	644
16	8624	4256	2768	1840	1520	1184	976	736
18	9702	4788	3114	2070	1710	1332	1098	828
20	10780	5320	3460	2300	1900	1480	1220	920
22	11858	5852	3806	2530	2090	1628	1342	1012
24	12936	6384	4152	2760	2280	1776	1464	1104
26	14014	6916	4498	2990	2470	1924	1586	1196
1	621	306	200	145	111	87	70	56
	0.00014667	0.000113						
	0.000018203	0.000130						

Hauteur en centimètres	largeur en centimètres	I Moment d'inertie de la section transversale	I — V	Charges totales de sécurité uniformément réparties pour les portées de :							
				1 ^m kilogr.	2 ^m kilogr.	3 ^m kilogr.	4 ^m kilogr.	5 ^m kilogr.	6 ^m kilogr.	7 ^m kilogr.	8 ^m kilogr.
2	2			1242	612	400	290	222	174	140	112
4	4			2484	1224	800	580	444	348	280	224
6	6			3726	1836	1200	870	666	522	420	336
8	8			4968	2448	1600	1160	888	696	560	448
10	10			6210	3060	2000	1450	1110	870	700	560
12	12			7452	3672	2400	1740	1332	1044	840	672
14	14			8694	4284	2800	2030	1554	1218	980	784
16	16			9936	4896	3200	2320	1776	1392	1120	896
18	18			11178	5508	3600	2610	1998	1566	1260	1008
20	20			12420	6120	4000	2900	2220	1740	1400	1120
22	22			13662	6732	4400	3190	2442	1914	1540	1232
24	24			14904	7344	4800	3480	2664	2088	1680	1344
26	26			16146	7956	5200	3770	2886	2262	1820	1456
28	28			17388	8568	5600	4060	3108	2436	1960	1568
30	30	0.000022500	0.000150	717	354	231	168	129	102	82	66
4	4			1434	708	462	336	258	204	164	132
5	5			2868	1416	924	672	516	408	328	264
6	6			4302	2124	1386	1008	774	612	492	396

8	5736	2832	1848	1344	1032	816	656	528
10	7170	3540	2310	1680	1290	1020	820	660
12	8604	4248	2772	2016	1548	1224	984	792
14	10038	4956	3234	2352	1806	1428	1148	924
16	11472	5664	3696	2688	2064	1632	1312	1056
18	12906	6372	4158	3024	2322	1836	1476	1188
20	14340	7080	4620	3360	2580	2040	1640	1320
22	15774	7788	5082	3696	2838	2244	1804	1452
24	17208	8496	5544	4032	3096	2448	1968	1584
26	18642	9204	6006	4368	3354	2652	2132	1716
28	20076	9912	6468	4704	3612	2856	2296	1848
30	21510	10620	6930	5040	3870	3060	2460	1980
1	813	402	262	191	147	117	94	76
2	1626	804	524	382	294	234	188	152
4	3252	1608	1048	764	588	468	376	304
6	4878	2412	1572	1146	882	702	564	456
8	6504	3216	2096	1528	1176	936	752	608
10	8130	4020	2620	1910	1470	1170	940	760
12	9756	4824	3144	2292	1764	1404	1128	912
14	11382	5628	3668	2674	2058	1638	1316	1064
16	13002	6432	4192	3056	2352	1872	1504	1216
18	14634	7236	4716	3438	2646	2106	1692	1368
20	16260	8040	5240	3820	2940	2340	1880	1520
22	17886	8844	5764	4202	3234	2574	2068	1672
24	19512	9648	6288	4584	3528	2808	2256	1824
26	21138	10452	6812	4966	3822	3042	2444	1976
			0.000027307	0.000170				

Hauteur en centimètres	Largeur en centimètres	Moment d'inertie de la section transversale	I — V	Charges totales de sécurité uniformément réparties pour les portées de :								
				1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m	
				kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
	28			22764	11256	7336	5348	4116	3276	2632	2128	
	30			24390	12060	7860	5730	4410	3510	2820	2280	
	32			26016	12864	8384	6112	4704	3744	3008	2432	
34	1	0.000032753	0.000193	923	456	298	218	168	134	108	89	
	2			1846	912	596	436	336	268	216	178	
	4			3692	1824	1192	872	672	536	432	356	
	6			5538	2736	1788	1308	1008	804	648	534	
	8			7384	3648	2384	1744	1344	1072	864	712	
	10			9230	4560	2980	2180	1680	1340	1080	890	
	12			11076	5472	3576	2616	2016	1608	1296	1068	
	14			12922	6384	4172	3052	2352	1876	1512	1246	
	16			14768	7296	4768	3488	2688	2144	1728	1424	
	18			16614	8208	5364	3924	3024	2412	1944	1602	
	20			18460	9120	5960	4360	3360	2680	2160	1780	
	22			20306	10032	6556	4796	3696	2968	2376	1958	
	24			22152	10944	7152	5232	4032	3216	2592	2136	
	26			23998	11856	7748	5668	4368	3484	2808	2314	
	28			25844	12768	8344	6104	4704	3752	3024	2492	

30				27690	13680	8940	6540	5040	4020	3240	2670
32				29536	14592	9530	6976	5376	4288	3456	2848
34				31382	15304	10126	7412	5712	4556	3672	3026
36	1	0.000038880	0.000216	1032	511	334	245	189	150	123	100
	4			4128	2044	1336	980	756	600	492	400
	8			8256	4088	2672	1960	1512	1200	984	800
	12			12384	6132	4008	2940	2268	1800	1476	1200
	16			16512	8176	5344	3920	3024	2400	1968	1600
	20			20640	10220	6680	4900	3780	3000	2460	2000
	24			24768	12264	8016	5880	4536	3600	2952	2400
	28			28896	14308	9352	6860	5292	4200	3444	2800
	32			33024	16352	10688	7840	6048	4800	3936	3200
	36			37152	18396	12024	8820	6804	5400	4428	3600
38	1	0.00005727	0.000240	1150	570	370	270	210	170	140	110
	4					1480	1080	840	680	560	440
	8					2960	2160	1680	1360	1120	880
	12					4440	3240	2520	2040	1680	1320
	16					5920	4320	3360	2720	2240	1760
	20					7400	5400	4200	3400	2800	2200
	24					8880	6480	5040	4080	3360	2640
	28					10360	7560	5880	4760	3920	3080
	32					11840	8640	6720	5440	4480	3520
	36					13320	9720	7560	6120	5040	3960
	38					14800	10260	7980	6460	5320	4180
40	1	0.000033333	0.000266	1250	600	400	300	230	180	150	125
	4					1600	1200	920	720	600	500

Hauteur en centimètres	Largeur en centimètres	Moment d'inertie de la section transversale	I — V	Charges totales de sécurité uniformément réparties pour les portées de :								
				1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m	
				kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
	8			1610	800	520	385	300	240	200	165	1000
	12			»	»	2600	2925	1500	1200	1000	825	1800
	16			»	»	3200	3850	3000	2400	2000	1650	2400
	20			»	»	7800	5775	4500	3600	3000	2475	3000
	24			»	»	10400	7700	6000	4800	4000	3300	3600
	28			»	»	13000	9625	7500	6000	5000	4125	4800
	32			»	»	15600	11550	9000	7200	6000	4950	6000
	36			»	»	18200	13475	10500	8400	7000	5775	8400
	40			»	»	20800	15400	12000	9600	8000	6600	9600
45	1	0.000075440	0.000337	1610	800	520	385	300	240	200	165	1000
	5			»	»	2600	2925	1500	1200	1000	825	1800
	10			»	»	3200	3850	3000	2400	2000	1650	2400
	15			»	»	7800	5775	4500	3600	3000	2475	3000
	20			»	»	10400	7700	6000	4800	4000	3300	3600
	25			»	»	13000	9625	7500	6000	5000	4125	4800
	30			»	»	15600	11550	9000	7200	6000	4950	6000
	35			»	»	18200	13475	10500	8400	7000	5775	8400
	40			»	»	20800	15400	12000	9600	8000	6600	9600

Ce tableau permet de trouver immédiatement la charge que peut porter en toute sécurité une poutre dont les dimensions sont données. Inversement, étant donnée la charge qu'une poutre doit supporter, on peut trouver la section qu'il faudra donner à cette poutre.

Par exemple, si l'on veut faire porter par une pièce de bois une charge de 2,000 kilogr., pour une distance de 4 mètres entre les points d'appui, le tableau donnera de suite les sections suivantes : 22×22 , 24×20 , 26×18 , 28×14 , 30×12 , 32×10 , 34×10 , 36×8 , entre lesquelles on choisira pour des raisons de hauteur ou d'économie.

XII. FERREMENTS EMPLOYÉS DANS LA CONSTRUCTION DES PLANCHERS

Dans la construction des planchers en bois, on emploie divers ferrements pour consolider les assemblages qui sont souvent défectueux ; les plus employés sont :

Queue de carpe

On la fait avec du fer plat de 40×9 , terminé

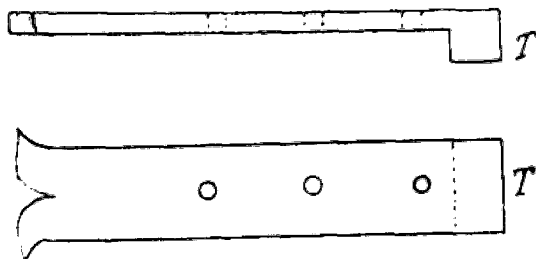


Fig. 48. Queue de carpe avec talon.

d'un bout par un talon T (fig. 48) et de l'autre par

un scellement dit *queue de carpe*. Une série de trous sert à la fixer à l'extrémité de la solive ou d'un linoir à l'aide de tire-fond; de cette façon, on allonge le scellement et on lie mieux la solive à la maçonnerie.

Boulon à plate-bande

Il se fait aussi généralement en fer plat, de 40×6 à 9 (fig. 49). A une extrémité il se termine

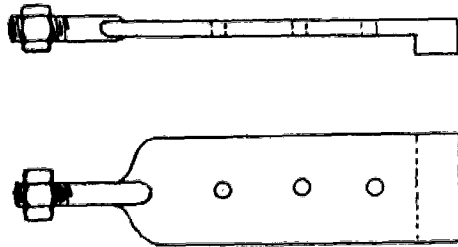


Fig. 49. Boulon à plate-bande.

par un talon, et à son autre extrémité par une tige filetée portant écrou.

Chevêtres

Quand les chevêtres en bois sont très courts, on a avantage à les remplacer par des chevêtres en fer carré, qui évitent la façon de tenons aux solives de remplissage et les grandes entailles des solives d'enchevêtrement. Suivant la charge qu'ils doivent porter, ces chevêtres sont faits avec du fer carré de 25, 30, 40, 45, 50 de côté, contourné, coudé et contre-coudé à la demande des pièces. La figure 50 représente la forme la plus usitée; on conserve la section carrée dans la branche horizontale et le

coude vertical, tandis que la branche horizontale qui repose sur la maîtresse poutre s'aplatit et s'élargit pour augmenter la surface de repos ; elle porte, en outre, un petit talon d'équerre ; deux ou trois trous percés sur cette partie aplatie servent

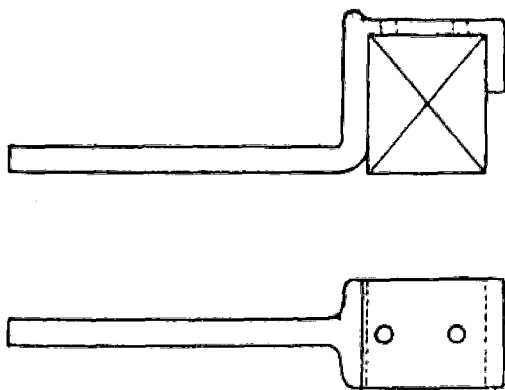


Fig. 50. Chevêtre.

pour le fixer sur la maîtresse poutre par des tire-fond. Si les deux extrémités du chevêtre reposent sur des poutres maîtresses, on les coude de la même façon ; si le second about va en scellement dans le mur, on ne le coude pas et on le termine par une queue de carpe.

De la même façon sont exécutées les bandes de trémie.

Tirants d'ancre

Pour entretoiser deux murs parallèles qui portent les solives d'un plancher, on recourt aux principales d'entre elles, notamment aux solives d'enchevêtrement. Cet entretoisement a surtout sa raison d'être au droit des trumeaux. Mais cette

liaison, par le simple scellement de la pièce de bois dans le mur même, lorsque ce scellement a 0^m25 à 0^m30 de longueur, n'est pas suffisante, car elle n'intéresse qu'un des parements du mur; on augmente alors cette liaison en allongeant le scellement dans toute l'épaisseur du mur par le ferrement dit *tirant d'ancrer*.

Le tirant d'ancrer est formé (fig. 51) d'une plate-bande en fer de 40×6 ou 40×9 armée, d'un bout, d'un talon A et percée de trous pour les tire-fond

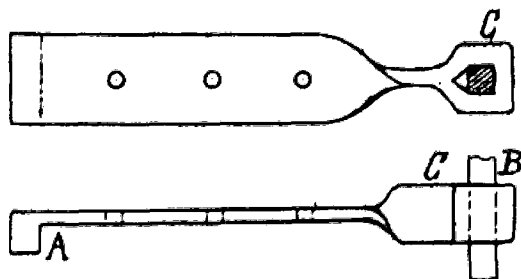


Fig. 51. Tirant d'ancrer.

d'assemblage, et de l'autre extrémité elle est terminée par un œil C chantourné ou non recevant un morceau de fer B carré, transversal, dit *ancrer*, de 25 millimètres de côté et de 25 à 30 centimètres de longueur.

On construit aussi des plates-bandes à double talon, qui servent à réunir, dans l'épaisseur d'un mur ou ailleurs, deux pièces de bois qui sont placées bout à bout et dans le prolongement l'une de l'autre.

Etriers

Les étriers sont des ferrements à deux branches

servant à soutenir une pièce de bois placée en dessous ou latéralement à une autre.

La forme qu'on donne le plus souvent aux étriers nous est donnée par la figure 52. C'est un étrier qui supportera l'extrémité d'un chevêtre en prenant appui sur la solive d'enchevêtrement. Il est

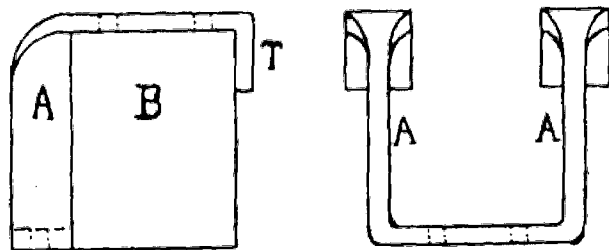


Fig. 52. Etrier.

formé d'un fer plat de 40×9 coudé sur le plat pour s'appliquer en trois sens sur le chevêtre. Les deux branches verticales A sont chantournées à leur partie supérieure pour s'appuyer sur la solive d'enchevêtrement B, et se terminent par deux talons T. Des trous sont percés sur les branches horizontales pour les tire-fond de réunion.

Quand on fait une sorte d'étrier à une seule branche, il prend le nom de *harpon*.

CHAPITRE XIX

Etaiements

SOMMAIRE. — I. Balteries d'étais. — II. Etrésillonnement des fouilles étroites. — III. Etalement des planchers. — IV. Etalement des murs d'un édifice. — V. Etalement des baies. — VI. Soutènement des murs par chevalement.

Quand on a des terrains mouvants dans lesquels on a à établir une construction, ou une construction en souffrance, on obtient une stabilité momentanée à l'aide des supports provisoires qu'on appelle des *étais* ou *etaiements*.

On les établit généralement en bois, quelquefois en bois et fer, et on les applique soit à des terrains pour prévenir leur éboulement, soit à des planchers, voûtes à consolider, soit à des murs dont on veut changer la forme ou que l'on veut maintenir dans une position qu'ils ont tendance à abandonner. Dans tout étai, on considère sa section en raison de la résistance qu'il doit présenter, sa direction, qui doit s'opposer au mouvement que tendrait à prendre le point consolidé, son point de repos à sa partie extrême, son point d'attache avec les matériaux à soutenir, et enfin la manière de répartition de la pression qu'il apporte sur une surface suffisante du corps sur lequel on s'appuie.

Nous allons donner quelques exemples d'étaisements.

I. CONSOLIDATION DES BERGES D'UNE FOUILLE. BATTERIES D'ÉTAIS

Les déblais et fouilles en excavation que l'on exécute, soit pour les fondations d'une construction, soit pour toute autre chose, rencontrent des terrains de toute nature. Quand le terrain est bon, l'excavation qu'on exécute n'empêche pas la terre de tenir bien à pic sur plusieurs mètres de hauteur; la berge n'a pas besoin, dans ce cas, d'aucune consolidation. Si le terrain est moins bon, pour donner une stabilité plus grande à la berge, on est arrivé à lui donner un fruit variant du $\frac{1}{40}$ au $\frac{1}{3}$, mais ce procédé a l'inconvénient de donner un cube plus considérable à fouiller; mais il y a aussi des terrains pour lesquels le fruit dont nous

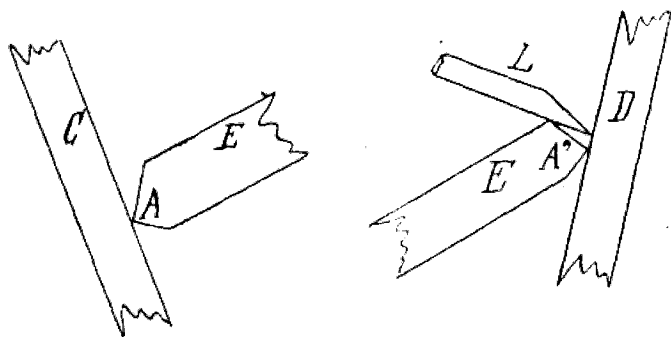


Fig. 53. Préparation des abouts d'un étau.

venons de parler ne suffit pas pour tenir la terre, et, dans ce cas, on est forcé de maintenir la terre par des étais.

Au fur et à mesure que la fouille avance, on établit des soutiens en charpente appelés *batteries d'étais*.

Les bois employés pour cela sont le sapin et le chêne, dont l'équarrissage dépend de l'importance de l'étalement et de l'effort à produire pour s'opposer au mouvement.

Il faut que la tête de l'étau puisse soutenir la plus grande surface possible de la paroi de la berge; pour cela, on la fait buter contre une pièce de bois adossée à une sorte de blindage transversal qui est appliqué sur la surface à soutenir. On forme ce blindage avec des planches de rebut ou des *dosses* de 30 à 50 millimètres d'épaisseur, appliquées sur la paroi bien horizontalement, jointives si le terrain tend à se désagréger et espacées l'une de l'autre, tant plein que vide, si le terrain est com-

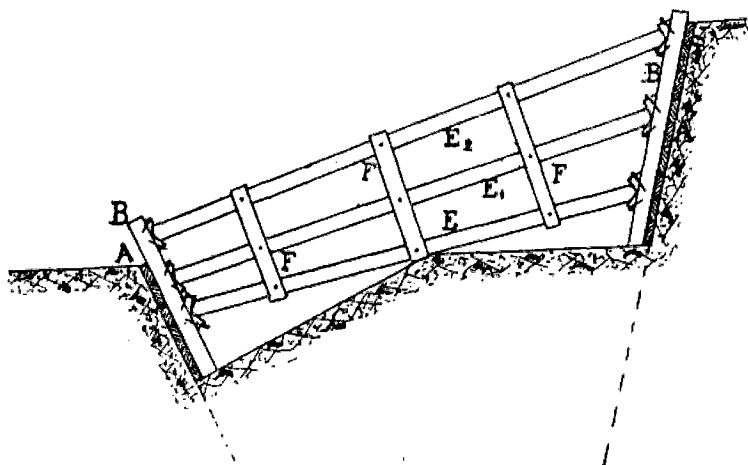


Fig. 54. Batterie d'étais.

pact. La lettre A (fig. 54) représente ces dosses; perpendiculairement à leur direction, on installe

une pièce de bois B, épaisse de 8 à 20 centimètres suivant les circonstances. Cette pièce s'appuie sur toutes les dosses et leur transmet la pression des étais E E₁ E₂.

Pour que les étais produisent cette pression, il faut que leur pied trouve un point d'appui très solide, qu'on trouve généralement au fond de la fouille; on y pratique une petite excavation et on dresse la paroi qui fait face à la berge, de façon que les deux surfaces se coupent suivant un angle de 25 à 30 degrés. Sur cette paroi, on forme un blindage avec des dosses A sur lesquelles on pose une semelle B sur laquelle viendront poser les pieds des étais.

Suivant les circonstances, on établit un, deux ou trois étais disposés en éventail, comme on le voit figure 54. Pour que l'étau ne puisse pas glisser et pour qu'il puisse prendre un mouvement de rotation, on taille le pied et la tête de l'étau en sifflet très obtus et dont l'arête horizontale A (fig. 53) sert d'axe et s'appuie sur la semelle en s'y imprimant légèrement. L'angle que fait la tête de l'étau E avec la semelle D (fig. 53) doit varier de l'angle de glissement de bois sur bois à l'angle de 80 degrés environ. Le poids seul de l'étau suffit pour le maintenir à sa place, mais il ne suffit pas pour produire le serrage nécessaire. Pour produire ce serrage, il suffit de baisser la tête de l'étau le long de la semelle D avec un levier L (fig. 53) agissant dans le sens de la flèche. Le serrage obtenu de cette façon est d'autant plus énergique que l'angle de l'étau et de la plate-forme s'approche plus de 90 degrés, sans toutefois les atteindre.

Quand on emploie plusieurs étais en éventail, les angles ne peuvent pas être les mêmes entre les têtes et la semelle de berge ; dans ce cas, c'est l'étais inférieur qui se trouve dans les meilleures conditions. Pour améliorer la direction des deux autres, on donne aux étais la plus grande largeur possible, de façon à ce qu'ils soient presque parallèles, et leurs angles sont plus favorables au serrage.

Comme toute la pression des arêtes obtuses des étais se rapporte sur les semelles, on doit les prendre dans du bois dur, de préférence, et une fois les étais serrés à leur position définitive, on répartit d'une façon régulière en fixant des coins ayant la forme des espaces laissés libres entre les étais et les semelles ; cette précaution doit être surtout prise quand les étais doivent rester longtemps en place, pour empêcher la pénétration lente des étais dans les semelles.

Il faut avoir soin de bien appliquer le blindage sur la surface de la berge ; pour cela, souvent, on coule du mortier de plâtre dans le joint une fois que le serrage est fait. On maintient les étais dans leur position relative en les reliant par des dosses F jumelées, formant moises, boulonnées ou tout simplement clouées (fig. 54).

Si la fouille ne dépasse pas 8 à 10 mètres de largeur, on a avantage à étayer l'une par l'autre les berges opposées par des étais traversant la fouille, comme on le voit à la figure 55 ; on évite ainsi les fouilles du fond de l'excavation et on encombre moins les chantiers, surtout quand il y a possibilité de laisser 1^m50 à 1^m80 sous l'étais inférieur, pour faciliter le service du fond des fouilles.

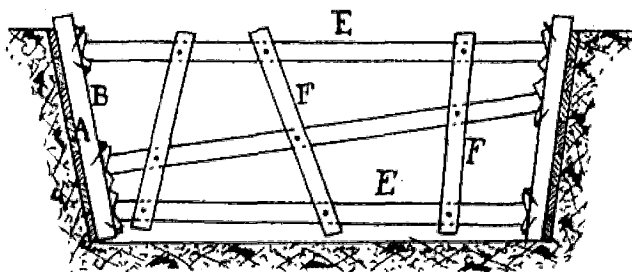


Fig. 55. Batterie d'étais parallèle.

II. ÉTRÉSILLONNEMENT DES FOUILLES ÉTROITES, TRANCHÉES, ETC.

On étaye, dans le cas des fouilles étroites ou tranchées profondes, une berge par la berge opposée au moyen des blindages, des semelles, des étais courts appelés *étrésillons*. On forme les blindages avec des dosses ou des planches A (fig. 56);

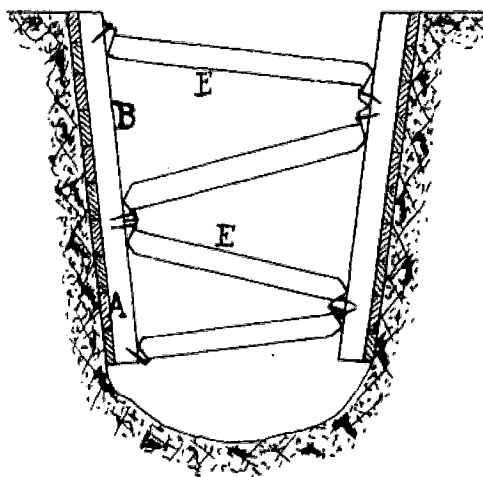


Fig. 56. Etrésillonnement des fouilles étroites.

les semelles B, avec des madriers pour qu'elles soient moins encombrantes; les étrésillons E ont

une section limitée en raison de leur petite longueur.

On met les étrésillons d'une même ferme, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, comme cela est indiqué figure 56 ; les fermes successives sont espacées de 1^m50 à 3 mètres, suivant la nature du terrain.

III. ÉTAIEMENT DES PLANCHERS

Pour étayer un plancher en bois ou en fer, soit pour le réparer, soit pour empêcher la charge de se reporter sur une partie de l'édifice, on établit à

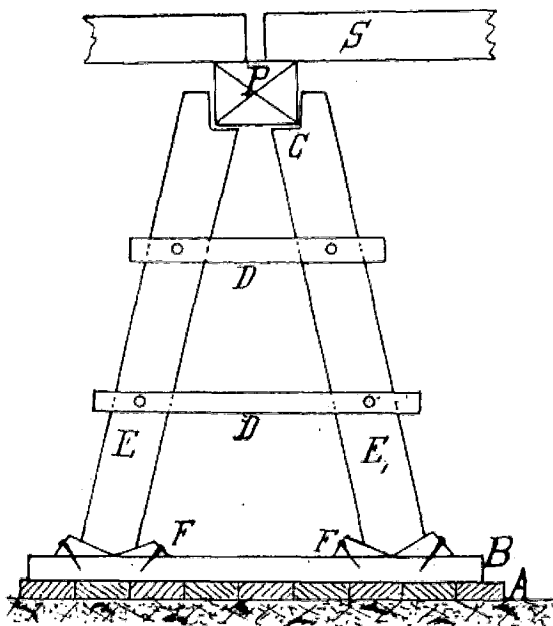


Fig. 57. Etalement des planchers.

une petite distance de la portée, sur le sol, un blindage A (fig. 57), assez étendu pour répartir le

pois sur une surface suffisante ; sur ce blindage, on pose une semelle B perpendiculaire à la direction de la poutre. Sur cette semelle posent les deux étais E, E₁, inclinés en sens contraire, taillés en tête suivant une encoche C qui reçoit l'arête de la poutre P et une partie de la face inférieure. Leurs pieds sont taillés en sifflet assez obtus pour pouvoir être serrés au moyen d'un levier.

Une fois la poutre soutenue, on maintient l'écartement des étais E, E₁, par des dosses D boulonnées ou clouées. Dans le cas de durée très longue, on coince les pieds des étais sur la semelle à l'aide de coins F cloués.

On a soin de placer les étais de façon à ne pas gêner l'exécution du travail de réparation.

Souvent, on est conduit à soutenir une poutre pour pouvoir charger momentanément un plancher plus que les dimensions des pièces qui le composent ne le permettent ; dans ce cas, avant de charger le plancher, on place des poteaux isolés, appelés *chandelles*, et qui n'exigent pas qu'on les raidissent autant que les étais ; la seule précaution à prendre consiste à les couper juste de longueur, à leur donner une base solide et à les fixer pour qu'ils ne tombent pas avant la charge. On place

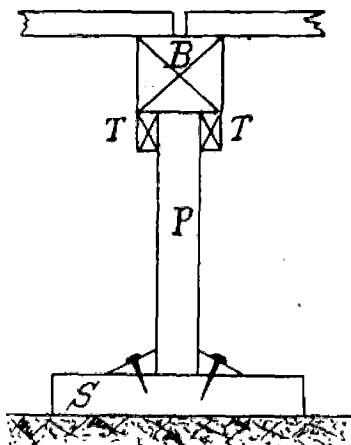


Fig. 58.

Etalement d'un plancher
avec une chandelle,

d'abord une semelle S (fig. 58) reposant sur le sol ; sur cette semelle, on place le poteau P debout, coupé juste de longueur et à section franche ; on l'assujettit en forçant un peu avec une masse, et une fois en place on cloue sous la poutre B deux tasseaux T qui empêchent la tête de se déplacer dans un sens ou dans un autre. On peut en faire autant sur la semelle S.

IV. ÉTAIEMENT DES MURS D'UN ÉDIFICE

Pour s'opposer à un déplacement d'un mur en dehors de son plan vertical, ou encore une déviation qui se produit, on emploie les étaitements.

Supposons un mur AB (fig. 59) et supposons que son parement AB a pris vers l'extérieur une inclinaison prononcée, il s'agit d'arrêter son mouvement vers l'avant. Pour cela, aux points qui sont les plus favorables à soutenir, on scelle des pièces de bois transversales X placées dans un plan vertical perpendiculaire à la façade ; dans le même plan vertical et sur le sol, on établit un blindage C et une semelle transversale S ; entre cette semelle et la pièce X, on vient de serrer une ou deux pièces de bois E plus rapprochées de la tête qu'au pied. La tête des étais E doit correspondre à la hauteur d'un plancher qui contrebalance la composante horizontale de la poussée sur le mur.

On rend solidaires entre eux les différents étais par des moises boulonnées ou clouées F et par des échantignolles placées à la tête et au pied.

On place plusieurs fermes formées de cette fa-

çon, si la longueur du mur à soutenir est grande ;
si la hauteur est considérable, on les superpose.

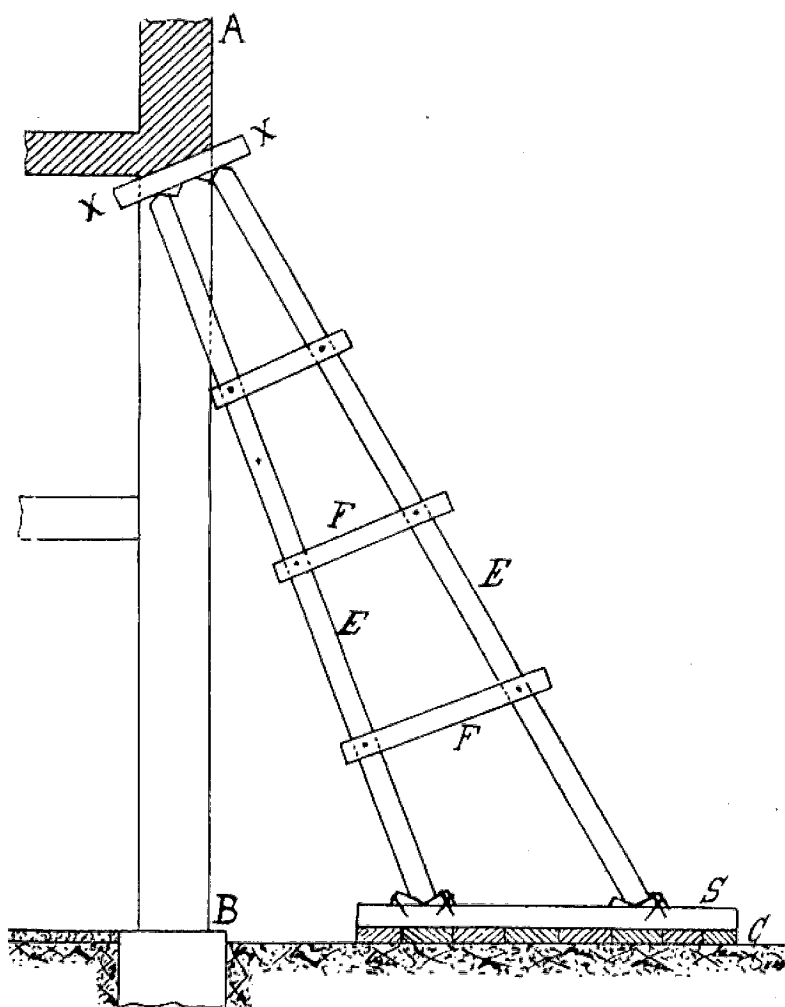


Fig. 59. Étalement d'un mur d'édifice.

V. ÉTAIEMENT DES BAIES

Quand une façade percée de plusieurs baies est en souffrance, on rend au mur une certaine cohésion en étrésillonnant les baies de la partie à soutenir.

On applique, contre les tableaux et ébrasements des baies, des madriers M plâtrés avec soin, afin d'avoir un contact complet avec les matériaux du mur; puis on établit entre ces madriers M (fig. 60) des étrésillons E ou étais courts, serrés convenablement.

De cette façon, on s'oppose au rapprochement des pieds droits et on évite la dislocation du mur.

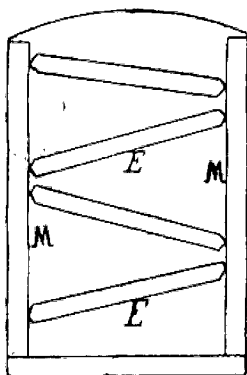


Fig. 60.
Étalement d'une baie.

Si le mur à étayer est en pierre de taille, on cherche à éviter de faire des trous de semelles dans les trumeaux, et on se contente de soutenir les sommiers des baies seulement par les têtes des étais et d'étrésillonner convenablement les montants. On dispose, par conséquent, deux étais par baies, placés parallèlement et reliés par une ou plusieurs moises horizontales. Cette disposition s'applique surtout aux façades dont on veut prévenir le moindre déplacement,

VI. SOUTÈNEMENT DES MURS PAR CHEVALEMENT

Quand on veut refaire la partie basse d'un mur ou la supprimer en partie pour l'ouverture d'une grande baie, on doit porter aussi directement que possible le poids des matériaux supérieurs. Ce poids, compris les planchers, est facile à évaluer dans chaque cas et peut atteindre jusqu'à 30,000 kilogrammes par mètre courant de mur d'une maison à loyer ordinaire, et peut aller jusqu'à 60,000 kilogrammes par trumeau.

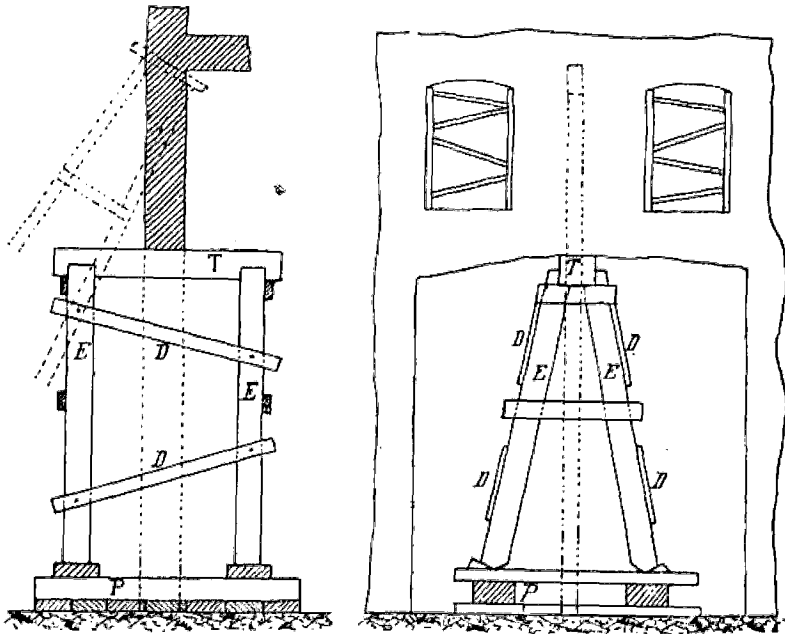


Fig. 61. Etalement par chevalement.

On emploie dans ces cas, pour porter les diverses portions du mur, des *chevalets* composés (fig. 61) :

d'une traverse T qui soutient directement le mur ; de quatre étais E portant la traverse T par deux fortes encoches à leur tête, s'élargissant à leur partie basse pour prendre du pied et s'appuyant par l'intermédiaire de plates-formes P sur un sol solide.

Deux des étais soutiennent la traverse T à l'extérieur, deux autres à l'intérieur. Suivant la largeur de la partie à soutenir et sa composition, on met en batterie deux ou plusieurs chevalets semblables. Lorsque la hauteur des chevalets est grande, on contrevente les jambes par des pièces de bois à 45°, fortement clouées D, qui assurent l'invariabilité des angles et s'opposent au roulement ; d'autres pièces D maintiennent l'écartement des étais d'un même côté.

On accompagne souvent les chevalets *d'étais de maintien* qui s'opposent à ce que, pendant le travail, le mur puisse s'écartier de la position verticale, comme cela est figuré en ponctué (fig. 61).

Quand c'est l'encoignure d'un bâtiment qui est à

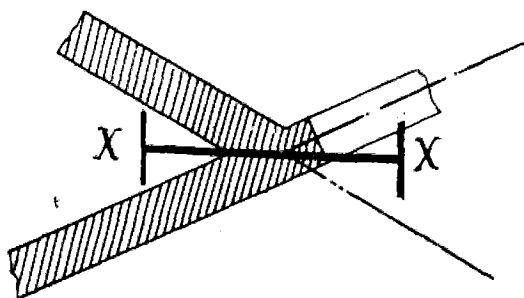


Fig. 62. Etalement d'encoignure, 1^{re} disposition.

refaire par sa base, le chevalet qui doit porter la partie haute peut, suivant le cas, être placé sui-

vant la direction XX bissectrice de l'angle des deux murs (fig. 62), ou bien avoir sa traverse dirigée suivant YY , comme dans la figure 63; les

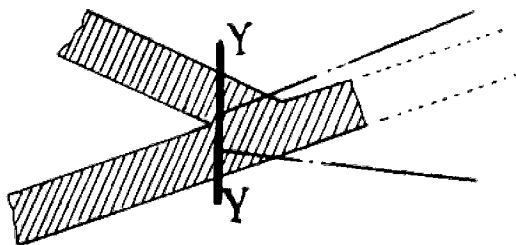


Fig. 63. Étalement d'une encoignure, 2^e disposition.

états de maintien sont figurés dans les deux cas par les lignes ponctuées.

CHAPITRE XX

Echafaudages fixes

SOMMAIRE. — I. Exemple d'échafaudage fixe. — II. Echafaudage avec point d'appui sur la façade même. — III. Porte à faux et poteaux additionnels. — IV. Echafaudage sur contre-fiches. — V. Echafaudage en bascule. — VI. Echafaudages horizontaux, échafaudages couverts.

I. EXEMPLE D'ÉCHAFAUDAGE FIXE

Les échafaudages fixes ne se font en charpente que pour les monuments dont l'exécution doit durer plusieurs années ou dont la décoration extérieure exige des ateliers plus stables que ceux que peut donner l'échafaudage du maçon. On les appelle aussi *échafauds d'assemblages*.

On les établit encore pour toute construction importante où le travail doit continuer même pendant la période des gelées.

Ils sont toujours très simples et composés de deux lignes de grands sapins montant de pied, l'une à une petite distance de la façade à construire, en réservant l'emplacement de toutes les saillies, la deuxième à une distance de 1^m50 ou 2 mètres de la précédente, et dont les poteaux correspondent avec ceux de cette dernière ; la hauteur

de l'échafaudage doit dépasser le niveau le plus élevé du mur à exécuter d'au moins deux mètres.

Ces poteaux sont réunis entre eux, et dans les deux sens, par des moises étagées ; l'emplacement de ces moises correspondant avec celui des différents planchers dont on aura besoin dans le courant de la construction, et dont il faut se rendre compte d'avance.

Un contreventement convenable est établi par des écharpes inclinées dans divers sens ou encore par des croix de Saint-André.

La position des poteaux n'est pas indifférente, elle est déterminée par l'écartement et l'emplacement par rapport à l'ouvrage à faire.

L'écartement dépend et des bois dont on dispose pour faire les planchers d'échafaud et des charges que ces planchers doivent supporter. D'habitude, on écarte les poteaux de deux à trois mètres l'un de l'autre, dans le sens parallèle au mur à construire.

Quant à l'emplacement, il doit réserver libres un certain nombre d'ouvertures pour le passage des matériaux, tout en mettant les poteaux voisins des pieds-droits de ces ouvertures et du côté de l'ouverture, de façon à pouvoir se relier à la maçonnerie au fur et à mesure qu'elle s'élève, et augmenter ainsi la stabilité de tout l'échafaudage.

Les écharpes ou les croix de Saint-André ne doivent pas non plus exister dans toutes les travées ; il faut en conserver quelques-unes de libres pour le passage des matériaux encombrants. En outre, à chaque plancher d'échafaud et du côté du vide, on établit une lisse de rives facilement démontable, qui préservera les hommes des accidents.

Les bois servant à ces échafaudages doivent avoir le moins possible d'entailles et d'assemblages; ceux-ci doivent être très simples, car il faut diminuer les frais de main-d'œuvre, vu que l'ouvrage a une durée limitée; de plus, il faut ménager le bois pour qu'il puisse servir encore une fois, le démontage de l'échafaud terminé; c'est pour toutes ces raisons qu'on adopte les attaches par moises et boulons sans aucune entaille, réservant les assemblages à tenon et mortaise à quelques écharpes seulement.

L'ensemble d'une de ces charpentes d'échafaudage fixe est représenté, figure 64, en élévation et

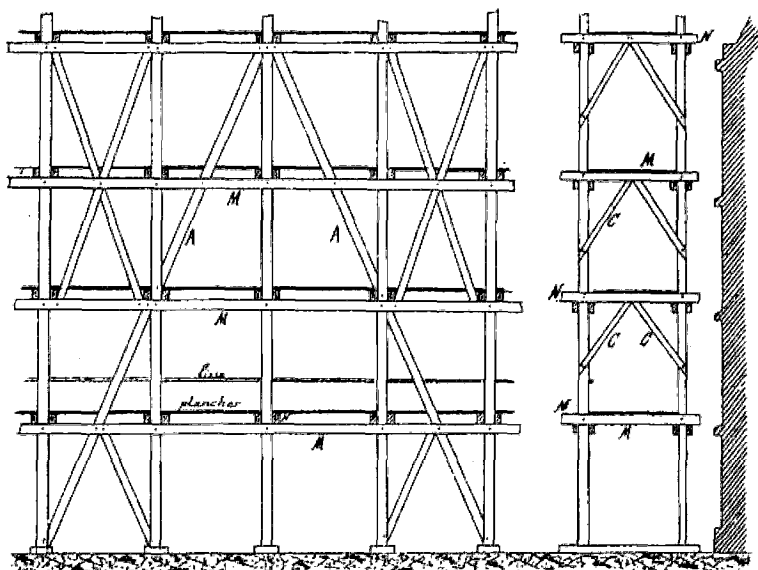


Fig. 64. Exemple d'échafaudage fixe.

en coupe transversale, telle qu'on en voit un exemple à la construction des ailes annexées au palais de la Bourse.

La partie représentée comprend une série de cinq poteaux de face scellés dans le sol ou encore posés sur des plates-formes convenables ; ils sont espacés de 3 mètres d'axe en axe et d'une pièce dans la hauteur nécessaire pour la construction. Souvent, on réserve une partie de l'échafaudage pour le montage des matériaux, et cette partie dépasse de 2 à 3 mètres le restant de l'échafaudage, qui ne sert que de chemin de roulement aux matériaux.

Deux grandes écharpes A partent du pied des poteaux extrêmes pour se réunir, quatre étages plus haut, sur le poteau milieu. Des moises M horizontales et doubles réunissent entre eux les poteaux de la même ligne ; d'autres moises N transversales, reposant sur les précédentes, lient entre eux les poteaux de deux lignes différentes. Des contre-fiches et croix de Saint-André complètent le contreventement de l'échafaudage ; on établit de préférence ce contreventement sur le pan extérieur où il est moins gênant ; dans le sens transversal, on contrevente seulement par des contrefiches C, car l'emploi des croix de Saint-André aurait empêché la libre circulation sur les planchers.

Autres exemples de contreventement transversal

On peut prolonger les traverses moises en dehors des poteaux du rang le plus éloigné du mur en exécution et y établir des contre-fiches en dehors, comme on le voit sur la figure 63 ; cette disposition a même l'avantage de permettre d'établir un treuil sur un plancher d'échafaud quelconque,

pour un montage exceptionnel, quand les treuils ordinaires sont insuffisants.

Quand on n'est pas gêné par la place devant.

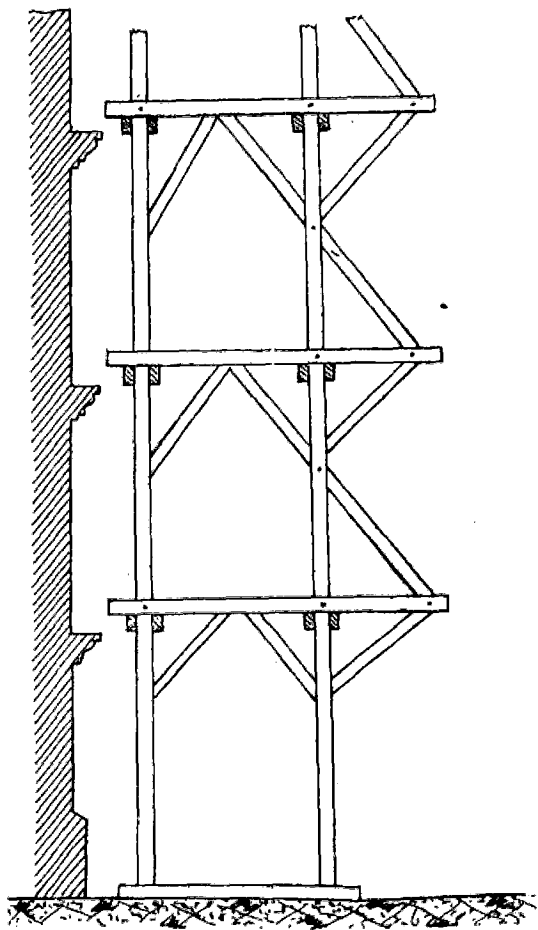


Fig. 65. Autre exemple d'échafaudage avec contreventement transversal différent.

l'échafaudage projeté, on augmente considérablement sa résistance au roulement en installant des

pièces inclinées A (fig. 66), qui augmentent l'enpattement inférieur ; elles sont fixées sur les moises

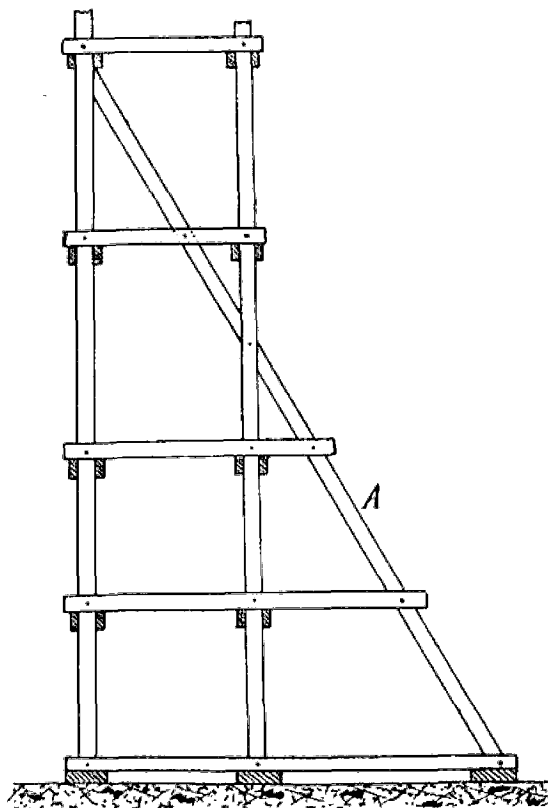


Fig. 66. Exemple d'échafaudage latéral avec contre-fiches.

transversales de l'échafaudage par des boulons. Ce procédé est très recommandable, surtout en cas de réparations à faire à une façade sur la stabilité de laquelle on ne doit pas compter ; on a, de cette façon, un échafaudage complètement indépendant de la façade en question,

II. ÉCHAFAUDAGE AVEC POINTS D'APPUIS SUR LA FAÇADE EN RÉPARATION

Quand la façade en réparation est assez solide, on peut y attacher le pan d'échafaudage fixe ; pour

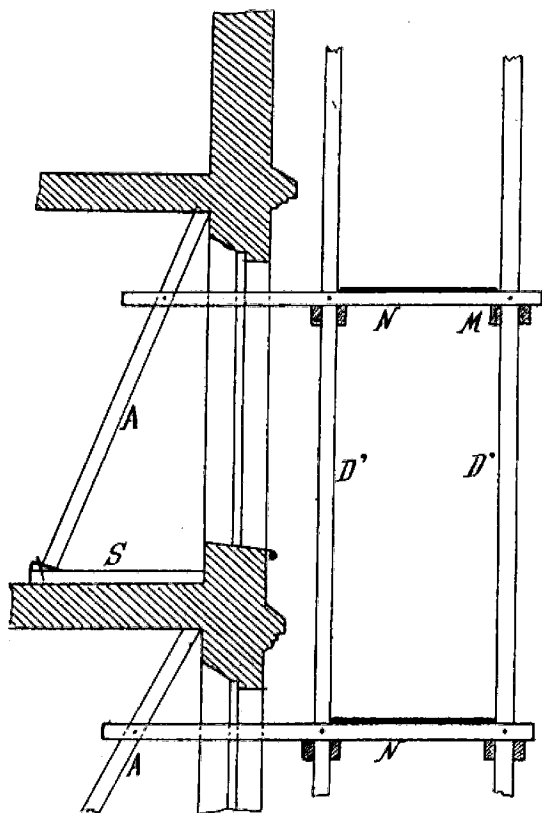


Fig. 67. Echafaudage avec points d'appui sur la façade même en réparation.

cela, on met à l'intérieur du bâtiment (fig. 67) des pièces de bois A inclinées et serrées entre les plan-

chers par l'intermédiaire de semelles S et de coins cloués sur les semelles. Ces pièces de bois A sont prises entre les moises transversales N de l'échafaudage, prolongées à cet effet, et y sont maintenues par des boulons d'assemblage. De cette façon, l'échafaudage ne peut pas se déverser en avant ; et si on prend la précaution de placer quelques étais courts entre les poteaux du premier rang et le mur de la façade, ou encore prolonger quelques-unes des moises N jusqu'au parement du mur, on empêchera tout déversement de l'échafaudage vers le bâtiment en réparation.

III. PORTE-A-FAUX ET POTEAUX ADDITIONNELS

Souvent on a besoin de prolonger le plancher en porte-à-faux, au delà du dernier poteau de l'échafaudage ; on obtient cela en prolongeant les moises parallèles au mur de la quantité voulue et en portant leurs extrémités par une contre-fiche inclinée A (fig. 68) ; on incline en sens contraire les contre-fiches B immédiatement voisines, pour annuler les poussées des composantes horizontales.

Sur la même figure, on voit qu'on peut supprimer un poteau à la partie basse pour laisser un passage aux matériaux ; on l'arrête à l'assemblage d'une moise longitudinale et on reporte la charge de sa partie haute sur les deux poteaux voisins à l'aide de deux écharpes C boulonnées sur toutes les moises et le poteau dont on a enlevé la partie basse ; on ajoute à la partie inférieure deux moises courtes D supplémentaires,

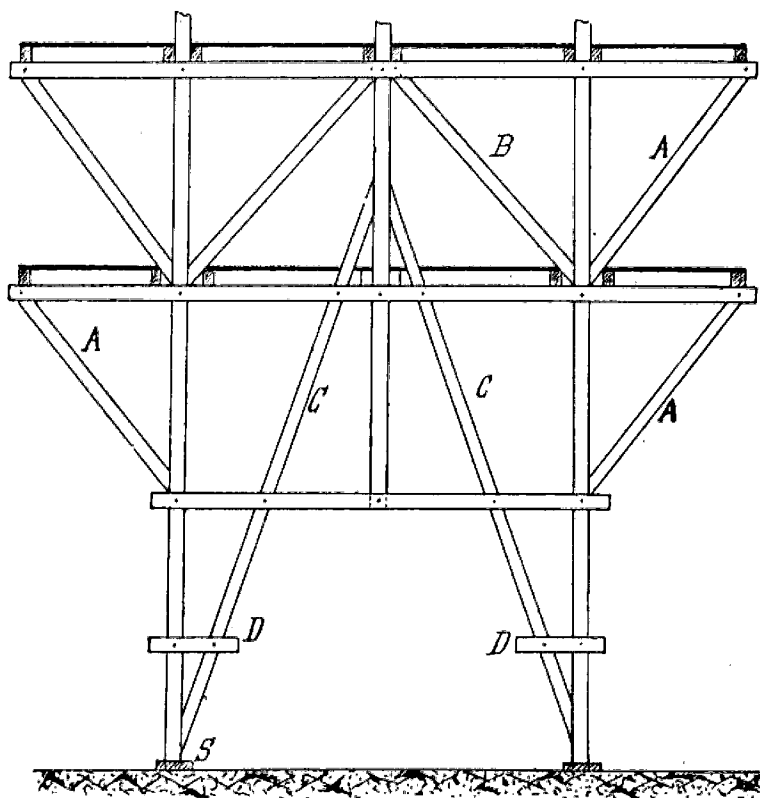


Fig. 68. Dispositif d'échafaudage avec porte-à-faux et poteau additionnel.

IV. ÉCHAFAUDAGE SUR CONTRE-FICHES

Dans les endroits où l'on ne peut pas faire une saillie de pied, on établit les poteaux au niveau de l'entresol ; pour cela, on fait correspondre les fermes de l'échafaudage aux côtés du vide des baies. On commence par placer une pièce inclinée A, coincée et serrée entre le plafond et le plancher par l'intermédiaire d'une semelle et d'un coin,

Vers le bas de cette pièce A, on fixe une pièce horizontale B assez forte et maintenue au dehors dans sa position horizontale par la contre-fiche C posée sur la plate-forme le long du pied du mur.

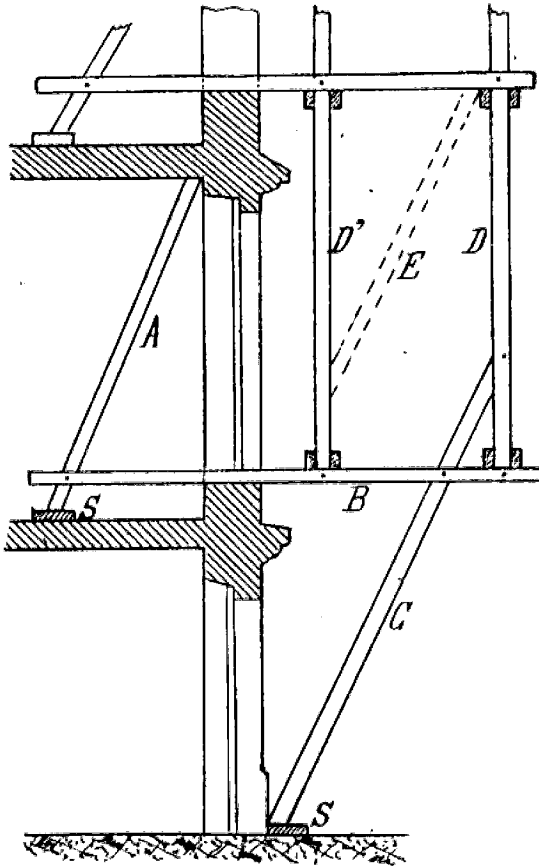


Fig. 69. Échafaudage sur contre-fiches.

Les deux poteaux D et D' sont portés par la moise B ; le restant de l'échafaudage est construit de la manière ordinaire. Pour plus de sûreté, on prolonge la contre-fiche C à travers les moises B

pour l'assembler avec le poteau D par embrèvement. On peut aussi faire reporter la charge de préférence sur le poteau D' en ajoutant des contre-fiches supplémentaires E. Cette disposition d'échafaudage est représentée figure 69.

V. ÉCHAFAUDAGE EN BASCULE

Il y a des cas où l'accès du pied du mur est totalement interdit ; on établit alors l'échafaudage dit *en bascule*. On place au-dessus du rez-de-chaussée, et dépassant en porte-à-faux au dehors, une grosse poutre A (fig. 70) de section convenable, et à l'endroit de chaque ferme ; sur ces poutres reposent les poteaux de l'échafaudage P ; par conséquent, on doit les encastrier solidement à l'intérieur du bâtiment ; on commence par étayer le premier chevalet B, faiblement coincé entre deux plates-formes ; ensuite, on cale les poutres A sur le plancher à l'aide de semelles C, de façon à ce qu'elles soient bien horizontales en s'appuyant sur le mur de face ; par-dessus, on vient de serrer des étais D qui buttent contre une plate-forme appliquée au plafond ; on raidit de la même façon l'étage supérieur par des pièces obliques E, pour intéresser ainsi, à la résistance de la poutre A, au moins deux étages.

Sur le porte-à-faux de la poutre A, on établit les deux poteaux P de la ferme et on continue l'échafaudage comme d'ordinaire en prenant la précaution supplémentaire de relier la moise transversale F avec les étais E du plancher correspondant.

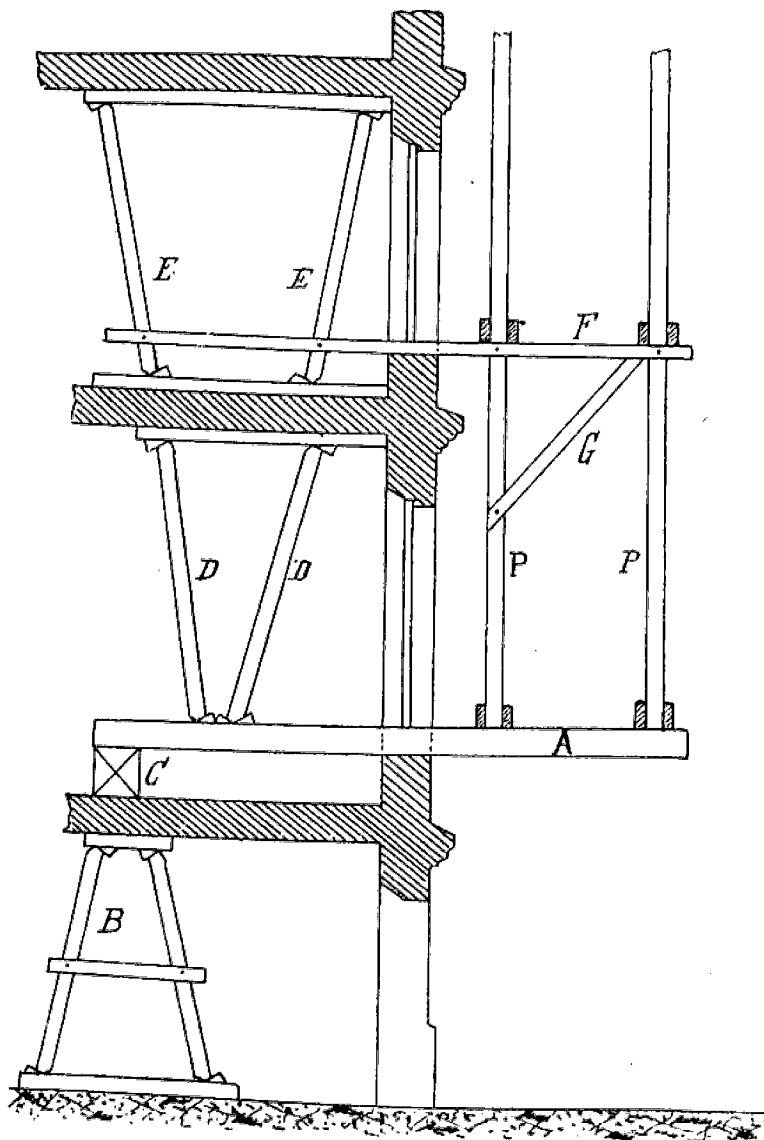


Fig. 70. Echafaudage en bascule.

VI. ÉCHAFAUDAGES HORIZONTAUX, ÉCHAFAUDAGES COUVERTS

Les échafaudages ne sont pas toujours verticaux ; souvent, pour la réparation des voûtes ou des planchers, on établit des échafaudages horizontaux ; ils sont formés de plates-formes étagées, placées aux hauteurs voulues pour le travail ; leur composition est la même que précédemment, c'est-à-dire poteaux verticaux et contre-fiches moisées.

Depuis un certain nombre d'années, on se sert de grands échafaudages combinés pour la construction des bâtiments, et en même temps pour porter une couverture provisoire destinée à protéger le chantier contre la pluie, et éviter ainsi tout chômage pendant les journées d'hiver où la température n'est pas trop rigoureuse. Un échafaudage de ce genre a servi pour la construction des ailes du Crédit lyonnais, à Paris. Une grande partie de la toiture, de même qu'une partie des parois verticales de ces charpentes couvertes, doit être vitrée (exemple, la charpente qui a servi pour la construction de la maison de la Compagnie d'Assurances Américaine, boulevard des Italiens).

Ces sortes de charpentes conviennent dans tous les cas où la rapidité de l'exécution joue un grand rôle ; on peut y ajouter un éclairage électrique pour les jours sombres ou la nuit.

CHAPITRE XXI

Appareils de levage

SOMMAIRE. — I. Chèvres. — II. Pylones ou sapines. — III. Chevalets des mines. — IV. Grues. — V. Charpentes roulantes.

Les appareils de levage sont très nombreux et de formes très différentes.

Suivant leur mode de fonctionnement, on les groupe en : *chèvres*, *pylones*, *grues*, *treuils roulants* et *charpentes roulantes*. Ces différents appareils fonctionnent, posés tantôt sur le sol, tantôt sur la construction qu'ils aident à exécuter, tantôt sur des plates-formes spéciales de l'échafaudage.

I. CHÈVRES

Chèvre à trois pieds

La chèvre est une sorte d'échelle triangulaire, large du pied, dont les montants dits *bras ou biceps*, sont reliés entre eux par des traverses et se réunissent à leur partie supérieure pour porter l'axe d'une poulie ; à la partie inférieure, ils supportent les tourillons du tambour d'un treuil que l'on manœuvre à l'aide de grands leviers mobiles ; la corde, enroulée sur le tambour du treuil, monte

à la partie supérieure de la chèvre, passe sur la poulie et retombe verticalement en se terminant par un crochet.

La position normale de la chèvre est inclinée de façon que le crochet se meuve dans un espace libre pour l'objet à soulever et pour la manœuvre.

Pour maintenir la chèvre dans cette position fixe, on l'appuie sur un troisième pied en bois, articulé à la partie supérieure et posant sur le sol par l'autre bout. C'est là ce qu'on appelle *la chèvre à trois pieds*, qui rend de très grands services

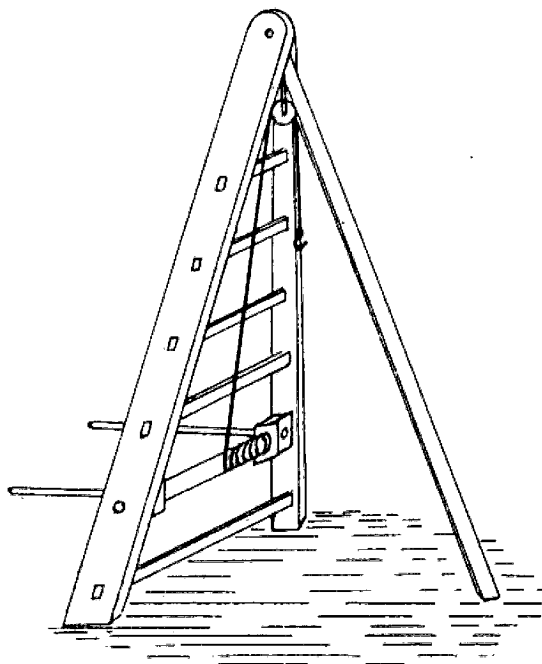


Fig. 71. Chèvre à trois pieds.

quand on a à soulever de lourds poids à très peu de hauteur, représentée figure 71.

Chèvre à deux branches ou chèvre ordinaire

C'est la forme la plus usuelle. C'est une échelle à deux bras ou biceps, dont l'inclinaison est obtenue par la tension de deux câbles, dits *haubans* A et B (fig. 72), amarrés à des fiches à l'arrière de

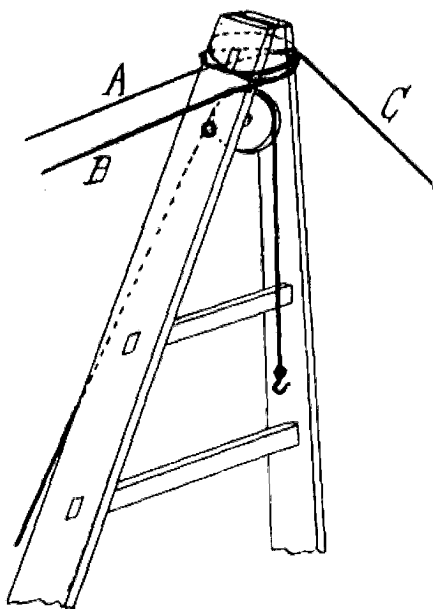


Fig. 72. Chèvre ordinaire ou à deux bras.

l'engin. De cette façon, on laisse tout l'avant de la chèvre libre pour la manœuvre, et on peut déplacer latéralement la chèvre à l'aide de leviers, ou encore lui donner une inclinaison plus grande en lâchant un peu les haubans. Pour empêcher la chèvre de revenir dans la position verticale, et même se renverser à l'arrière sous l'effort du vent ou des oscil-

lations provenant des manœuvres, on fixe au nez de la chèvre un troisième câble C s'amarrant à l'avant de la chèvre, appelé *contre-hauban*. En lâchant ou tendant plus ou moins les amarres, on fait varier la *volée* de la chèvre, c'est-à-dire la distance horizontale du crochet au pied de la chèvre.

On doit attacher une grande importance au choix des points d'amarrage des haubans pour avoir la plus grande stabilité possible ; pour cela, il faut que la résultante des tensions des haubans passe par l'axe de symétrie de deux bras de la chèvre, ce qui s'obtient toujours en mettant les deux haubans symétriques par rapport à cet axe, et le contre-hauban dans le même plan vertical que la bissectrice de l'angle formé par les deux haubans.

Les dimensions courantes des chèvres pour les constructions ordinaires sont de 10, 12, 15 mètres ; mais on exécute, pour des travaux spéciaux, de grandes chèvres de 20 et 30 mètres de longueur, dans lesquelles on remplace le treuil à tambour en bois par un treuil mécanique posé soit par terre, et indépendant de la chèvre, soit attaché au bâti de la chèvre par des boulons comme le treuil Bernier.

Ces grandes chèvres, destinées à lever de lourdes charges, sont généralement renforcées par un contreventement à l'aide de deux grandes écharpes posées en croix. La figure 73 nous montre une chèvre de ce genre, servant au levage de fermes d'un grand hangar devant se poser à 20 mètres au-dessus du sol. Pour avoir la hauteur de chèvre qu'il faut pour cela, on tient compte du niveau

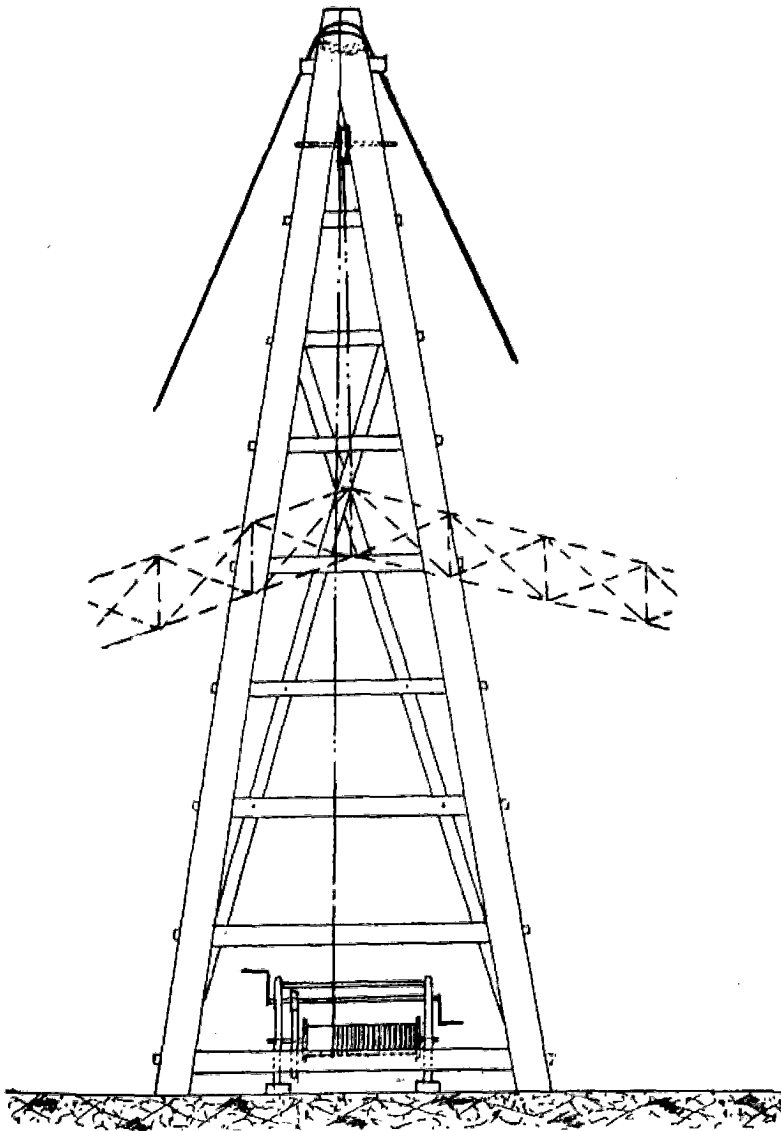


Fig. 73. Grande chèvre de 22 mètres de hauteur.

maximum auquel on doit placer les fermes, du niveau d'amarrage de chaque pièce, et on augmente

ces hauteurs de la longueur nécessaire pour exécuter facilement les différentes manœuvres; en général, on admet 2 mètres d'espace libre entre la poulie et le dessus de l'amarrage des pièces.

Les traverses de la chèvre s'assemblent avec les bras par des mortaises et tenons passant avec clefs ou chevilles en bois, de façon à être facilement démontables, car une chèvre se transporte en morceaux et se monte sur place dans le chantier de la construction.

Tréteau

C'est un appareil de petites dimensions formé par deux tréteaux ordinaires, réunis à leur tête par une traverse de dimension assez forte pour porter les charges auxquelles on les destine. On fixe la poulie du treuil sur cette traverse. En général, avec les tréteaux, on emploie les palans différentiels; souvent on contrevente les deux tréteaux par des croix de Saint-André.

II. PYLONES OU SAPINES

Pour monter les matériaux dans les constructions à cinq étages et au-dessus, on se sert des constructions en charpente provisoires, mais très solides, qui portent le nom de *sapines*.

On les compose d'ordinaire de quatre grands poteaux en sapin placés parallèlement, scellés dans le sol et montant à 3 mètres environ plus haut que le sommet du mur; les quatre poteaux sont reliés entre eux tous les 3 ou 4 mètres par des traverses M, et sur les trois faces entre ces moises on place

des croix de Saint-André ou croisillons C ; on obtient ainsi une triangulation qui donne une très grande stabilité à l'ensemble. La quatrième face, celle qui regarde le bâtiment en construction, est laissée libre pour le service ; à la partie supérieure, les quatre poteaux se terminent par un rang de moises sur lesquelles reposent deux traverses en chêne T, portant à la fois sur les poteaux et servant à porter, à leur milieu, deux autres traverses jumelées T', également en chêne, destinées à porter la poulie sur laquelle passera la chaîne du treuil qui n'est jamais installé à l'intérieur de la tour formée par la sapine, afin d'éviter d'avoir des ouvriers travaillant sous des matériaux en montage.

D'ordinaire, on fixe ce treuil sur deux traverses fixées sur deux poteaux de la sapine. La figure 74 nous représente une sapine de ce genre.

Le montage de ces grands sapins d'une pièce exige nécessairement un espace libre assez grand, afin de pouvoir les dresser à la volée à l'aide d'une chèvre ; ce travail se fait facilement dans les rues de Paris, mais quand il s'agit de construire une sapine dans l'intérieur d'une cour, on ne peut plus se servir de ces poteaux en sapin, et on recourt à un autre genre de construction avec des matériaux assemblés, des madriers par exemple.

Sapine en madriers

L'important, dans ce genre de construction, est de bien croiser les joints afin de donner une grande solidité à l'ensemble des madriers formant chaque poteau.

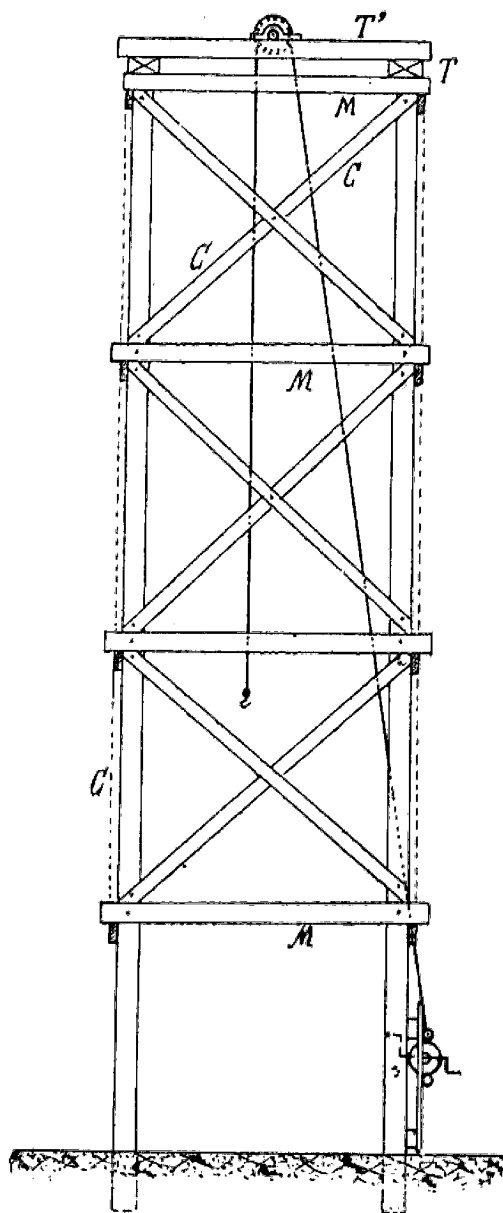


Fig. 74. Pylone ou sapine,

Pour construire une sapine de ce genre on forme chaque poteau de trois madriers de 23×8 juxtaposés, boulonnés ensemble tous les mètres environ ; pour que les joints se croisent, au départ de chaque poteau, on place trois madriers ayant respectivement des longueurs de 6, 4 et 2 mètres par exemple, le plus court étant placé au milieu, et on continue le restant du poteau par des madriers de même longueur. On voit ainsi que l'extrémité de chaque madrier se trouve à 2 mètres en contre-bas ou en contre-haut de celles des deux autres madriers ; on termine la partie haute du poteau par des madriers de 4 et 2 mètres.

Les poteaux ainsi formés, montés et boulonnés sur place, sont moisés et contreventés de la façon ordinaire ; la figure 75 indique la disposition des madriers formant chaque poteau et celle des moises qui doivent se trouver de façon à faciliter le montage et le démontage des différents madriers de la sapine.

Ces charpentes provisoires sont placées à 1^m50 ou 2 mètres de la façade de la maison en construction et sont latéralement liés aux échafaudages des maçons.

Pylones isolés

Dans bien des travaux, on a besoin de construire des échafaudages provisoires pour s'aider à l'exécution des dits travaux, par exemple montage des réservoirs d'eau, des cheminées, des silos métalliques, etc. Ces charpentes portent le nom de *pylones isolés*.

C'est une sapine ordinaire à quatre montants,

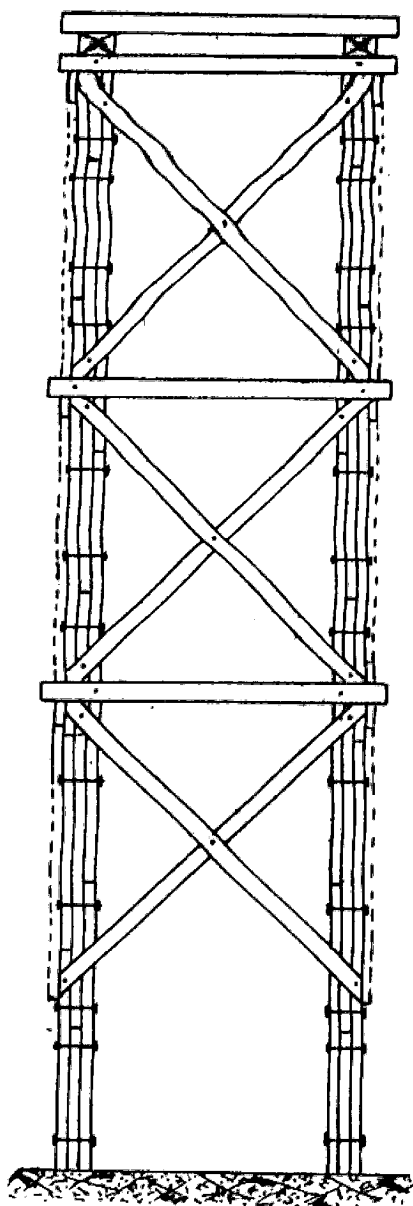


Fig. 75. Sapine en madriers.

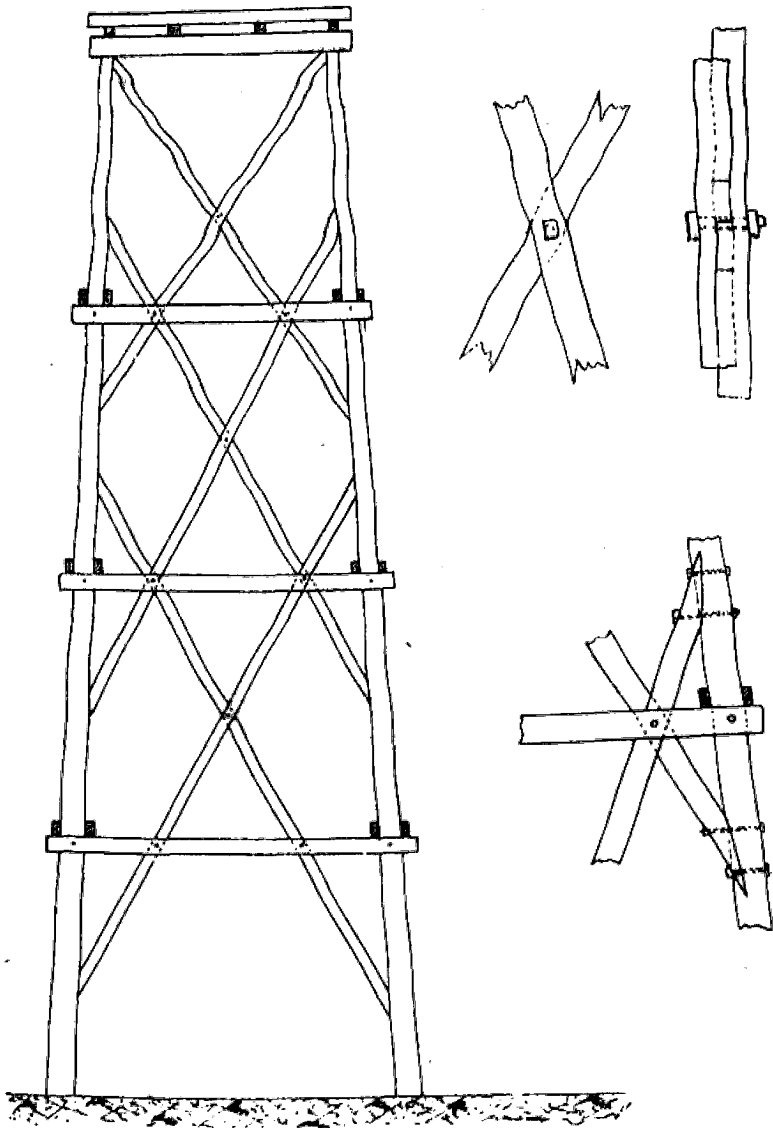


Fig. 76. Pylone isolé.

mais qui, au lieu d'être verticaux ou presque verticaux, de façon à se relier plus facilement aux

échafaudages voisins, sont inclinés vers le centre de la tour, de façon à donner plus de stabilité et offrir moins de prise au vent ; ces poteaux sont réunis entre eux par un treillis de pièces obliques (fig. 76) fixées aux montants par des assemblages à tenons, mortaises et embrèvement, et entre elles, aux points de croisement, par des assemblages à mi-bois, comme on le voit sur les croquis de détail (fig. 76).

Si l'échafaudage doit rester en place longtemps, on consolide tous les assemblages par des ferrements et boulons.

Tous les trois à quatre mètres, sur la hauteur, on place des pièces horizontales jumelées moisant toutes les pièces de treillis et les poteaux, de façon à obtenir une grande triangulation de l'ensemble.

Dans les cas où ce pylone doit servir pour porter à son sommet un appareil de levage, comme cela s'est vu pendant les travaux de la dernière Exposition internationale, on y établit une plateforme solide et en rapport avec le travail qu'on lui demandera, en passant sur les moises du sommet une série de traverses sur lesquelles on jette en travers un platelage de madriers épais, en sapin ou chêne.

On installe également des échelles de meunier dont les volées se retournent dans l'intérieur du pylone pour faciliter l'accès à n'importe quelle hauteur.

III. CHEVALETS DES MINES

Les chevalets employés au-dessus des puits de mines sont de véritables pylones, le plus souvent

faits en bois, quoique aujourd'hui on les fasse en fer ; néanmoins, dans les pays où le bois est abondant et bon marché, on continue à les faire en bois. Ils sont destinés à porter les molettes qui reçoivent les câbles d'extraction.

Ils doivent être d'une solidité à toute épreuve, en raison des fortes charges qu'ils sont appelés à porter et des tractions supplémentaires dues aux chocs, aux variations de vitesse de toutes sortes, aux départs brusques, etc. ; en outre, ils doivent être très stables pour présenter une assiette solide aux paliers de molettes, et résister à la traction oblique des câbles allant des molettes à la machine d'extraction.

La figure 77 représente en élévation le chevalement d'un puits de la fosse n° 5 de la Compagnie des mines de Nœux et de Vicoigne ; il est composé d'une ceinture supérieure rectangulaire A formée de gros bois de 60 × 56 centimètres, parfaitement assemblés ; de quatre pieds B inclinés légèrement, portant la ceinture A et dont les pieds sont fixés à la fondation par l'intermédiaire de sabots en fonte.

Les assemblages de toutes ces pièces doivent être très soignés et consolidés par des ferrures solides.

Les quatre pièces obliques B sont en outre réunies entre elles sur leur hauteur par des moises M, des croisillons C et des contre-fiches L qu'on place dans toutes les parties vides où leur présence ne peut pas gêner. Sur sa partie haute, on construit une légère construction D pour contenir et abriter les molettes placées au-dessus du puits ; du côté

des machines, un coffrage E porté par des poutres réunit le bâtiment des molettes à celui des machines et abrite les câbles.

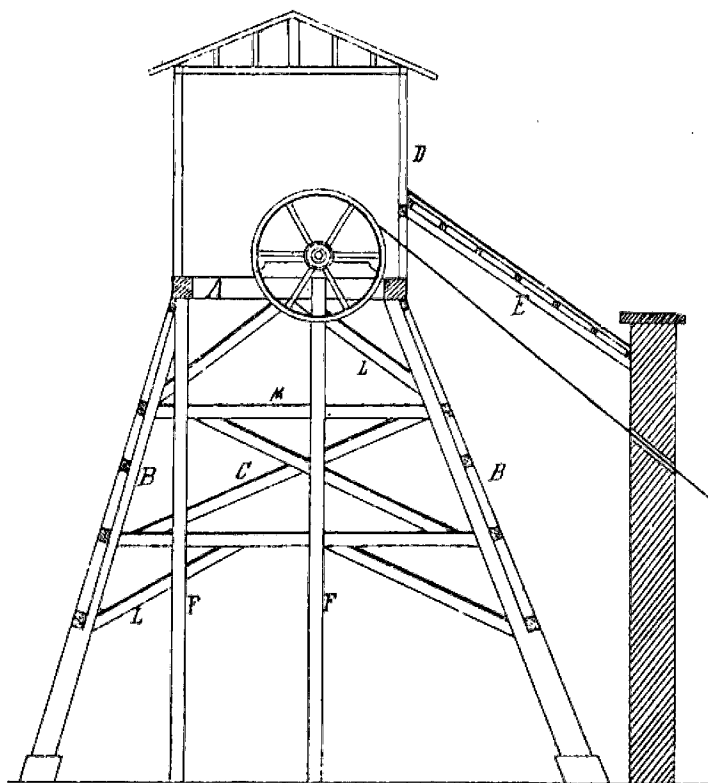


Fig. 77. Chevalet des mines.

Sur le chevalet, on prend aussi les différents points d'attache des bois verticaux F servant de guides aux bennes de service ; on recouvre toute la charpente du chevalet avec un revêtement en planches supprimé sur notre figure.

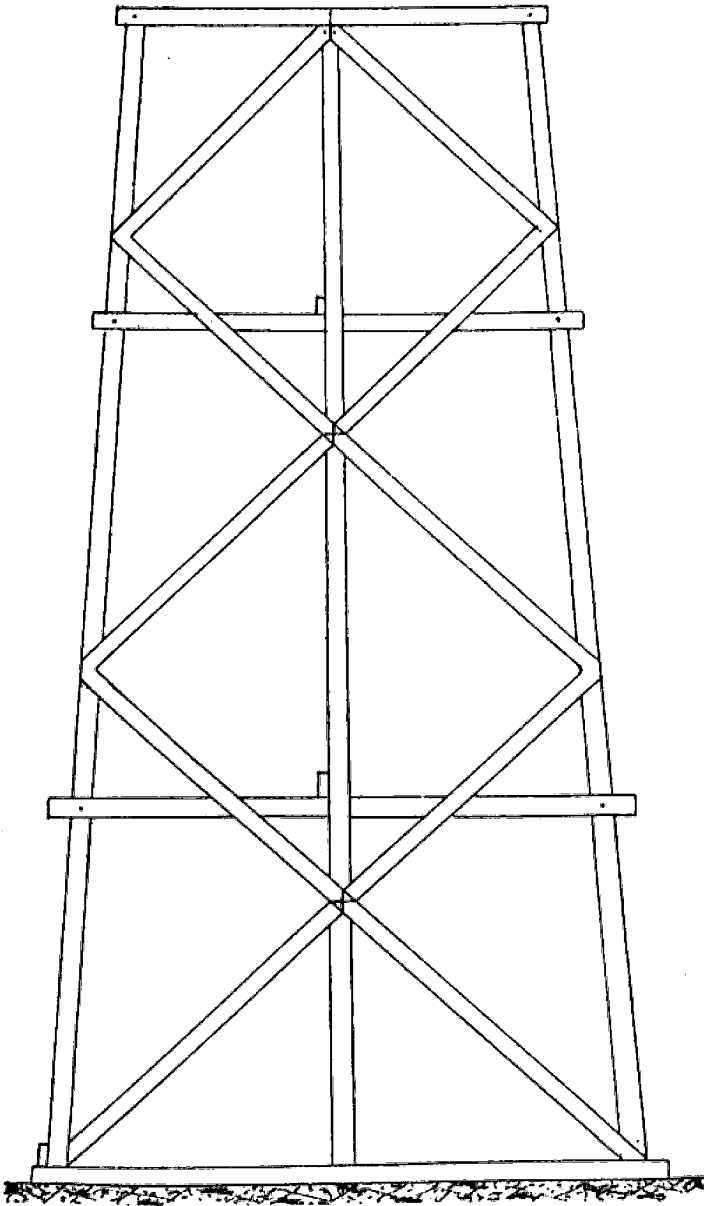


Fig. 78. Pylone polygonal.

Pylone polygonal

On construit des pylones polygonaux devant servir à supporter des appareils de levage à leur sommet. La figure 78 est un exemple d'un pylone octogonal construit par M. Hallopeau pour le levage des grandes fermes venant toutes aboutir à un lanterneau.

A chaque angle se trouve un montant et tous ces montants sont réunis diamétralement par des moises boulonnées; dans chacune des faces du pylone, les deux montants qui la limitent sont contreventés par une série de contre-fiches dont les points d'assemblage correspondent avec ceux de la face voisine. Une plate-forme solide est établie au sommet pour recevoir la chèvre haubanée convenablement.

IV. GRUES

Les grues sont des appareils de levage différant des chèvres en ce qu'elles peuvent donner à la charge qu'elles soulèvent un mouvement de rotation autour d'un axe vertical.

Nous allons donner un seul exemple de grue à volée variable, car aujourd'hui la plupart des grues sont métalliques.

Grue à volée variable

L'axe est formé par une grosse pièce de bois A verticale, terminée par deux tourillons métalliques (fig. 79), portée inférieurement par une crapaudine et maintenue à sa partie supérieure par un

collier en fer B fixé à deux pièces obliques C solidement attachées au sol par l'intermédiaire de sabots. La volée D est fixé au bas de l'axe A par une articulation E qui lui permet de tourner dans un plan vertical autour du point d'attache. L'extrémité supérieure de cette volée porte une arma-

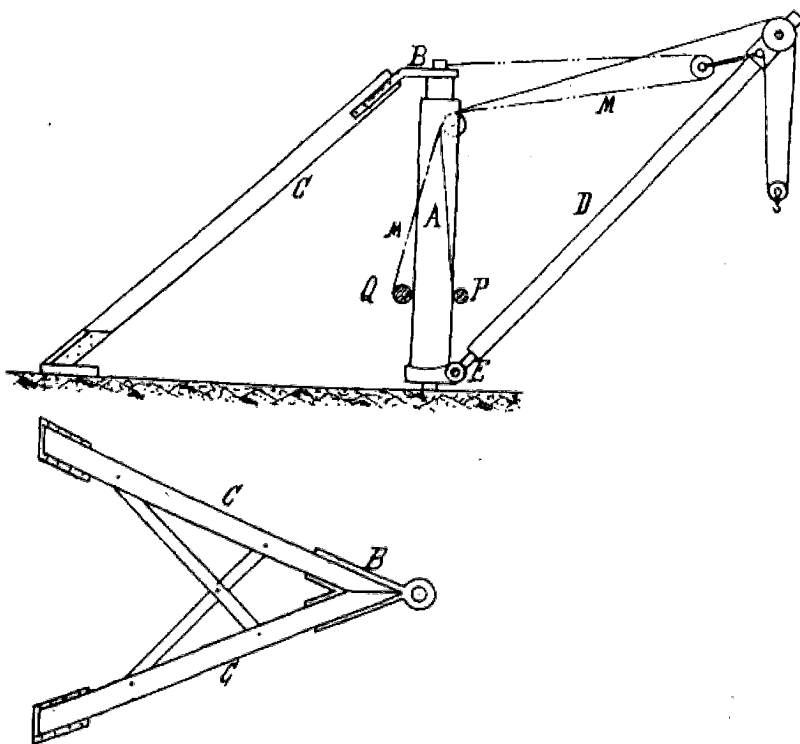


Fig. 79. Grue à volée variable.

ture en fer pour l'axe de la poulie sur laquelle vient passer la chaîne de levage, dont l'une des extrémités est fixée à demeure à l'armature en fer de la volée et l'autre après passage sur une poulie à crochet, et la poulie du haut de la volée vient s'enrouler sur le tambour du treuil de levage P.

La portée de la volée est rendue variable par une chaîne mouflée M, dont l'autre extrémité vient s'enrouler sur le tambour d'un treuil spécial Q. Les deux pièces obliques C sont réunies entre elles par deux écharpes.

V. CHARPENTES ROULANTES

On construit une charpente pouvant rouler régulièrement sur deux files de rails qui comprennent tout le chantier; elle peut donc atteindre n'importe quelle partie du chantier dans le sens de la longueur.

Sur cette charpente on établit un treuil roulant dans le sens transversal, et de cette façon on peut amener ou prendre les matériaux à n'importe quel point du chantier.

Treuil roulant à petite portée

Il se compose de deux chevalets (fig. 80) montés sur galets portant deux poutres B sur lesquelles roule le chariot formant treuil par l'intermédiaire des galets.

Les deux chevalets sont composés de deux pièces obliques A réunies à leur partie supérieure par un chapeau en fonte K dont la forme spéciale permet aux deux poutres B de déverser sur les flancs; à leur partie inférieure, une double moise E empêche tout écartement de ces pièces A et sert en même temps à porter les galets de roulement R. Sur la hauteur est fixée une autre double moise E', on renforce par une croix de Saint-André et une autre moise E". Le treuil de manœuvre est

fixé sur deux pièces de bois prenant appui sur les deux moises E et E'.

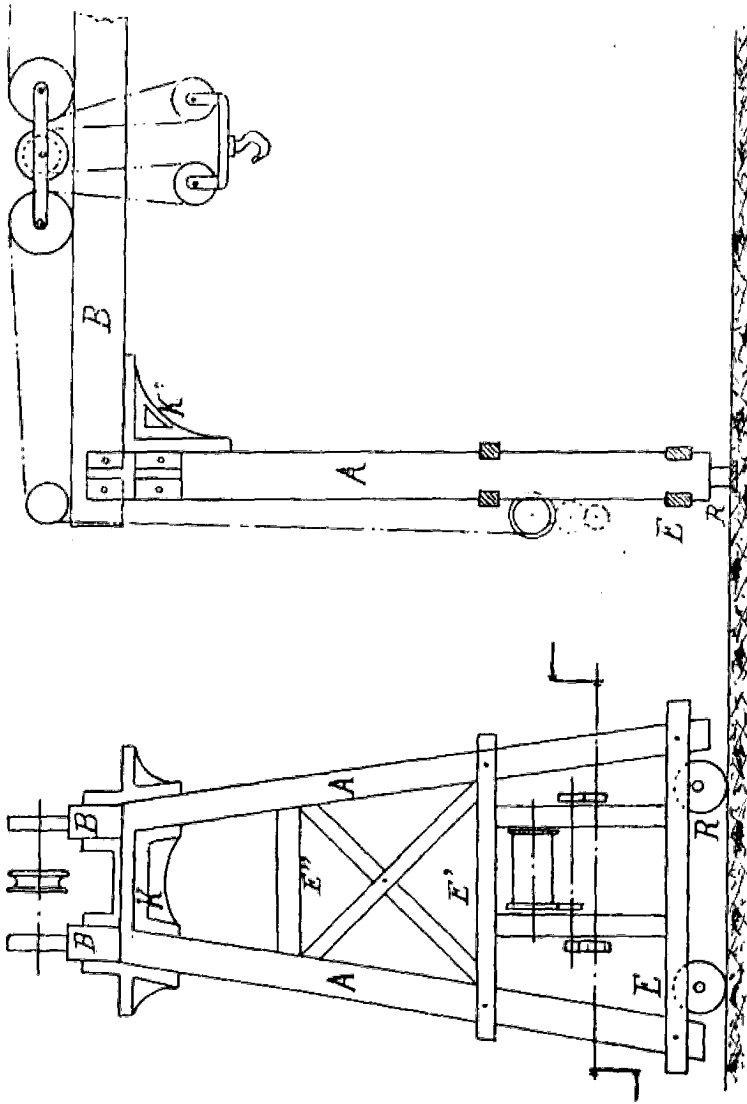


Fig. 80. Treuil roulant à petite portée.

On diminue la portée des poutres par des consoles K' en fonte.

Charpente roulante à grande portée

La charpente roulante se compose de deux chevalets (fig. 81) montés sur galets roulant dans un chemin de fer spécial et portant deux poutres parallèles P, sur lesquelles sont fixées les rails du treuil roulant.

Ces poutres sont disposées dans l'exemple que nous donnons, de façon à avancer en porte-à-faux du côté de l'arrivée des marchandises, soit au-dessus d'une voie de chemin de fer, soit sur un canal ; ces poutres sont formées de deux bois de 0.32×0.22 superposés et jumelés ; comme leur section n'est pas suffisante pour porter une charge de 10.000 kilogr. avec une portée de 12 mètres, on les renforce par des tirants en fer soutendus et portés par des consoles en fonte, fixées sous les poutres ; en outre, on diminue la portée des poutres par des contre-fiches inclinées B, venant s'appuyer sur les chevalets.

Le porte-à-faux, qui doit résister à la traction verticale du fardeau, est soutenu par un éventail de trois contre-fiches C et par un tendeur en fer D attaché aux extrémités de la poutre et soutenu à hauteur par le montant du chevalet de la rive de travail. Les chevalets sont de composition différente ; le chevalet le plus éloigné de la rive se compose d'une moise inférieure M (fig. 82), soutenue sur les axes des galets G ; de cette moise partent les deux poteaux Q soutenant les poutres P, dont la verticalité est assurée, dans le plan du chevalet, par deux contre-fiches obliques R reliées par des moises, et dans le sens perpendiculaire audit plan

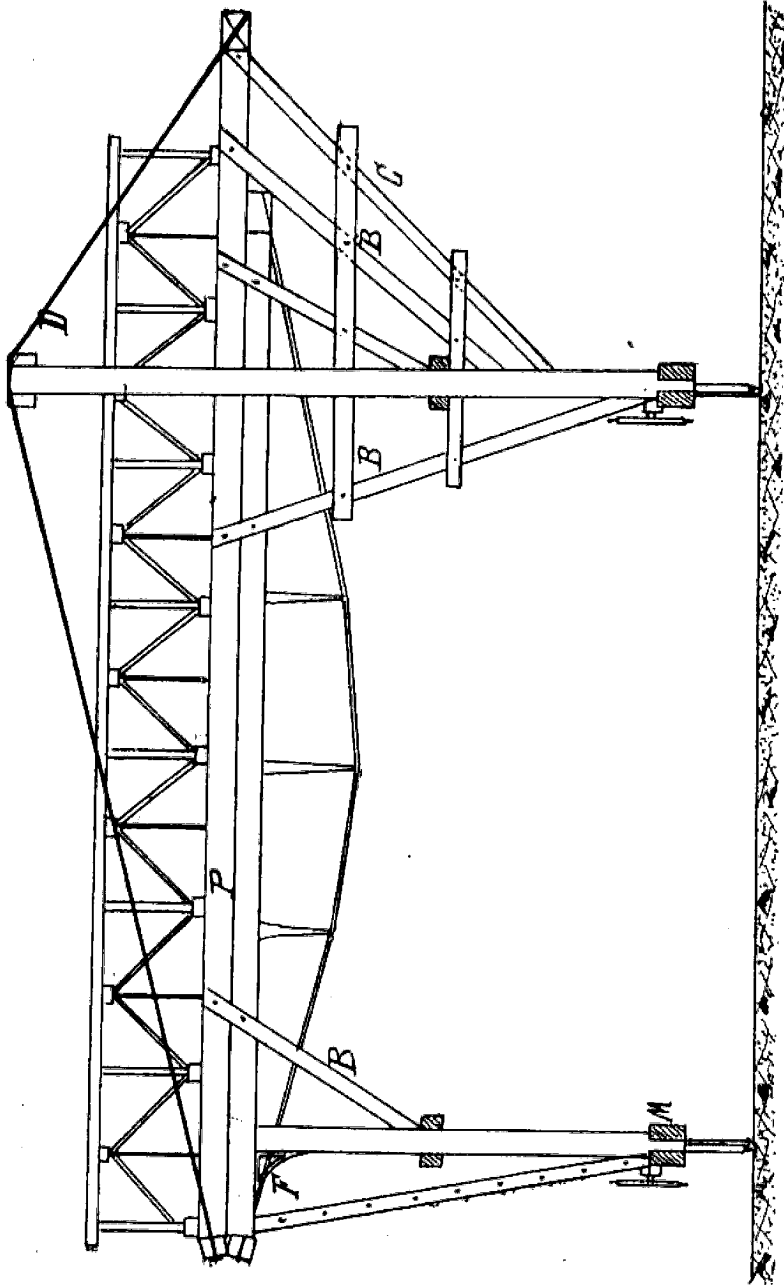


Fig. 81. Charpente roulante à grande portée.

par une contre-fiche B qui le relie à la poutre, et par une console en fonte F dans l'autre angle du poteau et de la poutre. Sur ce chevalet, on fixe

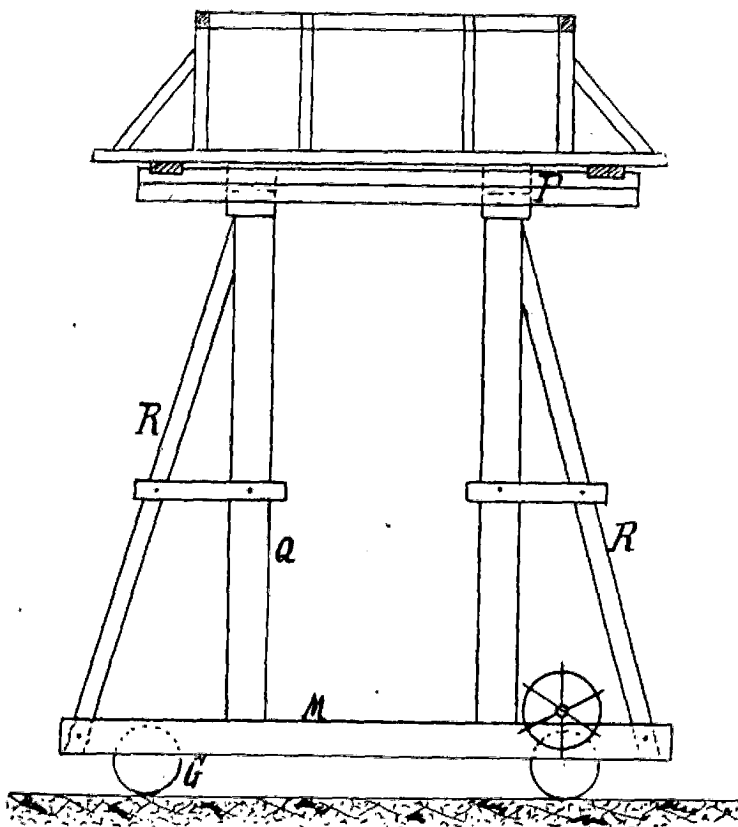


Fig. 82. Chevalet le plus éloigné de la charpente roulante.

une échelle pour le service et le mouvement de commande du galet, c'est-à-dire un volant à manettes et système de pignons dentés.

Le chevalet de rive (fig. 83), a plus de pied que le précédent, et la semelle moisée porte sur trois

galets ; sur cette semelle, et à l'endroit des poutres, se trouvent les deux poteaux verticaux qui doivent les supporter.

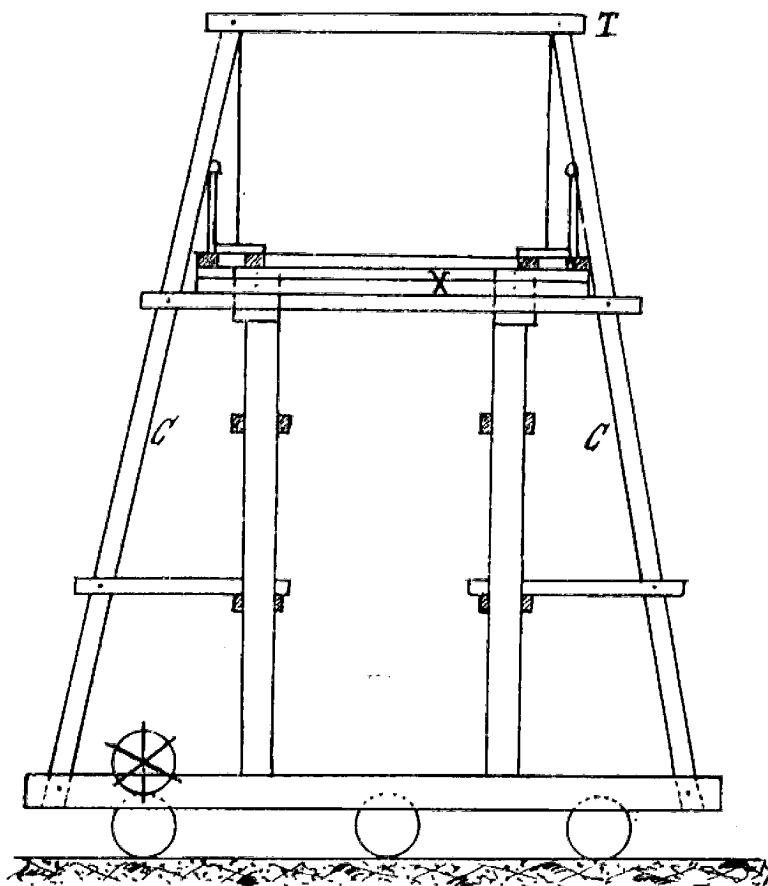


Fig. 83. Chevalet de rive de la charpente roulante.

On assure la verticalité des poteaux dans le plan du chevalet par deux contre-fiches C inclinées, avec lesquelles ils sont moisés, et qui montent plus haut pour porter les tendeurs du porte-à-faux ; ces

contre-fiches sont moisées à leur partie supérieure par une traverse double T. De cette façon, on voit que tout l'espace est complètement libre, car l'écartement des poutres est maintenu simplement par les poteaux des chevalets et par les traverses assemblées X, qui sont en dehors du chemin du treuil.

Sur les deux poutres, il y a le chemin de roulement du treuil, et de chaque côté de ce chemin, on établit un plancher permettant de pousser le travail dans le sens voulu ; on accompagne ces chemins, du côté extérieur, par un garde-fou.

CHAPITRE XXII

Ponts et passerelles en bois

SOMMAIRE. — I. Culées en bois. — II. Points d'appui intermédiaires ou palées. — III. Tabliers des ponts en bois. — IV. Passerelle pour piétons. — V. Passerelle avec sous-poutre. — VI. Pont avec contre-fiches.

Les ponts en bois ne se construisent aujourd'hui que dans les pays où le bois est très abondant et d'un prix peu élevé, ou encore pour les ouvrages d'une durée limitée ou servant comme échafaudage à d'autres ouvrages importants.

Les ponts en bois se composent du *tablier*, posé de niveau ou à peu près, portant sur des points d'appui extérieurs, qu'on appelle des *culées*, et des supports intermédiaires, qui portent le nom de *palées*.

Nous allons donner les détails de construction de ces différentes parties composant un pont en bois.

I. CULÉES EN BOIS

Les culées sont construites en bois seulement dans les ouvrages provisoires et dans des terrains consistants ou dans des remblais.

Culée dans terrain consistant

Dans les terrains compacts, on bat une série de pieux avec un léger fruit de $1/10$, qu'on répartit convenablement sous les charges et dans les parties intermédiaires. A leur partie supérieure, ils sont réunis par une double moise A (fig. 84), et si la hauteur de la berge est très grande, on donne de la liaison et plus de solidité à l'ouvrage, par l'addition d'une moise supplémentaire B assemblée par boulons ou tire-fond avec les différents pieux. Dans l'intervalle des moises A, et derrière la moise intermédiaire B, on bat une série de palplanches C qui complètent la clôture, et à l'aide de tire-fond, on fixe ces palplanches sur la moise B. On remplit avec du remblai l'intervalle libre entre les palplanches et le terrain.

On assure la conservation de la moise B en l'établissant au-dessous de l'étiage, de façon à être

tout le temps immergée, et on protège le bas de la culée par des enrochements.

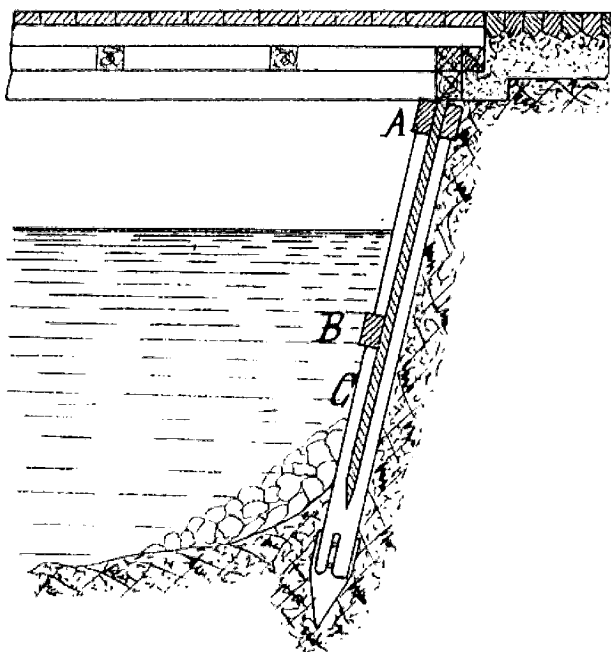


Fig. 84. Culée en bois dans un terrain résistant.

Culée en bois dans un terrain de remblai

Si on a à faire une culée dans un terrain de remblai, à cause de fortes pressions des terres détrempées, on établit l'ouvrage de telle sorte qu'il puisse résister à cette poussée.

La figure 85 représente une culée construite dans des terrains de remblai. On bat des pieux légèrement obliques que l'on moise au-dessous de l'étiage et entre les moises on bat des palplanches. En ar-

rière, on déblaie convenablement le terrain, et à 1^m50 ou 2 mètres des pieux, on bat une seconde ligne de pieux que l'on réunit aux premiers par une double moise M et par une écharpe L placée entre les deux pièces de la moise M. Derrière les

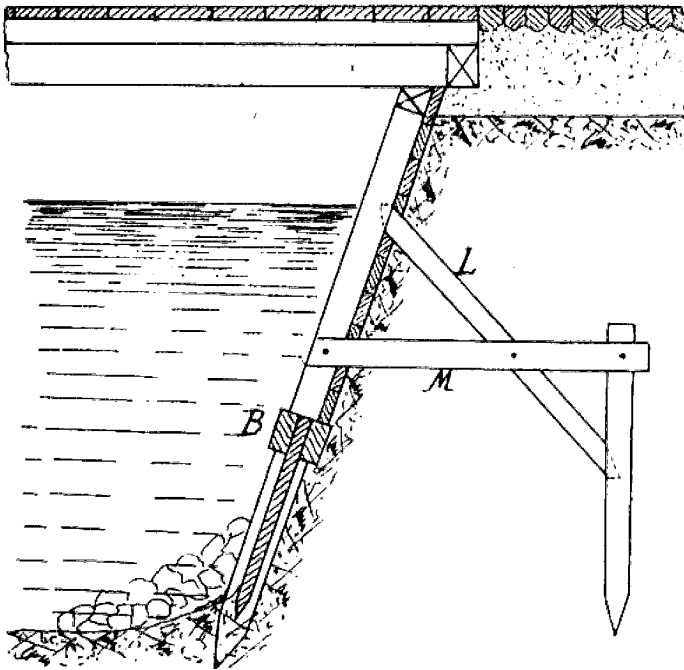


Fig. 85. Culée en bois dans un terrain de remblai.

pieux, on forme une paroi en bois, tire-fonnée sur les pieux, contre laquelle on pilonne des terres du remblai. On retourne ces parois, perpendiculairement en suivant une certaine inclinaison, par rapport à la direction de la rivière en amont et en aval du pont. Toute la partie de la culée qui n'est pas facile à visiter ou à réparer plus tard, doit se trouver au-dessous de l'étiage.

Culée établie au-dessus du sol

Quand une culée ne doit pas soutenir des terres, mais simplement maintenir le tablier à la hauteur voulue, on fait la construction comme suit :

On pose sur le sol (fig. 86), une semelle *T*, portant sur des pièces transversales *S*, correspondant

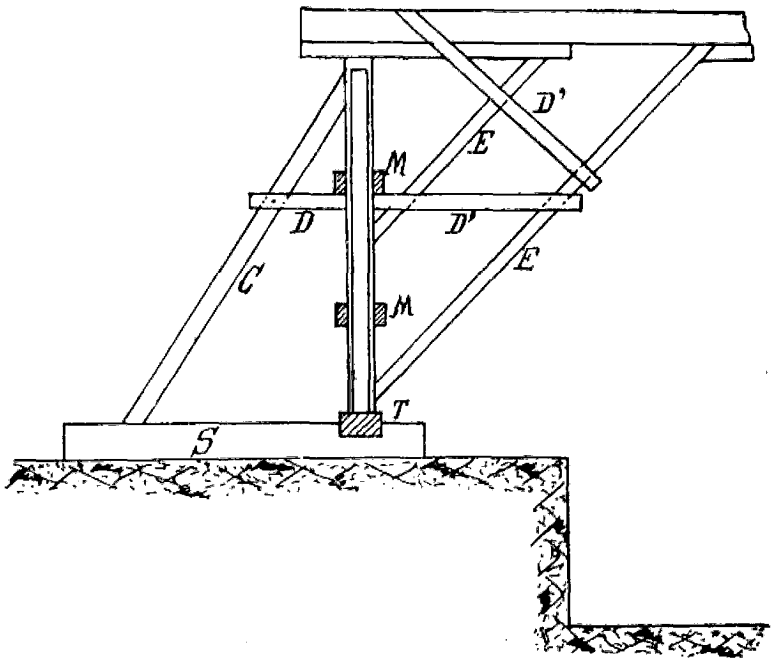


Fig. 86. Culée au-dessus du sol.

aux poteaux verticaux, qui forment ainsi un pan de bois perpendiculaire à l'axe longitudinal du pont ; on maintient ce pan dans sa position verticale par des contre-ventements dans les deux sens ; dans le sens même du pan de bois, on établit une croix de Saint-André et des moises *M* placées

sur la hauteur ; dans le sens perpendiculaire à ce pan, on place des étais obliques C assemblés à la semelle et réunis aux poteaux par des traverses D.

En outre, on réunit, pour plus de sécurité, la culée avec le tablier par un ou deux liens obliques E placés à 45 degrés, attachés à la culée par des moises convenables D' qui assurent ainsi l'invariabilité des angles.

Culées perdues

Quand le terrain est assez solide, on établit le pont avec culées perdues. Pour cela, on commence par terminer le terrain par un talus de pente naturelle qu'on recouvre d'un perré en pierres sèches. On fait porter l'extrémité du tablier sur la partie supérieure de ce talus, par l'intermédiaire d'une semelle en bois ; on prolonge le tablier d'une quantité suffisante pour atteindre la crête du talus.

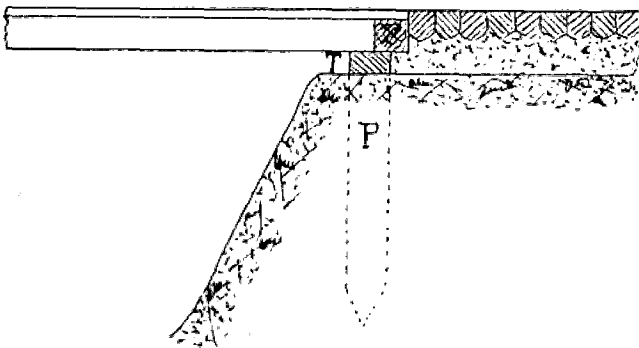


Fig. 87. Culée perdue.

Si le terrain est un remblai récent, pour éviter tout tassement du point d'appui, on enfonce quel-

ques pieux P, enfoncés dans le remblai et surmontés d'une traverse T qui les réunit entre eux ; ces pieux, étant ainsi dans de la terre, n'ont qu'une durée limitée, mais il ne faut pas s'en inquiéter, car, quand la pourriture s'y mettra, les terres seront assez tassées et suffisamment résistantes pour porter directement le tablier.

Cette sorte de construction est représentée fig. 87.

II. POINTS D'APPUI INTERMÉDIAIRES OU PALÉES

La portée d'un pont étant grande, on établit des points intermédiaires également en charpente, dits *palées*.

Les palées en bois sont composées de montants verticaux contreventés convenablement, formant ainsi de véritables pans de bois ; ces pans de bois sont surmontés d'une sablière horizontale sur laquelle portera le tablier ; ces montants sont enfoncés dans le sol à la manière des pieux ordinaires. Cette manière de construire convient pour des ouvrages provisoires, mais quand l'ouvrage doit être conservé longtemps, on établit ces poteaux par une file de pieux P de hauteur telle qu'ils soient constamment immergés (fig. 89), reliés à leur sommet par une moise M formant sablière. Au-dessus de cette sablière, les poteaux P se prolongent par les poteaux P' du pan de bois assemblés à leur base par une autre moise M' superposée à la sablière M et réunie avec cette dernière par des boulons. Le niveau de l'étiage doit être plus haut que le rang des moises M et M', de façon à n'avoir que les poteaux P' à remplacer, en cas de réparation.

Pour faciliter le montage, on remplace souvent les deux cours des moises M , M' par un seul cours de pièces Z en bois plus fort (fig. 88); le joint des poteaux P et P' se trouvant au milieu de la hau-

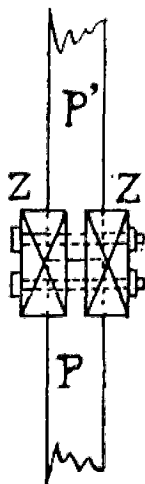


Fig. 88. Disposition d'assemblage des poteaux d'une palée.

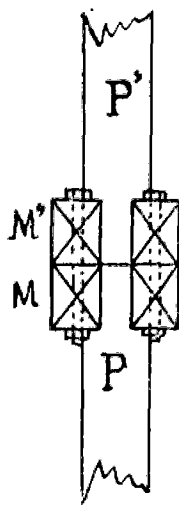


Fig. 89. Autre disposition d'assemblage des poteaux d'une palée.

teur des pièces Z , on assemble le tout par des boulons traversant les trois pièces de bois de part en part.

On s'attache à faire correspondre, autant que possible, les poteaux de la palée avec les poutres longitudinales du tablier pour faciliter les assemblages et le contreventement, qui se fait par des pièces obliques assemblées aux points de croisement avec tous les poteaux, ou encore par des croix de Saint-André, qui assurent une grande triangulation du système.

Exemple d'une palée. Palée de la passerelle de l'île Saint-Louis, à Paris

Nous avons indiqué (fig. 90), une travée de la passerelle de l'île Saint-Louis, formée par huit pieux, reliés entre eux par des moises et sortant de l'eau d'une hauteur considérable.

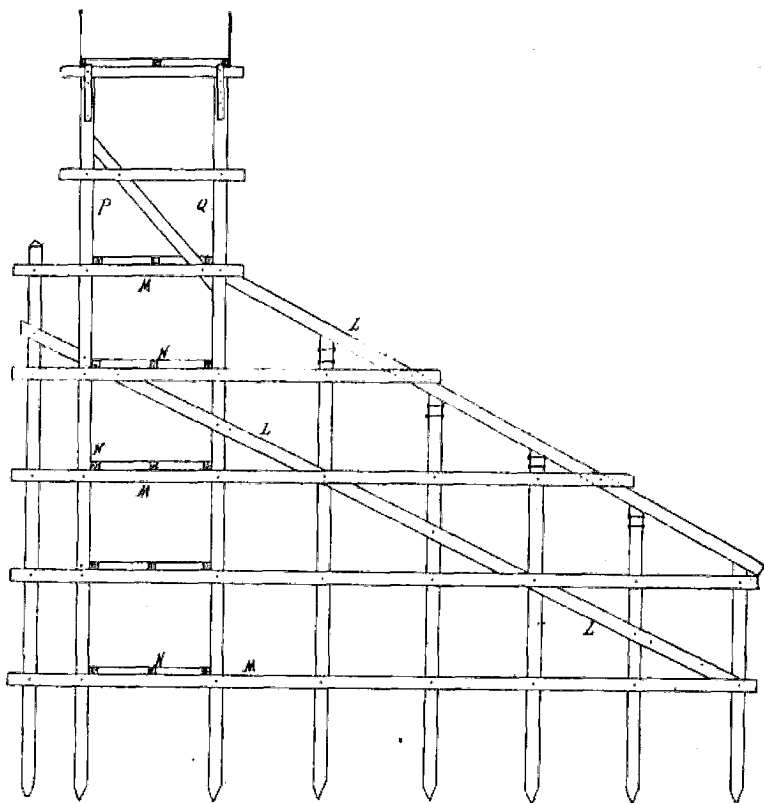


Fig. 90. Passerelle de l'île Saint-Louis, à Paris.

Le tablier n'est porté que par les deux pieux P et Q, les autres ne servent que pour donner de la

solidité à l'ensemble et de la résistance à une poussée horizontale provenant du courant très fort et des glaces.

Les différents poteaux sont reliés entre eux par six moises horizontales M et par deux pièces obliques L qui assurent l'invariabilité des angles; les différentes palées sont réunies entre elles par cinq rangées de pièces horizontales N perpendiculaires à leur plan.

III. TABLIERS DES PONTS EN BOIS

Les tabliers des ponts d'une petite portée de 3 à 5 mètres sont formés de simples poutres posées sur les murs-culées et franchissant leur intervalle. On détermine la section de ces poutres et leur écartement en tenant compte de la charge qu'ils auraient à porter, et de la portée entre-culée en se servant des tableaux donnés page 306 et suivantes.

Pour des ponts de 4 mètres de portée, à culée perdue ou autres, on est obligé de soutenir le tablier par des palées intermédiaires.

IV. PASSERELLE POUR PIÉTONS, DE 4 MÈTRES DE PORTÉE

La passerelle, dont nous donnons le croquis figure 91, est établie avec culées perdues et est soutenue par deux palées intermédiaires. Les poteaux verticaux de chaque palée, au nombre de deux, sont enfoncés dans le sol et dépassent de 20 à 25 centimètres les pièces de pont A jumelées, formant moises à la partie supérieure des poteaux

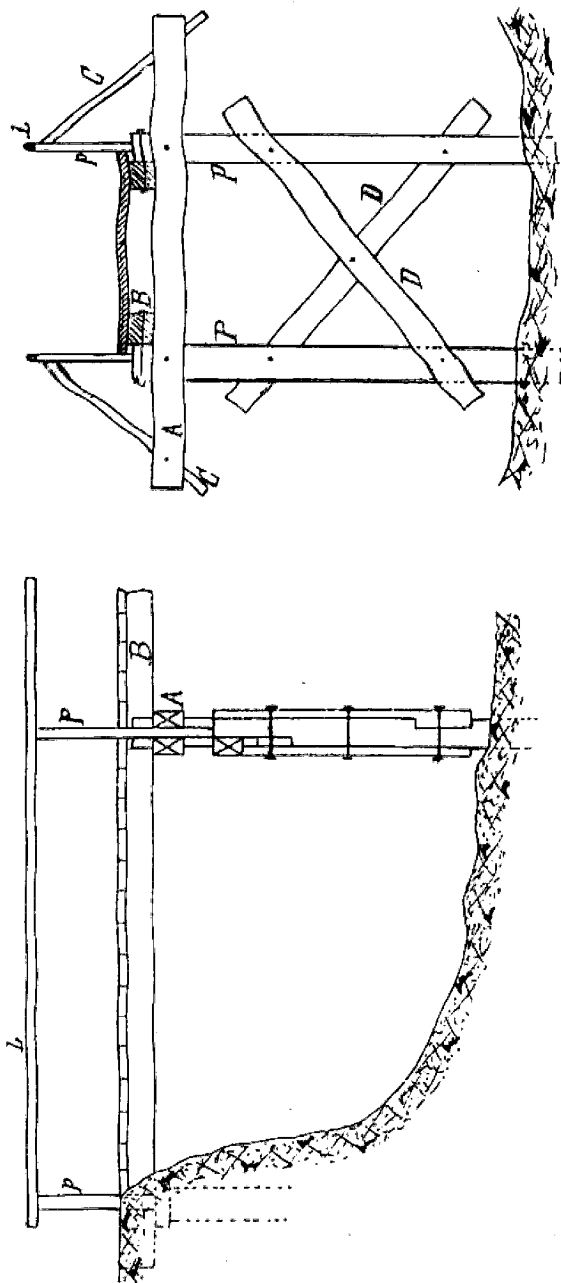


Fig. 91. Passerelle pour piétons, de 4 mètres de portée.

P. En outre, ces moises A sont prolongées de part et d'autre des poutres pour pouvoir y attacher les contre-fiches C du garde-fou.

Au-dessus des moises A sont placées les deux poutres B longitudinales, sur lesquelles on établit *directement un platelage simple en madriers de 10 centimètres d'épaisseur*. Les deux poteaux sont contreventés dans le plan même de la palée par une croix de Saint-André, formée de deux pièces de bois D simples, placées l'une d'un côté, l'autre de l'autre côté du poteau; on interpose une cale d'épaisseur entre ces deux bois, à leur point de croisement, pour permettre de bien boulonner.

Les garde-fous sont composés de potelets *p* en prolongement des poteaux, de contre-fiches extérieures C inclinées et assemblées aux moises A, et d'une lisse ou main-courante longitudinale L arrondie à sa partie supérieure.

V. PASSERELLE AVEC SOUS-POUTRE

La passerelle avec sous-poutre, représentée figure 92, a une largeur de 2^m50. Son tablier est formé de trois poutres principales, portées sur des culées perdues et sur palées intermédiaires, supportant les solives transversales S, dites *pièces de pont*, espacées de 1 mètre environ d'axe en axe. Deux à deux, ces pièces sont formées par deux pièces de bois boulonnées supportant les montants et les contre-fiches du garde-fou.

Directement sur les solives, on fait porter les pièces longitudinales du plancher qui, ordinairement sont des madriers jointifs en chêne, sur les-

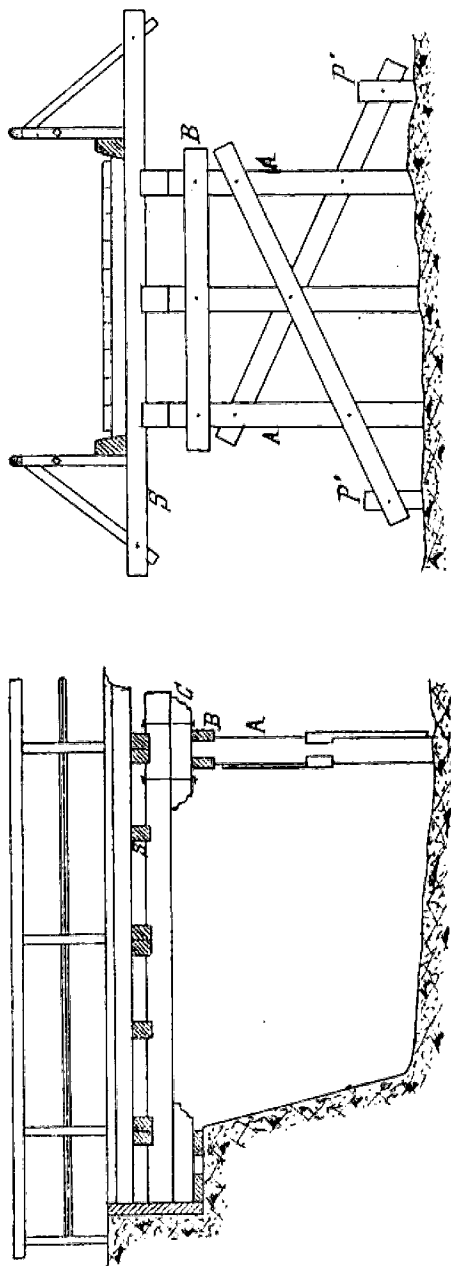


Fig. 92. Passerelle avec sous-poutre.

quels et à travers, on cloue des planches de 3 centimètres formant le platelage; on préfère les planches de peuplier à tout autre bois, car le peuplier se fend très peu et est moins glissant que n'importe quel bois. Aux extrémités du tablier, on installe des pièces obliques en bois pour protéger les potelets du garde-fou contre les chocs des voitures.

La palée est formée également de trois poteaux A correspondant aux trois poutres du tablier, réunis par une moise double B qui porte les poutres par l'intermédiaire des sous-poutres C; on réunit les trois poteaux par une croix de Saint-André, à deux petits poteaux P' qui augmentent ainsi l'assise de la palée. La sous-poutre est attachée à la poutre par des étriers en fer et des boulons.

Le garde-fou est formé de montants assemblés aux solives et maintenus verticalement par des contre-fiches extérieures, d'une lisse supérieure, arrondie sur sa face supérieure, et les intervalles rectangulaires formés de cette façon sont partagés en deux par une lisse horizontale placée de manière que l'une des diagonales de sa section soit verticale, comme on le voit figure 92, coupe transversale.

VI. PONT AVEC CONTRE-FICHES

Si la partie entre deux points d'appui dépasse 6 mètres, on allonge les sous-poutres et on les soutient par deux écharpes ou contre-fiches butant sur les faces latérales des poteaux des palées, les sous-poutres étant comme d'habitude rendues solidaires des poutres par des étriers en fer de 60×9 .

Un exemple de ce mode de construction nous

est donné figure 93, qui représente un pont adopté par la Compagnie d'Orléans, décrit par M. Desnoyers dans son cours professé à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Les maîtresses poutres s'appuient, sur le bord des talus, sur des culées perdues, par l'intermédiaire de sous-poutres convenablement attachées; comme la portée est grande, il y a deux palées intermédiaires formées de cinq poteaux bien fondés et assemblés sur une semelle inférieure correspondante, reposant sur un mur. Le contreventement des palées s'opère par une croix de Saint-André et deux étais obliques s'assemblant avec la semelle inférieure et placés extérieurement au pan de la palée.

Sur les chapeaux des palées reposent les sous-poutres qui sont assez longues, et qu'on soutient par des contre-fiches courbes qui donnent plus de solidité à l'ensemble, tout en diminuant la portée des poutres.

Au lieu de faire porter les contre-fiches sous les sous-poutres, on peut également établir la sous-poutre entre les contre-fiches de deux points d'appui successifs; on forme, par cette disposition, un véritable arc de décharge.

Pour terminer, nous allons donner un exemple de ce mode de construction représentant, figure 94, un pont de 9 mètres de portée entre culées, et portant un chemin macadamisé.

Les poutres sont formées de pièces de bois de 30×20 espacées de 1 mètre à 1^m 10 environ, dont on augmente la résistance par des sous-poutres ayant la même largeur que la poutre et 5 mètres de

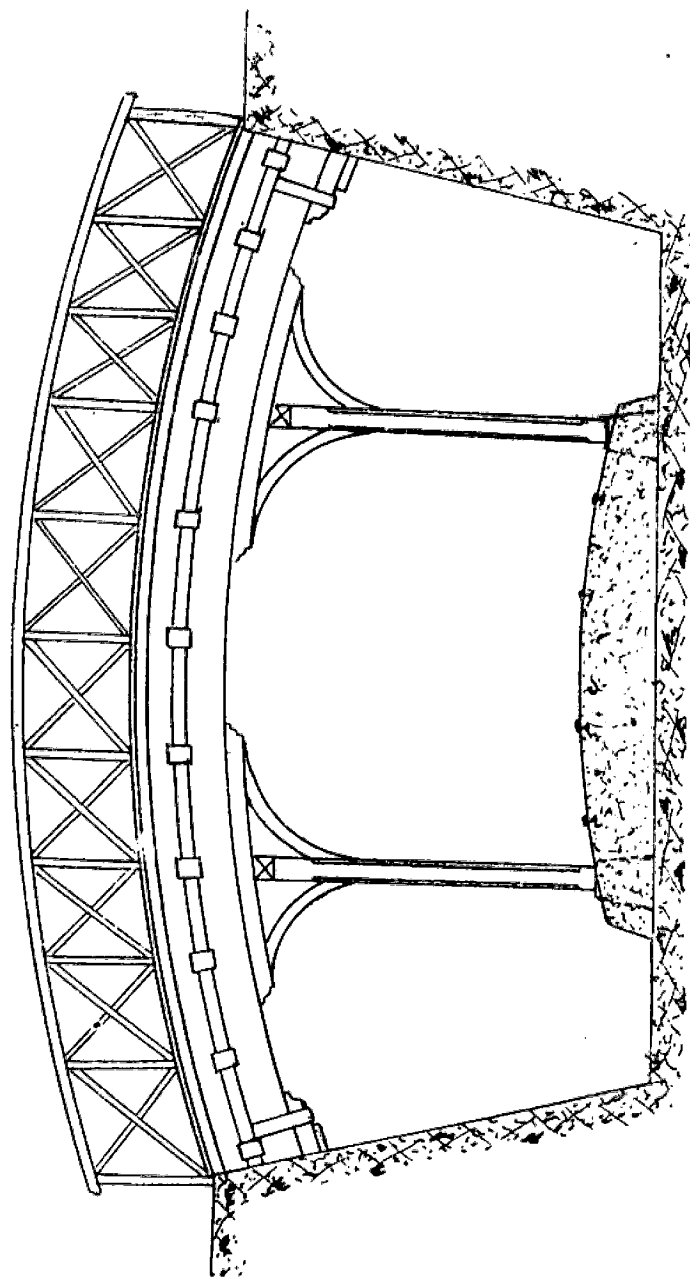


Fig. 93. Pont avec contre-fiches.

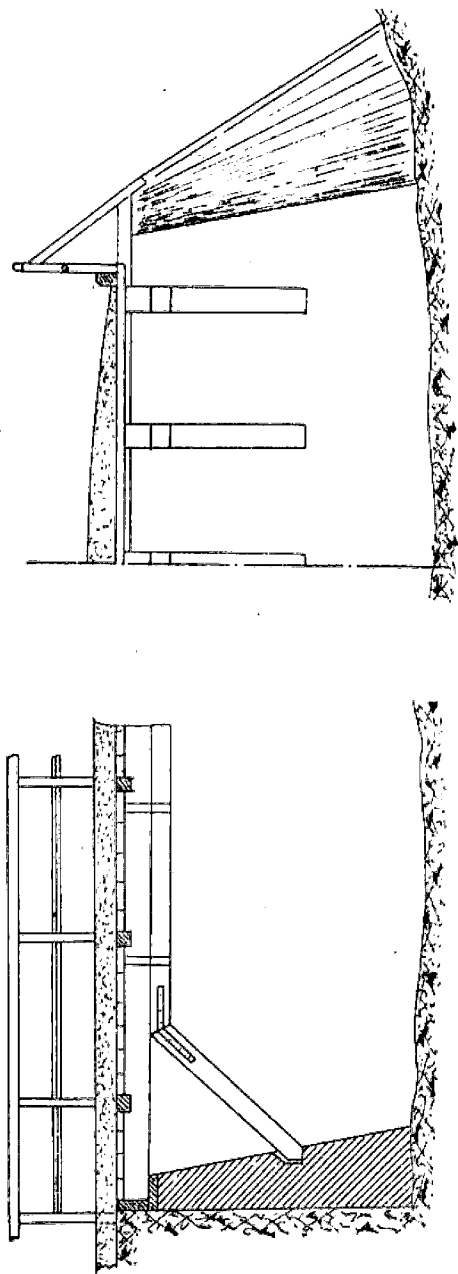


Fig. 94. Pont avec sous-poutre et contre-fiches, sans palée intermédiaire.

longueur environ. On relie ces sous-poutres aux poutres correspondantes par des étriers; on coupe les extrémités des sous-poutres en biais, formant ainsi des buttées contre lesquelles viennent s'appliquer les extrémités supérieures des contre-fiches, présentant une coupe analogue, et dont les abouts inférieurs s'appuient sur la maçonnerie.

On applique un platelage transversal directement sur les poutres; ce platelage est formé de madriers de 10 centimètres d'épaisseur, dont celui qui se trouve à l'endroit des montants du garde-fou est plus fort et allongé de part et d'autre pour recevoir les assemblages desdits montants et des contre-fiches inclinées.

Il est bon de disposer ce dernier assemblage de façon à ce qu'il se trouve à l'abri de l'eau; pour cela, il suffit de faire le tenon sur le madrier, et la mortaise sur le dessous de la contre-fiche inclinée.

Nous aurions pu donner des exemples d'autres travaux que les charpentiers sont souvent appelés à exécuter, mais les limites de cet ouvrage nous obligent à nous en tenir là.

CHAPITRE XXIII

SÉRIE DES PRIX

APPLICABLES AUX TRAVAUX DE CHARPENTE
Prix élémentaires

Heures.	Transports.	Matériaux.	Unités	Déboursés	N° d'ordre
HEURE DE JOUR :					
de charpentier, été, 10 heures			l'heure	0 fr. 90	1
— hiver, 8 heures.			—	0 90	2
de fer de scie, été.			—	1 40	3
— hiver.			—	1 40	4
JOURNÉE de voiture à un cheval, compris charretier			la journée	15 »	5
— de voiture à deux chevaux, —			—	25 »	6
TRANSPORT d'un stère de bois, compris chargement et rangement, rendu au chantier de l'entrepreneur :					
Pour le sapin.			le stère	4 50	7
Pour le chêne			—	5 »	8
— d'un stère de bois, chêne ou sapin, du chantier de l'entrepreneur au bâtiment, compris chargement, déchargement, coltinage et rentrage			—	3 60	9

Observation. — Les prix des salaires varient avec la valeur de l'ouvrier et ne peuvent résulter que d'un contrat libre entre le patron et l'ouvrier.

MATÉRIAUX

Le bois de charpente se vend au stère; mais, d'après le mode de mesurage des vendeurs, la quantité vendue pour un stère produit un cube variable.

Sapin neuf de toutes longueurs :

Ordinaire, jusqu'à 0.27 d'équarrissage, le stère marchand ne produisant que 0.900 46 fr. 95
 Transport au chantier de l'entrepreneur, compris chargement, déchargement et faux-frais sur la main-d'œuvre 4 50

Pour 0 stère 900, déboursés 51 fr. 45
 Soit pour 1 stère

De qualité, grosseur de 0.28 à 0.36, le stère marchand ne produisant que 0.900 51 fr. 90
 Transport comme ci-dessus 4 50

Pour 0 stère 900, déboursés 56 fr. 40
 Soit pour 1 stère

De qualité, grosseur de 0.37 et au-dessus, le stère marchand ne produisant que 0.900 60 fr. 45
 Transport 4 50

Pour 0 stère 900, déboursés 64 fr. 95
 Soit pour 1 stère

—	57 fr. 16	10
—	62 66	11
—	72 16	12

Matériaux	Unités	Déboursés	N° d'ordre
<i>Vieux bois :</i>			
Sapin de toutes dimensions :			
Pour 1 stère 042		29 fr. 84	
Transport pour 1 stère 042		4 03	
Pour 1 stère 042, déboursés		<u>33 fr. 87</u>	
Soit pour 1 stère	le stère	32 fr. 50	13
<i>Chêne neuf de Champagne flotté :</i>			
Ordinaire, jusqu'à 0.30 de grosseur inclusivement et au-dessous de 8 ^m de longueur :			
Pour 1 stère 149		72 fr. 30	
Transport au chantier de l'entrepreneur, compris chargement, déchargement, ainsi que les faux-frais sur la main-d'œuvre		5 »	
Pour 1 stère 149, déboursés		<u>77 fr. 30</u>	
Soit pour 1 stère			
Petit arrimage, grosseur de 0.30 à 0.39 et de 8 ^m de longueur et au-dessus :			
Pour 1 stère 087		77 fr. 30	
Transport comme ci-dessus		5 »	
Déboursés pour 1 stère 087		<u>82 fr. 30</u>	
Soit pour 1 stère			
		67 27	14
		75 70	15

Moyen arrimage, grosseur de 0.40 à 0.41 et de toutes les longueurs :				
Pour 1 stère 064	86 fr. 05			
Transport pour 1 stère 064	5			
Déboursés pour 1 stère 064	91 fr. 05		85 fr. 57	16
Soit pour 1 stère				
Gros arrimage, de 0.42 à 0.50, et toutes longueurs :				
Pour 1 stère 064	92 fr. 30			
Transport pour 1 stère 064	5			
Déboursés pour 1 stère 064	97 fr. 30			
Soit pour 1 stère				
Gros bois, grosseur de 0.51 et au-dessus :				
Pour 1 stère 064	119 fr. 80			
Transport pour 1 stère 064	5			
Déboursés pour 1 stère 064	124 fr. 80		117	30
Soit pour 1 stère				
<i>Vieux bois :</i>				
Chêne de toutes dimensions :				
Pour 1 stère 052	39 fr. 49			
Transport au chantier de l'entrepreneur	4			
Déboursés pour 1 stère 052	43 fr. 52			
Soit pour 1 stère			41	36
<i>Goudron de Norvège</i>			0	60
				le kilogr.

Prix de règlement

Observation générale. — Les prix de règlement ci-après établis pour des travaux particuliers sont composés :

Des déboursés pour la main-d'œuvre et les fournitures;
Des faux-frais calculés sur la main-d'œuvre seulement;
Des bénéfices appliqués aux prix de la main-d'œuvre.

Les faux-frais sont fixés à 20 0/0; les bénéfices à 40 0/0.

Les prix comprennent, en outre, l'octroi d'entrée des bois dans Paris, fixé pour le sapin à 9 fr. le stère, pour le chêne à 11 fr. 28 le stère.

Les prix qui vont suivre comprennent également l'enlèvement de tous résidus provenant du travail exécuté.

Heures	Matériaux	Unités	Prix de régl.	N° d'ordre
HEURE :				
de charpentier, été comme hiver.		l'heure	1 fr. 15	21
de fer de scie,		—	1 75	22
<i>Heures supplémentaires.</i> — Les heures supplémentaires jusqu'à 8 heures du soir seront payées le même prix que les heures de jour				
<i>Heures de nuit.</i> — Les heures de nuit commencent à 8 heures du soir et finiront à 6 heures du matin. A défaut de convention particulière, les heures de nuit seront payées le double des heures de jour.				23
				24

Sapin (au stère) (suite).	Neuf loué. Placé à l'extérieur.		Vieux		Numéro d'ordre
	Durée de location : trois mois		Loué, placé à l'extérieur Durée de la location 3 mois	Façoné, compris pose et dépose	
Non assemblé :					
Pour barrière, sans assemblage, mais avec entailles ou taquets.	40 fr. 10	40 fr. 60	37 fr. 50	24 fr. 45	35
Coubis de cintre	28	29	30	13	36
Etats, étrépillons, chaise, couche.	36	37	38	21	37
Chevalement	40	41	55	24	38
Plancher d'échafaud ordinaire	34	20	34	45	39
— — — — — difficile	43	95	44	18	40
Assemblé à tenons et mortaises ou à doubles entailles :					
Echafaud ordinaire assemblé à tenons ou entailles	63	90	64	65	45
Echafaud au-dessus de 18 ^m de hauteur, assemblé à tenons ou entailles	68	85	69	40	40
Echafaud difficile, sans point d'appui sur le sol, assemblé à tenons ou entailles	91	10	91	70	65
Cintre assemblé, compris poteaux.	56	75	57	30	58
					30
					88
					95
					20
					41
					75
					70
					40
					43
					44

	Prix de règlement	Numéro d'ordre
La location des bois commencera à partir de la remise de l'attachement; elle finira à la date de l'ordre délivré par l'architecte pour la dépose. Dans le cas de non-constatation des dates mentionnées ci-dessus, il ne sera alloué qu'une location de trois mois.		45
<i>Moins-values</i> sur tous les prix ci-dessus lorsque les bois seront seulement boulonnés, sans assemblages à tenons ou entailles doubles, et sur ceux assemblés à entailles simples; ceux assemblés à entailles doubles étant payés comme bois assemblés à tenons et mortaises	7 fr. 80	46
— Sur les <i>échafauds ordinaires ou difficiles</i> , lorsqu'ils seront seulement boulonnés sans assemblage, mais avec taquets ou entailles.	7 40	47
— Sur les <i>échafauds ordinaires ou difficiles</i> non assemblés à tenons ou entailles, mais simplement boulonnés	8 05	48

Les prix des vieux bois façonnés ne comprennent pas de transport de voiture, mais ils comprennent le coltinage pour la pose et le double coltinage pour la dépose des barrières.

TRAVAUX EN SAPIN	Ordinaire, jusqu'à 0.27	De 0.28 à 0.36	De 0.37 et au-dessus	Vieux, de toutes dimensions	Numéro d'ordre
<i>Location de sapin au delà des trois mois comptés dans les prix ci-dessus :</i>					
<i>Bois placés à l'extérieur</i>					
Pour les neuf mois complétant la première année de location	7 fr. 50	8 fr. 20	9 fr. 45	4 fr. 35	49
Pour la 2 ^e année	8 50	9 60	10 75	4 95	50
Pour la 3 ^e année	8 70	9 85	10 95	5 05	51
Pour la 4 ^e année	8 75	10 »	11 25	5 15	52
Pour la 5 ^e année	8 90	10 75	11 40	5 20	53
<i>Moins-values sur les prix de location de sapin, pour bois placés à l'intérieur :</i>					
Pour les trois mois compris dans les prix de location de la série	0 50	0 50	0 55	0 30	54
Pour les neuf mois complétant la première année	1 10	1 25	1 30	0 60	55
Pour les quatre autres années, chaque	1 45	1 55	1 60	0 80	56
<i>Sapin refait, sciage quatre faces, de toutes grosseurs et de toutes longueurs (le stère) :</i>				Prix de règlement	
Non assemblé sans montage				147 fr. 05	57
Assemblé sans montage				181 40	58
Non assemblé avec montage à 10 ^m réduits				151 »	59
Assemblé avec montage à 10 ^m réduits				185 35	60
<i>Moins-value, sur les bois en sapin refait comportant des flèches</i>				8 40	61

Plus-value sur les bois en sapin refait pour faible équarrissage dont le plus fort côté ne dépassera pas 0.15

11 fr. 90

62

Corroyage sur les bois en sapin refait (au mètre superficiel).

1 20

63

Plus-values sur charpente, chêne ou sapin :

La valeur des bois pour étais, couchés ou chevalements, est établie dans l'hypothèse que les travaux ont été exécutés à l'extérieur et dans des conditions de levage et de montage ordinaires; mais lorsque ces travaux ont été exécutés à l'intérieur de bâtiments déjà construits et qu'ils auront nécessité un coltinage et un montage à l'épaule, il sera alloué sur les prix ci-dessus de chêne ou de sapin ordinaire ou de qualité une plus-value par stère de

2 65

64

Pour toute charpente, chêne ou sapin, en raccord avec de la vieille charpente et dont la taille aura été faite sur place

8 40

65

Nota. — Cette plus-value ne s'opposera pas à l'allocation des tisons, mortaises ou entailles faits sur vieux bois restés sur place.

8 40

66

Pour charpente de comble ou de plancher dont l'assemblage sera combiné avec la charpente en fer et dont elle ne sera que l'accessoire

4 65

67

Pour montage de bois lorsqu'il n'aura été fourni dans le bâtiment que le dernier plancher et le comble et que le montage de ces bois aura été fait à plus de 15^m de hauteur (par stère).

14 25

70

Lorsque dans les mêmes conditions que ci-dessus il n'y aura eu de fourni dans le bâtiment que les bois de chevonnages, il sera alloué, si ces bois ne dépassent pas 0.40 d'équarrissage :

En chêne (par stère)

13 35

69

En sapin —

13

70

	Neuf fourni					Vieux		N° d'ordre
	Ordinaire, jusqu'à 0.30	Petit arri-mage de 0.30 à 0.39	Moyen arri-mage de 0.40 à 0.41	Gros arri-mage de 0.42 à 0.50	Gros bois de 0.51 et au-dessus	Fourni	A façon sans transport	
<i>Chêne (au stère).</i>								
Jusqu'à 8 ^m de longueur.								
Non assemblé :								
Sans montage	96f »	106f 45	117f 85	124f 65	154f 50	66f 25	14f 25	71
Avec montage à 10 ^m de hauteur moyennc, pour plancher, comble.	101 45	111 20	122 60	129 40	159 25	71 40	19 »	72
Sans montage, pour barrière, sans assemblage, mais avec taquets ou entailles.	102 60	112 35	123 80	130 55	159 60	72 60	20 20	73
Pour étais à demeure	103 25	113 65	125 10	131 85	160 60	73 90	21 40	74
Assemblé à tenons et mortaises ou à doubles entailles :								
Pour barrière, sans montage.	124 65	135 10	146 50	152 50	181 95	95 30	43 70	75
Pour plancher, pan de bois, comble, avec montage à 10 ^m réduits.	136 25	146 70	158 15	164 90	193 60	106 90	54 80	76

	Prix de règlement	Numéro d'ordre
<i>Chêne (au stère) (suite).</i>		
<i>Moins-values</i> , sur tous les prix ci-dessus, lorsque les bois seront seulement boulonnés, sans assemblage à tenons ou à entailles doubles et sur ceux assemblés à entailles simples; ceux assemblés à doubles entailles étant payés comme bois assemblés à tenons et mortaises.	8 fr. 10	87
— Sur les échafauds ordinaires ou difficiles, lorsqu'ils seront boulonnés sans assemblage, mais avec taquets ou entailles.	8	88
— Sur les échafauds ordinaires ou difficiles, non assemblés à tenons ou à entailles, mais seulement boulonnés.	9	89
<i>Chêne refait</i> , sciage quatre faces de toutes longueurs le stère :		
Jusqu'à 0.39 de grosseur :		
Sans montage, non assemblé.	163	90
— assemblé.	201	91
Avec montage à 10 ^m , non assemblé.	167	92
— assemblé.	205	93
De 0.40 et au-dessus :		
Sans montage, non assemblé.	203	94
— assemblé.	206	95
Avec montage à 10 ^m , non assemblé.	207	96
— assemblé.	245	97
<i>Moins-value</i> sur les bois en chêne refait comportant des flèches.	12	98
<i>Plus-value</i> sur les bois en chêne refait pour faible équarrissage dont le plus fort côté ne dépassera pas 0.15 (sauf les chevrons).	14	99

TRAVAUX EN CHÊNE

Location de chêne au delà des trois mois comptés dans les prix ci-dessus.

Bois placés à l'extérieur

Pour les neuf mois complétant la première année de location
 Pour la 2^e année.
 Pour la 3^e année.
 Pour la 4^e année.
 Pour la 5^e année.

Moins-values sur les prix de location de chêne, pour bois placés à l'intérieur :

Pour les trois mois compris dans les prix de location de la série
 Pour les neuf mois complétant la première année.
 Pour les quatre autres années, chacune.

Ordinaire, jusqu'à 0.30	De 0.30 à 0.39	De 0.40 à 0.41	De 0.42 à 0.50	De 0.51 et au-dessus	Vieux de toutes dimensions
9 ^f 55	10 ^f 75	12 ^f 15	12 ^f 85	16 ^f 65	5 ^f 85
9 95	11 20	12 60	13 45	17 35	6 10
10 05	11 60	13 10	13 95	18 »	6 35
10 35	12 »	13 45	14 35	18 60	6 55
10 35	12 30	13 85	14 80	19 40	6 70
0 40	0 50	0 55	0 65	0 75	0 30
1 20	1 45	1 70	2 »	2 40	0 90
1 50	1 90	2 20	2 55	3 10	1 45
					105
					106
					107

ESCALIERS EN BOIS (à la marche) :	Prix de règlement			Numéro d'ordre
	Tout chêne	Chêne et sapin. Limón ou cré- maillère chêne	Tout sapin	
<i>A limon</i> , dit à la française, les marches scellées d'un bout, de 0.057 d'épaisseur, profilées d'un quart de rond avec ou sans filet, les contremarches de 0.027 d'épaisseur, les mesures prises dans œuvre des murs ou limons :				
Pour quartier tournant (la marche de 1 mètre d'embranchement)	23 fr. 10	21 fr. 65	19 fr. 90	108
Pour échelle de meunier	18 05	16 »	16 05	109
<i>A crémaillère</i> , marches profilées de face et d'un bout, de 0.054 d'épaisseur, contremarches de 0.027, les mesures prises dans œuvre des murs et hors œuvre des crémaillères ou 1 ^m 05 compris le retour du nez des marches :				
Pour quartier tournant (la marche de 1 ^m)	19 70	18 15	17 05	110
Pour échelle de meunier	15 80	14 60	13 25	111
<i>Moins-value</i> sur les prix ci-dessus :				
Pour contremarche en sapin au lieu de chêne (par contremarche)			0 fr. 40	112
Ceux exécutés en pitchpin seront payés aux prix des mêmes ouvrages entre chêne et sapin			Observat.	113

	Sur escaliers en :		
	Chêne	Sapin	
	1 fr. 10	0 fr. 80	114
	1 20	0 90	115
	5 10	4 35	116
	7 70	6 35	117
	2 90	2 20	118
	3 95	3 00	119
	2 05	1 50	120
	2 55	2 00	121
	0 60	0 45	122
	0 55	0 40	123

Moins-values sur les prix ci-dessus :

Pour marche de 0.041 d'épaisseur au lieu de 0.054.

Pour escaliers sans contremarches

Plus-values sur les prix ci-dessus :

Escaliers à limons, pour double limon au droit des baies (par chaque marche portant sur ledit) :

Pour double limon droit.

Pour double limon circulaire.

— à *crémaillère*, pour double crémaillère au droit des baies (par chaque marche portant sur ladite) :

Pour crémaillère droite.

Pour crémaillère circulaire

Par chaque marche portant sur crémaillère placée le long d'un mur :

Par marche droite

Par marche circulaire.

Plus ou moins-values de longueur de marches :

Par chaque 0.03 de longueur en plus ou en moins, les prix ci-dessus seront augmentés ou diminués :

Pour escaliers à limons (par marche).

Pour escaliers à crémaillère (par marche)

Travaux de charpente	Prix de règlement	Numéro d'ordre
<p>ESCALIERS EN BOIS (suite) :</p>		
<p><i>Épaisseurs de limons en plus ou en moins.</i> — Les épaisseurs de limons ou crémaillères devront être de 0.08 pour les escaliers de 1^m d'emplacement. Pour chaque 0.05 de longueur de marche en plus ou en moins d'épaisseur de limons ou crémaillères, seront augmentées ou diminuées de 0.005.</p>		130
<p><i>Marches circulaires.</i> — Les marches et contremarches circulaires en plan, de la moitié de la longueur de l'embranchement et celles portant volutes, seront payées 3/10 en plus.</p>		131
<p><i>Marches palières.</i> — Les marches palières profilées compteront pour autant de marches qu'elles en comporteront en longueur, les fractions en excédent seront payées proportionnellement au prix de la marche. Les portées des marches palières ne seront pas comprises dans le mesurage de leur longueur.</p>		132
<p><i>Longueur des marches.</i> — Leur longueur sera prise sur les marches droites ou sur celles qui s'en rapprocheront le plus.</p>		133
<p><i>Écoinçons.</i> — Les écoinçons ne seront tolérés que pour les marches ayant plus de 0.35 de largeur. Dans le cas où par ordre de l'architecte, seraient fournies des marches sans écoinçons au-dessus de 0.35 de largeur, il sera payé une plus-value de.</p>	1 fr. 10	134

Tous les prix ci-dessus d'escaliers à la marche comprennent les clous et vis pour la pose.

Les patins et jambettes seront comptés à part (au mètre cube).

Les tringles posées au-dessus des marches pour les préserver jusqu'à l'achèvement des travaux, les trous de boulons d'écartement, les fourrures pour les plafonds rampants ou droits ne seront jamais comptés à part.

ESCALIERS EN FER (à la marche) :

Limón, dit à la française. — Composé de deux lames en tôle de 0.006 d'épaisseur, 0.30 de largeur, avec fourrures en bois entre les deux contremarches en tôle de 0.003 d'épaisseur, armées de cornières de 0.020/0.020, garni de plaques d'assemblages, de sous-marches composés d'entretoises en fer carré de 0.018, avec fentons pour le hourdis, fixés avec fil de fer, la marche en chêne 0.05¼ profilée sur la face et la rive tirée d'épaisseur et rainée :

La marche de 1^m d'embranchement. 30 fr. » 135

Limón, dit à la française. — Pour marches en pierre ou marbre,

Disposé pour recevoir des marches en pierre ou en marbre, compris tous accessoires comme ci-dessus, sauf la marche en bois :

La marche de 1^m d'embranchement. 27 » 136

Nota. — L'épaisseur du limon en tôle devra être augmentée de 0.001 par chaque 0.15 de largeur de marche en plus du mètre prévu ci-dessus.

Travaux de charpente	Prix de règlement	Numéro d'ordre
ESCALIERS EN FER (suite) :		
<i>Plus-values sur les prix ci-dessus :</i>		
Pour limon de 0.009 d'épaisseur, 0.35 de largeur, contremarches en tôle, de 0.0035 d'épaisseur, Par marche.	1 fr. 35	137
Pour limon plein au droit des baies, de même construction que celui de l'escalier, Par marche, pour limon droit ou circulaire.	5 60	138
<i>Limon à l'anglaise.</i> — En fer de 0.006 d'épaisseur, 0.32 de retombée verticale, contremarches en tôle de 0.0025 d'épaisseur, armées d'une corniche de 0.020/0.020 en bas, garni de plaques d'assemblages, de sous-marches composées d'entretoises en fer carré de 0.018 avec fentons pour le hourdis, fixés avec fil de fer, la marche en chêne 0.034 profilée sur la face et la rive tirée d'épaisseur et rainée.		
— Droit ou à quartier tournant, La marche de 1 ^m d'embranchement.	18 »	139
— Disposé pour recevoir des marches en pierre ou en marbre, compris tous les accessoires comme ci-dessus, sauf la marche en bois, La marche de 1 ^m d'embranchement.	15 »	140
<i>Nota.</i> — Même observation que ci-dessus n° 134.		141

<i>Plus-value</i> sur les prix ci-dessus :		
Pour limon de 0.007 d'épaisseur, 0.35 de retombée, contremarches en tôle de 0.003 d'épaisseur,		
Par marche	1 fr. 05	142
— Pour double crémaillère au long des murs, de même construction que le limon de l'escalier,		
Par marche, sur limon droit ou crémaillère	2 40	143
<i>Plus-values</i> ou <i>moins-values</i> de longueur de marches :		
Par chaque 0.05 de longueur en plus ou en moins, les prix seront augmentés ou diminués :		
Pour les escaliers à limons	1 60	144
Pour les escaliers à crémaillère	0 90	145
<i>Nota.</i> — Pour les marches de 0.90 et au-dessous, ces moins-values seront réduites de moitié.		146
Les prix ci-dessus comprennent tous les supports, agrafes, vis, fentons, fils de fer et tous les accessoires nécessaires à la pose de ces escaliers.		147
Les solives, filets, bascules pour paliers et paliers de repos, seront payés à part aux prix de la série.		148
Les escaliers en fer seront métrés pour la longueur des marches comme aux escaliers en bois et comporteront de même les triangles posés au-dessus des marches et le percement des trous de boulons		149
Les rampes à col-de-cygne et à pitons ajustés sur les limons en tôle, ne donneront lieu à aucune plus-value pour percement des trous et montage sur fer, si ce travail est exécuté par l'entrepreneur fournissant l'escalier ; dans tous les cas, il devra toujours le percement des trous pour la division des barreaux de la rampe		150

Ouvrages divers	Prix de règlement	Numéro d'ordre
OUVRAGES DIVERS		
<i>Assemblages (à la pièce) :</i>		
<i>A trait de Jupiter, compris deux coins pour serrer l'assemblage :</i>		
De 0.60 de long.	6 fr. 20	151
De 0.80 de long.	6 80	152
<i>A enfourchement complet fait sur le tas.</i>	2 35	153
<i>A tenon et mortaise, fait sur place, dans des bois non fournis, non façonnés et non déposés :</i>		
Le mortaise.	1 00	154
Le tenon.	0 85	155
<i>A paume et entaille</i>	0 75	156
<i>Brûlement (à la pièce) :</i>		
De poteau de barrière ou autre.	0 80	157
<i>Barrière, sapin en location (au mètre carré) :</i>		
<i>Neuf, de 0.027 d'épaisseur, loué pour un temps n'excédant pas 6 mois.</i>	1 50	158
<i>Nota. — Pour chaque mois en plus des 6 premiers mois, 1/20 du prix ci-dessus.</i>		159
<i>Les prix de location ci-dessus s'appliquent à des bois placés à l'extérieur et exposés à l'intempérie, les prix seront réduits de 1/20 si les bois sont placés à l'intérieur.</i>		160

<i>Barrière, sapin en fourniture</i> (au mètre carré) :			
<i>Neuf, de 0.027 d'épaisseur,</i>			
Pour barrière de clôture coupé, posé, jointif, compris fourniture			
de clous et pose.	3 fr. 20		161
<i>Bûchement</i> (au mètre carré) :			
<i>Sur le tas</i> et dressage de la surface,			
Jusqu'à 0.03 d'épaisseur.	4 75		162
Chaque centimètre de recouplement en plus	0 50		163
<i>Cale</i> (à la pièce) :			
Forte en bois neuf refait pour poitrail	1 10		164
Petite en bois brut pour mettre de niveau les bois non façonnés,			
chaque.	0 40		165
<i>Chaufrein</i> (au mètre linéaire) :			
Sur le tas	0 55		166
Sur le chantier.	0 35		167
Arrêt de chaufrein, profil d'arrêt :			
0.50 en plus du développement linéaire.			168
<i>Cherement</i> en fer carré loué pour trois mois, compris pose et dépose			
(le kilogramme)	0 15		169
— Composé de deux lames avec cales en chêne formant âme et boulonnées,			
compris pose et dépose (le kilogramme)	0 20		170
— Composé de deux lames avec cales en sapin formant âme et boulon-			
nées, compris pose et dépose (le kilogramme).	0 25		171

Ouvrages divers	Prix de règlement	Numéro d'ordre
<i>Chèvre (à la journée) :</i>		
<i>Louée, compris cordages et agrès :</i>		
Le premier et le dernier jour, compris double transport. Chaque jour	4 fr. 45	172
Chaque jour intermédiaire.	2 »	173
<i>Collinage (au stère) :</i>		
<i>De bois de charpente,</i>		
A 100 ^m de distance, compris chargement et déchargement	1 90	174
Chaque 100 ^m en plus.	1 »	175
<i>Coupage sur le tas (à la pièce) :</i>		
<i>A la scie,</i>		
De chevron.	0 20	176
De solive, sablière, poteaux.	0 40	177
D'enchevêtre, chevêtres, poteau cornier	0 60	178
A l'égoïne, 1/2 en plus des prix de coupage à la scie.		179
A l'ébauchoir, le double des prix de coupage à la scie.		180
<i>Dépose ou repose de bois (au stère) :</i>		
<i>Non assemblée, mais avec taquets ou entailles,</i>		
Pour barrière, dépose seule	3 40	181
— dépose et repose.	14 85	182
Pour couchis, plat bord, dépose seule.	2 30	183
— dépose et repose.	9 20	184

Pour étau, couche, dépose seule.	4 fr. 45	185
— dépose et repose.	13 65	186
Pour chevalement, dépose seule.	6 80	187
— dépose et repose.	18 20	188
Pour plancher d'échafaud, compris clous, dépose seule.	5 70	189
— dépose et repose.	12 75	190
<i>Assemblé, avec descente partielle et rangement :</i>		
Pour plancher, comble, cintre, échafaud ordinaire, dépose seule.	6 35	191
— dépose et repose.	21 60	192
Avec descente à 10 ^m , pour plancher, comble, cintre, échafaud ordinaire, dépose seule.	8 30	193
— dépose et repose.	24 05	194
Avec descente à 20 ^m et plus, pour échafaud difficile, dépose seule.	12 35	195
— dépose et repose.	42 25	196
<i>Nota. — Les prix ci-dessus de dépose comprennent les déchevillages et coupements nécessaires à la démolition en grande ou petite partie.</i>		
<i>Echantignolle</i> (à la pièce).	0 85	197
<i>Entaille sur le tas (à la pièce) :</i>		
Pour moises.	0 35	198
De chevron sur panne en fer.	0 45	199
A paume.	0 40	200
Pour corbeau et étrier.	0 35	201

Ouvrages divers	Prix de règlement	Numéro d'ordre
<i>Entaille</i> d'aile de solive en fer (au mètre linéaire) :		
Pour chaque aile de solive en fer à l'ordinaire,		
Faite au chantier.	0 fr. 85	202
Sur charpente déjà en place.	1 75	203
Pour fer à l à larges ailes, plus-value de 1/10		204
<i>Feuillure</i> (au mètre linéaire) :		
Au chantier.		
Sur le tas.	0 50	205
Brute non dressée sur bois brut.	0 80	206
<i>Fournure</i> ou tasseau (au mètre linéaire) :		
En chêne, 0.05, 0.07 avec clous d'épingle.	0 35	207
<i>Grain d'orge</i> (au mètre linéaire) :		
Sur le tas, dans des bois non fournis, non façonnés.	0 50	208
<i>Goudron de Norvège</i> (au mètre carré) :		
Pour portée de pièce de charpente, 1 couche.	0 40	209
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		
— — —		

<i>Sur sapin, le centimètre de profil développé au cordeau :</i>			
Faite au chantier.		0 fr. 12	215
Faite sur le tas.		0 16	216
— courant circulairement en plan et en élévation, Le double des prix ci-dessus.			217
— à double courbure, Trois fois les prix ci-dessus.			218
<i>Montage (au stère) :</i>			
A 5 ^m en sus du montage compris dans les prix de règlement.	2	35	219
Chaque mètre en plus ou en moins	0	50	220
<i>Replanissage de marches d'escalier (à la pièce) :</i>			
Jusqu'à 1 ^m de longueur.	0	45	221
De 1.01 à 1.50.	0	55	222
<i>Sciage (au stère) :</i>			
<i>Sur chêne, en plus-value sur les prix d'un stère de bois neuf, compris plus-value de déchet :</i>			
Sur une face	12	30	223
Sur deux faces	19	30	224
Sur trois faces	26	25	225
<i>Sur sapin, en plus-value sur les prix d'un stère de bois neuf, compris plus-value de déchet :</i>			
Sur une face	8	60	226
Sur deux faces	13	50	227
Sur trois faces	18	40	228

Ouvrages divers	Prix de règlement	Numéro d'ordre
<i>Sciage (au stère) (suite) :</i>		
<i>Sur vieux bois non fourni</i> , même prix que ci-dessus, l'absence de déchet compensée par la difficulté de sciage que présentent les clous qui se rencontrent dans les vieux bois.		229
<i>Notes.</i> — Les bois ayant au moins 0.06 de différence d'une face à l'autre ne seront pas considérés comme bois de sciage, sauf pour tout sciage fait par ordre exprès de l'architecte. Les bois de 0.10 d'équarrissage et au-dessous seront aussi considérés comme bois de sciage, s'ils ont comporté cette main-d'œuvre. Pour les vieux bois fournis, il ne sera alloué de sciage que si cette main-d'œuvre aura été constatée par attachement comme ayant été opérée au moment même de l'emploi. Dans ce cas, il sera alloué une plus-value de 1/10 sur les prix ci-dessus, n ^{os} 223, 224, 225, 226, 227, 228. Cette note ne s'applique que pour le chêne, les sciages sur le sapin se payant toutes les fois qu'ils auront été constatés comme faits.		230
<i>Taquet (à la pièce) :</i>		
En location pour étau ou échafaud	0 fr. 35	231
<i>Trou de boulon</i> , de 0.10 de longueur :		
Chaque, compris pose du boulon	0 30	232
Par centimètre en plus.	0 05	233
Par décimètre en plus.	0 30	234

<i>Encastrement (à la pièce) :</i>		
De tête de boulon, chaque	0 fr. 15	235
D'écrin	0 20	236
<i>Voiture à cheval :</i>		
En plus-value pour moins de 1 stère 500	3 90	237
Deux stères au moins pour bois fournis, mais non posés	5 50	238
OBSERVATIONS GÉNÉRALES		
<i>Bois fournis non posés.</i>		
Lorsque la pose des bois non assemblés n'aura pas été faite par les charpentiers, on déduira des prix ci-dessus, par stère :		
Sans montage, sapin 4 ^{fr} 70		239
— chène 4 95		
Avec montage, sapin 8 75		
— chène 9 75		
<i>Bois loués.</i>		
Les bois loués seront payés suivant leur nature et, à défaut de constatation contraire, considérés comme vieux bois		
Les prix des bois loués comprennent les transports, tous les sciages, le déchet d'emploi et la reprise, la pose et la dépose, la valeur de location pour trois mois et la dépréciation des bois et des boulons loués		
<i>Echafauds en location.</i>		
Les prix comprennent le percement des trous, la pose des boulons et la fourniture des clous, des chevilles et des boulons		

Observations générales	Numéro d'ordre
<i>Etaisements en location</i> (bois fournis). Les prix comprennent la valeur des cales et détentés, ainsi que la fourniture des clous et rappoints.	243
<i>Entailles de moises.</i> Les entailles de moises de plancher seront complées en dehors du prix du bois.	244
<i>Planchers d'échafaud.</i> Les prix comprennent la fourniture des clous et chevillettes	245
<i>Chevillettes, clous d'épingle.</i> Les prix de série comprennent leurs fournitures quelles qu'elles soient, nécessaires pour l'entière exécution des travaux en bois fournis ou en location	246
<i>Perçement de trous de boulons et pose de boulons.</i> Dans les bois fournis non assemblés, le perçement des trous, la pose des boulons, seront payés à part.	247
Ils seront également comptés à part lorsqu'ils auront été faits comme supplément d'assemblage dans les bois fournis déjà assemblés au moyen de tenons et mortaises.	248
<i>Cintres, bois non assemblés.</i> Les prix seront réduits de 2/10.	249
<i>Débardement.</i> Les débardements de fottage, pannes, sablières, arétriers et poteaux d'angle ne seront jamais comptés séparément, étant considérés comme sciage.	250

Mesurage.

Les bois ordinaires ou de sciage ne seront jamais comptés au-dessus de la mesure réelle en œuvre, sauf pour les bois débillardés qui, suivant l'usage, seront métrés par équarrissage. Dans le cas où les parties levées seraient susceptibles d'emploi par l'entrepreneur, il lui sera déduit la valeur de ce bois

251

Bois de chêne non flotté.

Les bois de chêne non flotté seront rigoureusement refusés ; dans le cas où ils seraient acceptés, ils donneront lieu à une diminution de 15 francs par stère, ce qui ne changera en rien la responsabilité de l'entrepreneur

252

Bois assemblés.

Les prix de la série pour bois assemblés sont des prix moyens, ils comprennent tous les assemblages, en général, quels qu'en soient le nombre et la forme

253

Bois assemblés à entailles simples.

Les bois qui ne seraient assemblés qu'avec entailles simples, sans tenons ni mortaises, tels que les solives posées sur lambourdes, subiront la moins-value portée aux articles n^{os} 42 et 87

254

Collinage.

Les collinages ne seront alloués que lorsque les bois devront subir avant leur pose ou après leur dépose un transport supplémentaire dans l'intérieur du bâtiment. *Chevrans à quatre faces de sciage.*

255

Dans les combles en charpente ordinaire, lorsque, par ordre exprès, l'architecte aura demandé que tous les chevrons soient réglés de dimensions exactes à quatre faces de sciage, ces chevrons seront payés au prix des bois refaits

256

Bastang, madriers et chevrons.

Les bastangs, madriers et chevrons en sapin du commerce seront toujours classés dans les bois de sciage à trois faces et jamais considérés comme bois refaits

257

N° d'ordre	Observations générales
258	<p><i>Planchers dressés en dessus et en dessous.</i> Les prix de série seront applicables aux planchers dressés en dessous; mais lorsque les mêmes planchers seront, de plus, dressés au-dessus pour recevoir du parquet, il sera alloué une plus-value de déchet de 0.040 par stère sur le chêne seulement.</p>
259	<p>Tous les prix de règlement ci-dessus s'appliquent à des travaux qui auront employé au moins la journée d'un ouvrier. Pour les travaux minimes qui n'auraient pas employé la journée, il sera ajouté à l'ensemble du règlement pour le dérangement de l'ouvrier, une plus-value de temps à apprécier par l'architecte et qui, dans aucun cas, ne pourra dépasser le prix d'une heure de travail.</p>
260	<p>Toutefois, cette plus-value ne sera admise qu'autant que le fait aura été régulièrement constaté.</p>
261	<p>Les fournitures ou ouvrages non compris dans la présente série, s'ils se trouvent inscrits dans l'une quelconque des séries de prix édictées par la Société centrale des Architectes, seront payées aux prix portés aux dites séries.</p>
262	<p>Les articles brevetés ne seront admis que s'ils ont été fournis d'après un ordre spécial de l'architecte.</p>
263	<p>Les articles de fabrication dont la marque permettra de connaître l'origine, seront payés suivant les prix des tarifs des fabricants, diminués des remises faites à tout entrepreneur quelles que soient l'importance de la fourniture et les conditions de paiement. Ces prix nets seront augmentés de 10 0/0 pour bénéfice.</p>
264	<p>Les prix des articles non marqués seront évalués par l'architecte; l'entrepreneur devra toutefois fournir les renseignements qui lui seraient demandés au sujet de leur origine.</p>
265	

VOCABULAIRE

DES TERMES EMPLOYÉS DANS LA CHARPENTERIE

A

Abatage. — L'action d'abattre les arbres qui sont sur pied. — Le travail nécessaire pour les abattre. — Faire un abatage, c'est une manœuvre nécessaire pour retourner ou pour soulever une pièce de bois au moyen d'un levier et d'un coin placé dessous.

Abat-vent. — Petit auvent couvert d'ardoises ou de plomb, placé dans les ouvertures des trous et des clochers, pour garantir la charpente intérieure des pluies qui pénétraient par ces ouvertures.

About. — Se dit en général de l'extrémité de toute pièce de charpente taillée pour être assemblée au bout d'une autre pièce. On dit aussi l'*about* des *liens*, des *tournisses*, des *éperons*, des *tenons*. On entend encore par *about* les assemblages dont les tenons sont en *onglet*, de manière que, étant ajustées dans leurs mortaises, les deux pièces forment un angle aigu.

Accoler. — C'est unir deux ou trois pièces de bois ensemble sans aucun assemblage, simplement pour les fortifier les unes par les autres, et leur donner la force nécessaire pour le service qu'on veut en tirer.

Affaiblir. — Diminuer l'équarrissage d'une pièce de bois.

Affaissé. — Se dit d'un plancher qui n'est plus de niveau, ainsi que d'un poteau qui a fléchi.

Affût. — La partie inférieure de toute pièce taillée en sifflet sur quatre faces.

Affûtage. — Peine, action d'affûter.

Affûter. — Aiguiser, refaire la pointe ou le tranchant d'un outil émoussé.

Aiguille. — Se dit d'un clocher de forme conique ou pyramidale, dont la hauteur est très grande par rapport à la base.

On donne aussi le nom d'aiguille au poinçon d'un comble qui ne s'appuie pas sur le milieu de l'entrait (fig. 20, pl. V), mais auquel il est relié par un étrier en fer.

Aire. — En général, surface plane. — *L'aire* d'une maison est la surface contenue entre ses murs. — *L'aire* d'un pont est la partie supérieure sur laquelle on marche.

Aire de plancher. — Se dit de la charge supportée par les solives d'un plancher.

Aisselier. — Pièce de bois, droite ou courbe, terminée par des tenons qui ont leurs mortaises dans deux pièces de bois assemblées entre elles et formant angle. Elle sert à les fortifier et donne plus de solidité aux assemblages.

On donne aussi le nom d'*aisselier* aux bras d'une roue lorsqu'ils en dépassent la circonférence, de manière que la puissance appliquée à ce bras fait mouvoir la roue plus facilement.

Ame. — C'est une espèce de lambourde faite en deux parties, que l'on embrève obliquement dans une poutre refendue en deux pour lui donner plus de force.

Amoise. — Pièce de bois entreposée entre deux moises.

Amorcer. — C'est enlever la superficie du bois avec l'angle de l'ébauchoir, avant de faire une mortaise, et ensuite percer un ou plusieurs trous avec la tarière ou le laceret.

Angle. — Voyez à la géométrie.

Aplomb. — L'équivalent de *vertical*.

Appareil (L'art de l'appareilleur). — Voyez Stéréotomie.

Appareiller. — C'est l'action de faire le choix du bois, de le transporter sur l'épure, d'en tracer les coupes et assemblages, de le marquer et de le repérer.

Appareilleur, ou **maître gâcheur**. — Principal ouvrier qui est chargé de tracer en grand les épures et tous les développements nécessaires pour confectionner une charpente.

Appentis. — Comble à un seul égout dont on se sert ordinairement pour couvrir les hangars.

Appui. — Nom qu'on donne aux pièces de bois qu'on met le long des galeries, des escaliers et aux croisées.

Arbalétrier. — Pièce principale d'une ferme inclinée suivant la pente du toit du comble dont la ferme fait partie; elle est assemblée d'un bout dans l'entrait et de l'autre dans le poinçon.

Arbalétrier de brisis. — C'est celui qui soutient l'entrait retroussé dans un comble à la Mansard.

Arbalétrier à lierne. — C'est un arbalétrier ordinaire, mais dans lequel la panne est assemblée dedans au lieu de porter dessus.

Arbre. — On appelle ainsi un axe tournant de grande dimension, dans les machines qui servent à élever des fardeaux.

Arc ou **arcade**. — Ouverture ou baie cintrée. Dans ce cas, le dessous se nomme *douelle*.

Arc-boutant ou **contre-fiche**. — Se dit d'une pièce de bois inclinée qui sert à maintenir d'aplomb les pans de bois, les murs, les arbres des sonnettes, grues, pointals d'échafauds, etc.

Arche. — Espace compris entre les piles ou les culées d'un pont, et qui est ordinairement terminé à sa partie supérieure par une voûte. Il y en a de plusieurs espèces, selon la courbure de leur cintre. On les dénomme ainsi qu'il suit :

1^o *Arche en anse de panier* ou *en ellipse* (Voyez ces courbes à la géométrie).

2^o *Arche en plein-cintre*, lorsqu'elle est formée par un demi-cercle entier.

3^o *Arche en tiers et quart point* ou *en arcs de cloître* ou *ogives*, lorsqu'elle est formée par deux arcs de cercle

qui se coupent au sommet, ainsi qu'on en voit dans les monuments gothiques.

4^o *Arche surbaissée*, formée par une ellipse, mais dont la hauteur est moindre que la largeur prise à la naissance.

5^o *Arche surhaussée*, lorsque la hauteur est plus grande que la largeur prise à la naissance.

6^o *Arche maîtresse*. — Est celle du milieu dans les ponts dont les arches vont en diminuant de largeur à mesure qu'elles approchent des culées.

Arête. — C'est l'intersection de deux faces d'une pièce de bois. Lorsqu'une pièce est bien dressée et qu'il ne reste plus d'aubier, on dit qu'elle est à vive arête.

Arétier. — Pièce de charpente délardée qui se place à l'angle saillant formé par la rencontre de deux versants de comble. Elle s'assemble dans le poinçon à l'en-trait.

Armature. — On donne ce nom à tout ce qui sert à fortifier les poutres et les assemblages, tels que boulons, étriers, etc.

Arrêter. — Sceller avec de la maçonnerie, du plâtre, etc. ; une poutre, une solive est arrêtée lorsque ses extrémités sont maçonnées.

Assemblage. — C'est la réunion de deux ou plusieurs pièces de bois ensemble. Il y en a de diverses sortes. Voyez aux *Assemblages*.

On dit qu'un assemblage est double lorsque deux pièces sont assemblées par deux tenons et deux mortaises.

Attache. — Pièce de bois qui porte à plomb sur les sols d'un moulin, qui en traverse verticalement la charpente et qui sert d'axe à toute la machine.

Avanc-bec. — Assemblage de charpente composé de pieux en avant d'un pont.

Aubier. — Partie spongieuse de tout arbre, située entre l'écorce et le cœur du bois.

Auvent. — Avance ou espèce de toit en appentis, destiné à mettre à couvert, ou à garantir de la pluie ce qui

peut être dessous. L'inclinaison d'un auvent est telle que l'écoulement des eaux de pluie se fait de manière à les rejeter en dehors du toit ou du mur auquel il est adossé. L'inclinaison dite en *contre-auvent* est celle qui, au contraire, rejette les eaux vers le mur auquel l'auvent est assujetti; c'est-à-dire que cette inclinaison est dirigée en sens opposé.

Aviver. — Couper le bois à angle vif.

B

Baie. — Ouverture pratiquée dans un mur ou un pan de bois, destinée ou non destinée à recevoir une fermeture.

Bascule. — Voyez à la nomenclature des machines et outils.

Battre la ligne. — C'est tracer une ligne au moyen d'un cordeau.

Baudet. — Voyez à la nomenclature des machines, outils, etc.

Beffroi. — Charpente d'une tour ou d'un clocher, à laquelle les cloches sont suspendues.

Biseau. — Se dit d'un pan qui se fait en rabattant une des arêtes d'une pièce de bois; par exemple, les coyaux ont une des extrémités taillée en biseau pour être appliquée sur les chevrons. On dit aussi de cette extrémité qu'elle est coupée en sifflet.

Dans les outils, le biseau forme le tranchant; c'est un petit talus plus ou moins large, selon la dureté de la matière qu'il doit entamer: lorsque le bois est dur et noueux, ce tranchant doit être très étroit; et pour les bois tendres, au contraire, il doit être aigu. Quelquefois l'outil a deux biseaux opposés qui se réunissent pour former le tranchant; on le fait avec la lime, la meule ou le polissoir.

Bicoq. — Voyez *chèvre*, à la nomenclature des machines et outils.

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

Blochet. — Petite pièce qui, dans de certains combles, porte le pied des arbalétriers : elle est entaillée sur la plate-forme et soutenue par les jambes de force ou par des jambettes qui reposent sur l'entrait. On nomme *blochet d'arétier* celui qui se place à l'angle d'une croupe et qui reçoit dans sa mortaise le tenon du pied de l'arétier, et *blochet mordant* celui dont l'assemblage avec le chevron est à queue d'aronde (Voyez fig. 38, pl. II).

Bois. — La partie dure des végétaux ligneux, propre à la charpente.

Bois affaibli. — Celui dont l'équarrissage a beaucoup diminué par la courbure ou la forme qu'on lui a donnée, ou parce qu'on laisse au poinçon des *bossages*, ou des *encorbellements* aux poteaux.

Bois apparent. — Celui qui n'est point recouvert de plâtre ou toute matière, tel que dans les planchers, les cloisons, les ponts, etc.

Bois arsin. — Maltraité par le feu.

Bois blancs. — Ceux qui manquent de dureté et de consistance, comme le saule, le bouleau, etc. : ils se corrompent facilement et participent de la nature de l'aubier.

Bois de brin. — Equarri sur ses quatre faces et de sa grosseur naturelle.

Bois bouge. — Lorsqu'il est bombé ou comblé en quelque endroit.

Bois cantiban. — Qui n'a de la flache que d'un côté.

Bois charmé. — Qui menace de périr ou de tomber par une cause non apparente.

Bois corroyé. — Celui qui est dressé à la varlope ou au rabot.

Bois de débit. — Se dit des jeunes arbres auxquels on laisse toute la longueur qu'ils peuvent porter, comme 10 mètres ou 15 mètres ; il est propre aux menus ouvrages, tels que traverses, etc.

Bois déchiré. — Qu'on a mis en pièces et qui provient de vieux ouvrages.

Bois déversé ou **gauchi.** — Celui qui s'est défoncé, déjeté, courbé de quelque manière que ce soit, après avoir été équarri ou travaillé.

Bois durs. — Ce sont les opposés aux bois blancs ou plutôt aux bois menus ; ils sont fermes et durs.

Bois d'échantillon. — Dont les dimensions sont déterminées par l'usage qu'on veut en faire.

Bois échauffé ou **pouilleux.** — Lorsqu'on y remarque des petites taches rousses et noires, elles dénotent un commencement de pourriture.

Bois en étant. — Lorsqu'il est debout.

Bois d'entrée. — Qui n'est ni vert ni sec.

Bois d'équarrissage. — Qui a les quatre faces plates et d'équerre.

Bois feuillard. — Refendu en lattes pour les couvertures en tuiles, pour couvrir les solives des planchers, les cloisons, etc.

Bois flache. — Qu'on ne pourrait équarrir sans beaucoup de déchet, et dont les arêtes ne sont pas trop vives.

Bois gelif. — Qui a des gerçures causées par la gelée.

Bois gisant. — Couché par terre.

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

Bois en grume. — Qu'on emploie sans être équarri, pour les pieux et pilotis, mais qui est coupé par tronçons, ou qui est en billes.

Bois lavé. — Dont les traits de scie ont été ôtés avec la bisaiguë.

Bois léger. — Nom que l'on donne au peuplier, au tilleul et autres bois blancs.

Bois malandre. — Qui est disposé à la pourriture ou qui a quelques endroits gâtés ou pourris.

Bois méplat. — Dont l'une des dimensions de son équarrissage est plus large que l'autre.

Bois noueux. — Lorsqu'il provient d'un arbre qui avait un grand nombre de branches sur le tronc.

Bois en pueil. — Abattu depuis moins de trois ans.

Bois qui se tourmente. — Qu'on a employé trop vert ou trop humide; il se travaille et se déjette.

Bois rabougri. — Tortu, de mauvaise venue.

Bois rebours. — Dans lequel l'ordre et la disposition des fibres sont troublés.

Bois recépé. — Qu'on a coupé sur pied pour remédier aux effets de la gelée, etc.

Bois refait. — Celui dont on a équarri et redressé les faces.

Bois de refend. — Qu'on a mis par éclats pour faire des lattes, etc.

Bois sur le retour. — Qui est trop vieux, qui perd de son prix.

Bois résineux. — Ceux qui contiennent de la résine.

Bois rouge. — Qui s'échauffe et est sujet à se pourrir.

Bois roulé. — Quand les cernes qui marquent la croissance de chaque année sont séparées et n'adhèrent pas les unes aux autres.

Bois sans malandre. — Qui n'a ni nœuds ni gerçures, qui est sain.

Bois tranché. — Qui a des nœuds ou des fils obliques qui coupent la solive et lui ôtent une partie de sa force. Ce bois ne peut guère supporter de charge, et n'est bon qu'après avoir été refendu.

Bois vicié ou carié. — Qui a des parties pourries et malades.

Bois vif. — Celui qui est dans toute sa force.

Boiteuse. — Solive d'enchevêtrement, scellée par un bout dans le mur, et assemblée par l'autre dans la partie nommée *chevêtre*.

Bon dieu. — Coin de bois dont se servent les scieurs de long, pour ouvrir le bois et faciliter le passage de la scie.

Bossage. — Petites bosses carrées qu'on laisse aux

poinçons et aux pièces qu'on allégit aux endroits des mortaises, afin d'en augmenter la force. Ce nom se donne aussi au cintre que forment les courbes.

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 qui les traverse : les chevrons se brandissent sur les pannes.

Brise-glace. — Pièce de bois à angle aigu, assemblée sur l'avant-bec d'un pont.

Brisis. — Panne qui se trouve placée à l'endroit de la brisure d'un comble à la Mansard.

C

Câble. — Grosse corde qui se passe sur les poulies des chèvres, grues, etc., et qui sert à soulever les fardeaux.

Cage d'escalier. — C'est l'espace dans lequel il est construit.

Calibre. — Modèle servant à tracer les courbes des cintres et des autres figures données.

Games. — Dents taillées en forme de développées de cercle, et fixées dans un arbre tournant : elles servent à élever des hies, etc.

Cantibai. — Dosse ou pièce de bois plein de fentes ou d'autres défauts.

Centre de gravité. — C'est un point que l'on suppose situé dans l'intérieur d'un corps, de telle manière que tout plan qui passerait par ce point partagerait le corps en deux parties qui se feraient équilibre, c'est-à-dire dont l'une ne pourrait faire mouvoir l'autre : d'où il suit que, si on suspend un corps par son centre de gravité, il restera en repos.

Chaise. — Bâti en bois dont on se sert pour élever les chèvres, grues, etc., qui n'ont pas assez de hauteur.

Champ (Poser de), — C'est placer une pièce de bois

méplate de manière que son plus grand côté soit dans le sens vertical.

Chandelle. — Poteau posé à plomb sous une pièce quelconque que l'on veut soutenir horizontalement.

Chanfrein. — Synonyme de *biseau*.

Chanfreiner. — C'est abattre une arête ou faire un chanfrein.

Chanlatte. — Pièce de bois placée à l'extrémité des chevrons ou coyaux en saillie sur la corniche supérieure du bâtiment ; comme les chevrons et les coyaux, elle reçoit la couverture du comble, et préserve ainsi les murs des eaux pluviales.

Chantier. — Pièces de bois sur lesquelles on place les pièces que l'on veut travailler.

Chantignole. — Petite pièce de bois de la charpente d'un comble, coupée carrément par l'un des bouts, et en biseau par l'autre bout ; elle soutient les pannes, et s'assemble par embrèvement sur l'arbalétrier.

Chantourner. — C'est évider une pièce de bois suivant un profil donné.

Chapeau. — Pièce de bois horizontale recouvrant d'autres pièces verticales, dans lesquelles elle est assemblée à tenons et à mortaises ; on donne aussi ce nom à la partie supérieure d'un poteau. Dans les pans de bois, le chapeau est coupé en chanfrein, lorsqu'ils doivent recevoir une corniche en plâtre.

Chapeau de lucarne. — Pièce de bois placée sur la partie supérieure d'une lucarne dont elle forme la fermeture ; elle est supportée par les deux montants ou par les chevrons.

Charpente. — On entend par ce mot l'assemblage des pièces de bois employées à la construction d'un édifice.

Charpenter. — C'est façonner les bois de charpente et tailler les assemblages.

Charpenterie. — Art de former un ouvrage quelconque avec des bois de charpente.

Charpentier. — Ouvrier qui exécute la charpente.

Le *maître charpentier* est celui qui trace et entreprend les ouvrages de charpente, qui a des charpentiers à son compte.

Chasse-bon-dieu. — Morceau de bois aplati par un bout, dont les scieurs de long se servent pour chasser le coin qu'ils appellent *bon dieu*.

Châssis de charpente. — Assemblage de madriers, ou plate-forme dont on entoure les grilles de charpente qui servent à asseoir la maçonnerie dans un terrain sablonneux.

Chevalement. — Etalement composé de plusieurs pièces disposées comme dans les tréteaux ordinaires.

Chevalet. — Se dit d'une pièce de bois couchée en travers sur deux autres pièces auxquelles elle est perpendiculaire. On donne aussi ce nom aux tréteaux qui servent pour échafauder et scier de long.

Chevêtre. — Pièce de bois placée de manière à laisser un espace libre dans les planchers, pour le placement de l'âtre ou pour le passage des tuyaux de cheminée : elle s'assemble à tenons dans les solives d'enchevêtrures, et est percée de mortaises pour recevoir les solives de remplissage.

Chevron. — Pièce de bois du lattis d'un comble ; il y en a de plusieurs sortes : les *chevrons cintrés, de coupe ou empanons, de ferme, de jouée, de remplissage, joints et de long pan* (Voyez aux *Combles*).

Cintre. — Espèce de ferme qu'on emploie comme moyen d'exécution dans la construction des voûtes.

Cintre (plein). — Voyez *Arche*.

Cintre retroussé. — Est celui dont les cours de courbes qui le forment ne sont soutenues qu'aux naissances. La montée du cintre est la ligne qui réunit les extrémités aux naissances.

Clef. — C'est une espèce de coin passant dans une mortaise à l'extrémité d'une lierne, servant à empêcher l'écartement des courbes.

On nomme aussi *clef* le coin qui sert à faire joindre deux poutres assemblées à trait de Jupiter.

Cloison. — Pan de bois mince destiné à former les divisions intérieures d'un appartement.

Collet d'un tenon. — C'est la partie jointe du tenon et de la pièce qui reçoit le tenon.

Comble (Voyez la définition dans l'ouvrage).

Comble brisé ou à la Mansard. — Il est composé du vrai comble qui est la partie raide (fig. 27, pl. V), et du faux comble, qui a ordinairement une pente fort douce.

Comble à croupe. — Qui est soutenu par une engravure qui porte un poinçon et deux arêtiers (fig. 3, pl. VIII).

Comble en dôme. — Dont le plan est carré et l'élévation cintrée. On en voit au Luxembourg, au Louvre et aux écuries de Versailles (fig. 13, pl. VIII).

Comble en équerre. — Dont l'angle du faite est droit; il tient le milieu pour la hauteur, entre le comble pointu *surhaussé* et le comble *surbaissé* (fig. 15, pl. V).

Comble en impériale. — Celui dont le contour a la forme d'un talon renversé.

Comble en pavillon. — Qui a deux croupes, et qui est à un, deux ou quatre poinçons, tels que ceux des pavillons angulaires des Tuileries (fig. 8, pl. VII).

Comble en patte d'oie. — Qui a plusieurs pans formés par divers arêtiers, et dont le plan est un polygone (fig. 15, pl. VII).

Comble pointu ou à deux égouts. — Dont les côtés font un angle de plus de 45° avec l'horizon (fig. 13, pl. V).

Comble plat ou surbaissé. — Dont la hauteur est moindre que la moitié de la base (fig. 20, pl. V).

Comble à potence. — Appentis composé de deux ou de plusieurs demi-fermes d'assemblage, et porté sur le mur auquel il est adossé (fig. E, pl. V).

Comble rond. — Dont la base est circulaire, elliptique ou ovale, et dont le profil est en pente droite, tels que dans un cône.

Comble en terrasse ou tronqué. — Qui, au lieu de

se terminer à un faîte ou à un poinçon, est coupé carrément à une certaine hauteur, entouré quelquefois d'une balustrade, comme au Louvre.

Comble en trapèze. — Dont le profil est un trapèze isocèle : il est coupé par une terrasse exhaussée au centre.

Contre-avant (*Voyez Aurent*).

Contre-bas et contre-haut. — Termes qui signifient du *haut en bas* et du *bas en haut*.

Contre-fiche. — Pièce de bois mise en pente contre une autre pièce ou contre un mur, pour maintenir et servir d'étau.

Contre-jouer les assemblages. — C'est transporter la largeur d'une mortaise où le tenon doit être fait, de manière à ce qu'il soit de dimension convenable.

Contre-marques. — Traits qui se tracent sur les bois à mesure qu'ils sont travaillés, et qui servent à reconnaître ceux d'un même assemblage.

Contre-vent ou guette. — Pièce de bois mise en contre-fiche, ou croix de Saint-André, pour consolider les fermes, cintres, etc.

Contre-venter. — Placer une pièce de bois obliquement contre une autre pour la rendre stable.

Copeau. — Menu bois que les charpentiers enlèvent avec leurs instruments de la surface des pièces qu'ils travaillent pour leur donner la forme convenable.

Corbeau. — Morceau de fer ou de bois scellé dans un mur par un bout, et dont la partie en saillie supporte les balcons et sert à renforcer les poutres, les solives, etc., ou à les soutenir lorsqu'on ne peut pas les sceller dans le mur.

Cornier. — *Voyez Poteau cornier*.

Corroyer le bois. — C'est le rendre plan avec le rabot ou la varlope.

Couchis. — Madriers placés sur les cintres pour soutenir les voussiers, ou que l'on met par terre pour recevoir les pieds d'un chevalement.

Coulombes (vieux). — Forts poteaux placés deux à deux dans les pans de bois aux endroits où portent les poutres d'un plancher.

Coupe. — Section faite au travers d'un bâtiment ou d'un corps quelconque. C'est un plan vertical sur lequel on suppose que reste l'empreinte des parties d'un bâtiment qui étaient en contact avec lui. On y dessine aussi les détails intérieurs non coupés, que l'on suppose projetés perpendiculairement au plan coupant. Cette projection est dite *verticale*. Les figures 1 et 2, pl. V, sont des coupes.

Coupole. — Petit dôme.

Courbe. — Se dit de toute pièce de bois cintrée, et de toute ligne qui n'est pas droite.

Couronnement. — On appelle ainsi l'about d'un chevron qui, au lieu d'être coupé obliquement, est assemblé à enfourchement.

Cours de pannes. — Ce sont toutes les pannes ajoutées bout à bout pour faire la longueur d'un comble. Chaque rang de pannes forme un *cours*.

Couverture. — Voyez l'article *Combles*.

Coyaux. — Petits chevrons placés sous les couvertures en saillie sur la corniche.

Coyer. — Dans la construction d'une croupe, le *coyer* est une pièce placée horizontalement, et qui va d'un *poinçon* ou d'un *goussel* à l'arêtier auquel elle correspond. On l'assemble dans le pied du poinçon, et elle fait fonction d'entrait. Dans les planchers, le coyer se pose aussi diagonalement, et reçoit les soliveaux en empanons.

Croix de Saint-André. — Espèce d'assemblage.

Croupe. — Voyez l'article *Combles*, dans l'intérieur de l'ouvrage.

D

Débillardement. — C'est la coupe en diagonale d'une pièce de bois, dont on abat une partie en forme de prisme triangulaire, tel que pour un arêtier, un faitage.

Débiter. — Scier ou refendre le bois. On dit débiter des planches, des chevrons, etc.

Décharge. — Toute pièce de bois posée obliquement dans un pan de bois. Elle porte sur les sablières et les poitrails dont elle soulage la charge.

Décintrer. — Démonter un cintre de charpente.

Décollement. — Entaille pratiquée du côté de l'épaule pour dérober la mortaise.

Dédosser. — Dresser avec la scie une pièce pour la mettre à vive arête, au moyen des levées et suppressions que l'on fait des parties flacheuses.

Déjeter (se). — Se dit du bois qui travaille, et dont les surfaces deviennent gauches.

Déjouer et Déjouement. — Ces deux mots ont été expliqués.

Dégauchissage. — C'est l'action par laquelle on rend plane une surface qui ne l'est pas; ce qui se fait en enlevant de la matière aux places où il y en a trop. Pour connaître les endroits sur lesquels il faut faire agir l'outil, on se sert d'une règle bien droite que l'on présente sur la surface. On ménage les places sur lesquelles la règle ne touche pas, et l'on enlève les parties les plus élevées.

Dégrossir. — Se dit, en général, de l'opération par laquelle on donne d'abord à un ouvrage la première façon, en le disposant ainsi à d'autres façons qui se succèdent pour le parfaire.

Délarder. — Couper en chanfrein les arêtes d'une pièce de bois, ainsi qu'on le fait à un empanon, à un arêtier et à un faitage.

Démaigrir. — Rendre un ou plusieurs angles d'une pièce de bois plus aigus, ou diminuer un tenon qui ne peut entrer dans sa mortaise.

Démonter. — Défaire avec soin toute charpente assemblée en place.

Densité. — C'est le rapport de la masse au volume. On dit *qu'un corps est plus dense qu'un autre*, lorsqu'il

contient plus de matière sous un même volume. Par exemple *le chêne est plus dense que le sapin; la densité des corps est évidemment proportionnelle à leur poids spécifique*. On ne peut, en effet, avoir l'idée de la quantité de matière renfermée dans un même volume de divers corps, que par les poids qu'on leur trouve.

Développer, ou faire le développement. — C'est représenter, au moyen de lignes, les faces, les profils, et toutes les parties d'une pièce ou d'un assemblage de charpente, soit sur du papier, un mur ou un plancher, en faisant usage de la méthode adoptée pour tracer les épures. Voyez ce mot.

Devers. — On nomme ainsi une pièce qui n'est pas droite par rapport à ses angles et à ses côtés. Ainsi 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.

Déversé (Voyez *Bois déversé*).

Dévêtir. — Déposer ou désassembler une pièce sur le tas.

Devis. — Mémoire général des conditions suivant lesquelles les marchés sont adjugés aux entrepreneurs des bâtiments, et qui spécifie en outre les qualités et façons que doivent avoir les matériaux propres à la construction du travail.

Dévoier (Voyez *Empanon dévoyé*).

Dosses. — C'est la première et la dernière planche qui se lève lorsqu'on débite une pièce de bois. Ces planches ou dosses servent ensuite dans la construction des cintres et des échafauds.

Donner quartier. — La même chose que mettre en herse.

Doubleaux. — Fortes solives que l'on place dans les planchers, pour servir de supports aux chevêtres ou toute autre charge.

Dresser. — Cingler au cordeau une pièce de bois avant de l'équarrir.

E

Ebaucher. — Dresser à l'ébauchoir ou au fermail.

Ebiser. — Synonyme de *chanfreindre*.

Echafaudage. Voyez l'article *Echafaudages*.

Echantignole. — Synonyme de *chantignole*.

Echantillon (Bois d'). — Pièces de bois débitées selon les us et coutumes de chaque pays, et telles qu'on les trouve chez les marchands.

Echarpe. — Nom que les ouvriers donnent souvent aux pièces appelées *décharges*.

Echasses d'échafaudage. — Synonymes de *perches*. Ce sont de jeunes arbres dont on se sert pour former les échafaudages.

Echelle. — C'est en général une ou plusieurs lignes tracées sur une feuille de papier, ou sur une surface plane de bois, de métal, etc., divisées en parties égales et destinées à servir de commune mesure à toutes les parties d'une épure ou d'un plan. Les échelles dont on fait usage dans l'architecture et dans les constructions représentent ordinairement des modules, des mètres ou parties du mètre.

Echiffre. — Pièce de charpente qui porte les marches d'un escalier. Un escalier à *échiffre* est celui dont les limons sont posés à plomb les uns sur les autres.

Egout. — Surface extérieure des toits qui sert à l'écoulement des eaux.

Embranchement. — Nom que l'on donne aux solives de remplissage en empanon dans un plancher de comble à enrayure.

Embrèvement. — Entaille pratiquée à la surface d'une pièce et destinée à recevoir le bout amaigri d'une autre pièce inclinée; les chevrons s'assemblent ordinairement de cette manière dans les plates-formes: l'effort exercé sur le chevron n'ayant lieu que dans le sens qui pourrait le faire pénétrer davantage dans l'entaille, cet assemblage présente autant de solidité que celui à tenon;

il est d'ailleurs d'une exécution plus facile et affaiblit moins le bois.

Empanon. — Chevron qui ne va pas jusqu'au faite, mais qui, dans les croupes, s'assemble à tenons et à mortaises dans l'arêtier; il peut être délardé ou déversé.

Encastrer. — Joindre deux pièces de bois par des entailles à embrèvement.

Enchevalement. — Se dit d'une façon d'étayer les murs que l'on reprend sous-œuvre.

Enchevêtrure. — Assemblage comprenant l'espace carré vide laissé dans les planchers pour l'âtre, et le passage des tuyaux de cheminée.

Cet assemblage comprend la chevêtre placée parallèlement au mur à distance convenable, et les deux solives d'enchevêtrure dans lesquelles la chevêtre est assemblée.

Enclaver. — Faire entrer les bouts des solives par entailles dans une poutre; c'est aussi arrêter une pièce avec des clefs ou des boulons de fer.

Encorbellement. — Synonyme de *corbeau*.

Enfourchement (en). — Sorte d'assemblage. Voyez l'art. *Assemblage*, et la planche II, fig. 22, 23 et 24.

Engraissement. — Nom que l'on donne aux assemblages dont les tenons ne peuvent entrer que par force dans les mortaises.

Enlacer. — Faire une enlasure.

Enlasure. — Trou percé avec un laceret à travers l'assemblage à tenons et à mortaises, pour les cheviller ensemble.

Enligner. — Donner à une pièce de bois exactement la même forme qu'à une autre, de manière qu'étant mises bout à bout, les deux semblent n'en faire qu'une.

Enrayure. — Assemblage de toutes les pièces horizontales qui composent une ferme.

Entaille. — Ouverture plus ou moins grande que l'on fait pour lier une pièce à une autre. Les entailles sont ou carrées ou à mi-bois, ou par embrèvement, ou à dents, ou à queue d'aronde, etc.

On fait des assemblages par entailles.

Enter. -- C'est assembler, par le moyen d'entailles, deux pièces dans la direction de leur longueur.

Enter ou **épisser une corde.** -- C'est réunir ensemble ses deux extrémités, ou la réunir à une autre sans faire de nœuds.

Entrait. -- Pièce principale ou poutre qui porte dans une ferme les arbalétriers et le poinçon.

Les entrails doubles sont ceux qui se trouvent dans les enrayures.

Entretoise. -- Toute pièce placée entre deux autres dans lesquelles elle s'assemble à tenons et à mortaises. C'est une sorte de traverse qui forme châssis et retient l'écartement.

Entrevous. -- Espace compris entre deux solives de remplissage.

Epaulement. -- Est formé par la partie du collet d'un tenon qui recouvre la mortaise d'un côté. Il a ordinairement 3 centimètres de large. Se dit aussi de la partie pleine qui reste entre deux mortaises, et de celle qui fait suite à la mortaise, lorsqu'elle se trouve à l'extrémité d'une pièce.

Epure. -- On appelle le *trait* ou l'*épure* d'un solide le dessin ou le système de lignes qu'on obtient, en projetant les arêtes d'un solide et les points remarquables des faces de ce solide sur deux plans rectangulaires.

Equarrir. -- Faire un équarrissage.

Equarrissage (Voyez cet article à la table).

Equipage. -- Tout ce qui constitue le matériel d'un entrepreneur.

Escalier (Voyez cet article dans l'ouvrage).

Essence. -- Ce qui constitue la nature d'un arbre; ce mot correspond à espèce, ainsi on dit un bois d'essence de chêne.

Etai. -- Pièce de bois qui sert à étayer dans les reprises en sous-œuvre.

Etalement. -- Action d'étayer.

Etaçon. — Pièces de bois au moyen desquelles on soutient les murs et les planchers qui menacent ruine.

Étélon ou **Étalon.** — Toute épure de charpente dont la projection est tracée en grand sur un plan vertical ou horizontal.

Etrésillon. — Pièce de bois liant ensemble deux autres pièces.

Etrier. — Lien de fer ayant deux coudes à angles droits dont on arme les poutres, et servant ainsi à attacher des pièces contre d'autres pièces. C'est ainsi que les chevêtres sont souvent attachés aux solives d'enchevêtrement.

Extrados. — Courbe extérieure d'un cintre.

F

Faitage. — Pièce de bois placée à la crête et dans toute la longueur d'un comble, sur laquelle s'appuient les chevrons à leur extrémité supérieure.

Fauconneau. — Pièce de bois horizontale et la plus élevée d'un engin, ayant une poulie à chaque extrémité.

Fausse-coupe. — Tout joint d'assemblage qui n'est coupé ni d'équerre ni en onglet.

Faux-comble. — Se dit de la partie du comble à la Mansard qui est au-dessus des pannes de brisis.

Faux-entrait. — Pièce qui, dans certains cas, sert à contre-butterm l'arbalétrier.

Faux-limon (Voyez *Escalier*).

Faux-plancher. — Celui qui sert à diminuer la hauteur d'un appartement très élevé ou à cacher un faux-comble. Il se fait avec des solives légères ou chevrons lambrissés de plâtre ou de menuiserie, etc.

Ferme. — Assemblage de plusieurs pièces de bois dont les principales sont les arbalétriers, poinçons, aisseliers et entrants. Une ferme fait partie du comble, et soutient les pannes et le faitage.

Fermes (demi-). — Celles qui forment les croupes,

Fermette. — Petite ferme d'un faux-comble ou d'une lucarne.

Feuillure. — Entaille à angle droit faite dans le sens de l'arête d'une pièce pour recevoir une autre pièce.

Fil. — C'est le sens du bois pris suivant la direction longitudinale des fibres de la tige de l'arbre.

File de pieux. — Rangée de pieux que l'on couronne ordinairement d'un chapeau.

Flaches. — Creux aux arêtes non vives où l'aubier paraît encore.

Flèches. — Pièces de bois qui, dans les ponts-levis, servent à les faire manœuvrer.

Flèche. — Se dit aussi d'un clocher de forme conique ou pyramidale.

Flèche d'un cintre. — Est la hauteur de la perpendiculaire élevée sur le milieu de la ligne passant par les naissances, et prolongée jusqu'à sa rencontre avec le sommet du cintre, etc.

Fond (monter de). — Se dit des cloisons ou pièces de bois qui partant du rez-de-chaussée, vont jusqu'au sommet du bâtiment.

Frette. — Lien de fer au moyen duquel on serre un morceau en bois pour l'empêcher de se fendre.

Fronton. — Ornement de bois de forme triangulaire avec ou sans moulures, couronnant les lucarnes à la flamande.

G

Gâcheur (maître). — Voyez *Appareilleur*.

Galbe. — Contour d'un dôme, d'un balustre.

Garde-fou. — Synonyme de *balustrade*; c'est un assemblage de charpente placé aux bords d'un pont en bois, pour empêcher de tomber.

Gauche. — Se dit d'une surface dont les arêtes ne sont pas dans un même plan, comme dans une aile de moulin à vent.

Gélif ou **Gélivure**. — Fente ou gercure causée par la gelée.

Giron. — Largeur de la partie horizontale ou supérieure d'une marche.

Gorge de démaigrissement. — Entaille faite à un angle aigu dans une pièce de charpente.

Gorge de poulie. — Rainure pratiquée dans l'épaisseur d'une poulie pour recevoir le câble.

Gorge de mortaise. — C'est la partie de la mortaise la plus voisine du fond.

Gras. — Terme employé par les ouvriers, pour exprimer qu'une pièce a besoin d'être amaigrie, ou qu'un tenon est trop fort pour sa mortaise. Il se dit aussi pour désigner un angle obtus.

Grillage. — Assemblage ou système de grosses pièces de bois qui se croisent carrément, et qui sont retenues entre elles par des entailles à queue d'aronde et des chevilles. Les pièces de cet assemblage qui sont placées en long s'appellent *longuerines*, et celles qui sont mises en travers *traversines*. On en fait usage dans les terrains peu consistants et inondés; il se pose sur des pilots.

Gousset. — Pièce qui, dans les croupes, sert à supporter la demi-ferme d'arêtier.

Grume. — Voyez *Bois en grume*.

Guette. — Pièce de bois inclinée de deux ou trois fois son épaisseur, servant de décharge dans les pans de bois.

Guigneaux. — Pièces de bois transversales assemblées par les deux bouts dans les chevrons d'un toit, pour laisser un passage libre aux tuyaux de cheminée, comme sont les chevêtres dans les planchers.

H

Hangar. — Abri recouvert d'un appentis adossé contre un mur : quelquefois aussi les hangars sont isolés; ils sont alors à deux versants. En général, ils sont formés de poteaux de bois portant une sablière renforcée par des

aisseliers, et sur laquelle viennent s'appuyer les extrémités des chevrons (Voyez fig. E, pl. V).

Herse. — Epure représentant les pièces de bois inclinées d'un assemblage dans toute leur longueur, et au moyen de laquelle on trace la coupe des assemblages.

Hiement. — Bruit que produisent des pièces de bois assemblées, lorsqu'elles font un mouvement par suite d'un effort qu'elles ont à supporter.

Hoche ou Coche. — Synonyme d'*entaille*.

Hout. — Tréteau dont se servent les scieurs de long pour poser leurs pièces.

Huisserie. — Ensemble de deux poteaux et d'un linteau, formant l'ouverture d'une porte ou d'une croisée.

I

Intrados. — Courbe intérieure d'une voûte.

Instrument. — Voyez *Outil*.

J

Jambage. — Pied droit d'une porte. Pièce de bois verticale.

Jambe de force. — Pièce de bois inclinée servant à affermir une pièce verticale.

Jambette. — Petite pièce de bois debout employée à soulager ou fortifier les arbalétriers d'un comble.

Jauge. — Sorte de mesure en forme de règle divisée et subdivisée, servant à tracer les coupes à faire dans le bois (Voyez *Outils et instruments*).

Joint. — C'est l'endroit où deux pièces de bois se réunissent.

Jouées. — Côtés de la lucarne formés en plâtras, ou simplement en planches recouvertes en ardoises. Les chevrons de jouée sont ceux qui correspondent aux montants de la lucarne.

Jumelles. — Pièces de bois verticales ou parallèles, servant de support.

L

Lambourde. — Pièce de bois horizontale, destinée à maintenir les extrémités des solives dans les planchers.

On appelle aussi *lambourde* une autre pièce couchée, et scellée diagonalement sur les solives pour y attacher du parquet, ou carrément pour y clouer des ais.

Lanterne. — Petite tourelle de charpente placée au-dessus d'un dôme, ou au-dessus du comble d'un corridor, ou d'une boutique, pour y donner du jour.

Levage. — C'est l'action de monter le bois avec une chèvre. Les ouvriers disent *aller au levage*.

Lien. — Synonyme d'*aisselier*. Pièce de bois droite ou courbe, placée obliquement dans les assemblages de charpente, aux angles formés par la rencontre des pièces horizontales et verticales.

Lien de fer. — Morceau de fer méplat coudé ou cintré, servant à consolider les assemblages.

Lierne. — Pièce de bois avec entailles, servant à brider et relier d'autres pièces dans un assemblage.

Liernier. — Attacher avec des liernes.

Ligne géométrique. — Voyez à la géométrie.

Ligne de couronnement. — Celle qui passe par tous les sommets d'une rangée de pieux ou de poinçons, etc. Se dit aussi de l'arête supérieure d'un faitage.

Ligne d'about. — Est celle qui passe par toutes les arêtes extérieures des pieds de chevrons d'un comble.

Ligne de gorge. — Est celle qui passe par toutes les arêtes intérieures des pieds de chevrons d'un comble.

Limon. — Pièce de bois rampante dans laquelle s'assemblent les marches des escaliers.

Limon (faux). — Se pose contre les murs d'échiffres d'un escalier, pour recevoir l'extrémité des marches.

Linçoir. — Pièce de bois entaillée de mortaises, et placée à 13 ou 16 centimètres des murs, pour recevoir les solives d'un plancher.

Linteau. — Pièce de bois horizontale formant le des-

sus des portes et des croisées. Elle s'assemble et se pose sur les pieds droits.

Lisse. — Pièce de bois que couronne un garde-fou.

Lit. — Dans les ponts de bois, c'est le plancher composé de poutrelles avec traverses et couchis.

Long-pan. — Le côté le plus long d'un comble.

Longuerines. — Pièces placées en long dans un grillage.

Lucarne. — Ouverture en forme de fenêtre pratiquée en saillie dans les combles. Une lucarne est dite *carrée*, lorsqu'elle est formée carrément ; *ronde*, lorsque l'ouverture ou baie est circulaire ; *bombée*, lorsque la partie supérieure est une portion de cercle ; à la *flamande*, lorsqu'elle est construite en maçonnerie, couronnée d'un fronton et posée sur l'entablement ; à la *demoiselle*, lorsqu'elle est portée sur les chevrons et couverte en contre-auvent ou en triangle ; et à la *capucine*, lorsqu'elle est couverte en croupe de comble.

M

Machine. — Synonyme d'*engin*, qui est le nom générique des divers appareils dont se servent les ouvriers, pour lever ou faire mouvoir des fardeaux. Les *machines composées* sont la grue, le cabestan, etc. ; et les *machines simples* sont le levier, les poulies, la vis, le coin, etc.

Madrier. — Pièce de bois épaisse et méplate.

Malandres. — Endroits gâtés, pourris, dans les pièces de bois.

Malfaçon. — On dit qu'il y a malfaçon, lorsqu'on emploie des bois plus forts qu'il n'est nécessaire, ou trop amaigris ; ou quand les assemblages sont mal exécutés.

Marche. — Partie de l'escalier sur laquelle on pose le pied.

Marche d'angle. — Celle qui détermine le milieu d'un quartier tournant d'un escalier à jour rectangulaire.

Marche palière. — Qui forme le bord d'un palier.

Membron. — Grosse pièce horizontale, servant à consolider d'autres pièces.

Membrures. — Les plus grosses pièces de toutes celles qui sont employées dans les machines.

Mentonnet. — Bossage qu'on laisse sur une pièce.

Méplate. — Pièce qui a plus de largeur que d'épaisseur.

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

Mettre les bois en leur raison. — C'est disposer les pièces d'un assemblage sur le chantier, selon la place qu'elles doivent respectivement occuper.

Mettre une pièce de bois sur son raide ou sur son fort. — C'est, lorsqu'elle est courbe, mettre le côté bombé par-dessus.

Moises. — Pièces de bois qui, jointes ensemble selon leur épaisseur avec des boulons, servent de liens dans les combles, dans les palées ou files de pieux, ainsi qu'aux principales pièces de grues et autres machines. Elles sont entaillées à mi-bois, pour recevoir les pièces qu'elles embrassent et dont elles augmentent la stabilité. Elles sont ou droites ou circulaires, selon le cas (Voyez pl. II, fig. 29, 30 et 31). On appelle *moises coudées*, celles qui sont délardées de leur demi-épaisseur au lieu d'être entaillées.

Montant. — Pièce de bois à plomb.

Montée d'une voûte. — La hauteur depuis sa naissance jusqu'à son sommet.

Mortaise. — Trou fait dans une pièce de bois, de la forme du tenon qu'il doit recevoir. Pour qu'une mortaise soit bien faite, il faut qu'elle soit juste tant en gorge qu'en about.

N

Naissance. — Origine d'une voûte ou d'une courbe.

Niveau (de). — On dit qu'un plancher est de niveau,

lorsqu'il est horizontal; c'est-à-dire qu'il ne penche ni d'un côté ni de l'autre par rapport à la verticale.

Noue. — Pièce placée dans l'angle rentrant formé par deux versants de comble, et faisant l'effet contraire de l'arêtier.

Noulet. — Sorte de ferme placée à la rencontre de deux combles, et dans laquelle on assemble les empanons.

Noyau de fond. — C'est celui qui va du rez-de-chaussée jusqu'au dernier étage.

Noyau suspendu (le), au contraire, est coupé au-dessous du palier de chaque étage, au point d'arrivée du limon.

O

Oches. — Entailles ou marques que font les charpentiers, sur les règles de bois, pour marquer des mesures.

Œil-de-Bœuf. — Ouverture circulaire ou elliptique, sorte de lucarne.

Œuvre. — Terme usité en charpenterie; mettre en œuvre une matière quelconque, c'est l'employer. On dit aussi dans œuvre et hors d'œuvre, pour *au dedans et dehors* d'un bâtiment, d'un mur.

Onglet ou Anglet. — Tout joint coupé obliquement suivant un angle de 45 degrés environ.

Outil. — Nom générique de tous les instruments simples dont se servent les charpentiers. Le ciseau est un outil, le compas est un instrument.

P

Palée. — Rangée de pieux formant la pile d'un pont.

Palier. — Espèce de plate-forme sur un escalier où les marches sont interrompues. Lorsque cette plate-forme a en carré la longueur des marches, on l'appelle *demi-plate-forme*.

Pan de bois. — Système composé de charpente et de

maçonnerie (Voyez t. II, p. 47, et fig. 1, 2, 3 et 4, pl. III).

Panne. — Pièce de bois placée sur les fermes, portée sur des tasseaux ou chantignoles, et servant à supporter les chevrons.

Parpaing. — On dit qu'une pierre, une poutre, fait parpaing lorsque son épaisseur forme les deux côtés d'un mur, ou d'une cloison qu'elle supporte.

Pas. — Espèces d'entailles pratiquées dans les sablières ou plates-formes des combles pour recevoir, par embrèvement, le pied des chevrons.

Patin. — Se dit de toute pièce horizontale portée par un mur faisant parpaing, sur laquelle porte une autre pièce debout; comme dans les escaliers où les noyaux et potelets s'assemblent dans le patin posé sur le mur d'échiffre.

Patte d'oie. — Enrayure du comble, au-dessus du chevet d'une église gothique : il se dit aussi de la manière dont les charpentiers marquent les pièces de bois, en traçant trois traits passant par le même point.

Peupler. — C'est garnir un espace vide de pièces de bois espacées à égale distance. On peuple une cloison de poteaux, un plancher de solives, un comble de chevrons.

Perche. — Synonyme d'échasse.

Pièce ou solive. — Unité de mesure à laquelle on rapporte les volumes de charpente.

Pièce de charpente. — Tout morceau de bois taillé qui entre dans un assemblage de charpente. Les plus fortes pièces, comme les poutres, tirants, entrants, jambages de force, sont les *maitresses pièces*.

Pièce de pont. — Grosse solive placée en travers sur les sommiers d'une travée qu'elle dépasse à l'endroit des lisses, et dans laquelle on a mortaisé les poteaux d'appui et les liens pour les entretenir.

Pied-droit. — Jambage d'une porte : c'est aussi dans un passage voûté, la partie comprise entre le sol et la naissance de la voûte.

Pieu. — Petit pilot,

Pilot. — Pièce de bois taillée en pointe par un des bouts et ordinairement ferrée, qu'on enfonce verticalement en terre, et qui s'emploie le plus ordinairement dans la construction des piles de ponts en bois, les estacades et dans les fondations.

Pilots de bordage. — Ceux qui circonscrivent le pilotage et qui portent les racinaux.

Pilots de remplage. — Ceux compris dans le bordage ou qui garnissent l'espace piloté.

Pilots de retenue — Ceux qui, placés en dehors des fondations, soutiennent un terrain peu consistant.

Pilots de support. — Ceux sur la tête desquels le grillage ou la plate-forme est posée.

Pilotage. — Ouvrage de fondation en pieux ou pilots sur lesquels on bâtit.

Piloter. — Enfoncer des pieux ou pilots.

Pilotis. — Synonyme de *pilot*.

Piquer. — Marquer une pièce de bois pour la façonner.

Planche. — Toute pièce de bois refendue qui n'excède pas 3 centimètres d'épaisseur.

Plancher. — Assemblage de pièces de bois placées horizontalement, servant à séparer les différents étages d'un bâtiment, et à en multiplier les surfaces (Voyez le chapitre VII).

Plancher de plate-forme. — Surface ou aire formée de madriers, et pratiquée au-dessus d'un espace garni de pilots pour recevoir les fondations; les pièces de bois plates qui forment le plancher sont arrêtées avec des chevilles de fer sur la tête des pieux.

Plate-forme de comble. — Pièces de bois plates, assemblées bout à bout, à queue d'aronde, et placées sur l'épaisseur des murs, pour recevoir, dans des *pas* taillés par embrèvement, les pieds des chevrons. Lorsque la plate-forme est double ou formée de deux pièces, celles-ci sont assemblées entre elles par des entre-toises.

Poinçon. — Pièce de bois debout ou verticale dans

laquelle sont assemblés le faite et les arbalétriers d'une ferme.

On nomme aussi *poinçon*, l'arbre vertical sur lequel une machine tourne ou s'appuie.

Pointal. — Toute pièce de bois qui, mise d'aplomb, sert à étayer une poutre ou toute autre pièce qui menace ruine.

Poitrail. — Grosse poutre horizontale reposant sur des pieds droits ou montants, destinée à porter un mur de face ou un pan de bois au-dessus d'une baie.

Pont. — Ouvrage en maçonnerie ou en bois, ou de pierre et de bois tout ensemble, composé d'une ou plusieurs arcades, façonné dans sa partie supérieure, comme un chemin, pour faciliter le passage d'une rivière.

Pont dormant. — Qui est fixe, immobile.

Pont à coulisse. — Qui se glisse en roulant sur des poulies.

Pont-levis. — Qui se lève avec des chaînes ou par tout autre moyen.

Pont-tournant. Qui se tourne sur un pivot.

Pont suspendu. — Construit par des chaînes ou des cordes, sans être appuyé sur aucune pile autre que les culées des deux extrémités.

Portée. — Longueur de toute pièce de bois entre deux appuis.

Porter. — Expression souvent usitée parmi les ouvriers; ainsi, on dit d'une pièce de bois qu'elle porte, lorsque, étant calée, elle ne peut chanceler : on dit aussi d'une poutre, d'une solive, etc., qu'elle porte *tant de long* et *de gros*, pour dire qu'elle a tant de longueur et de grosseur.

Porter à faux. — C'est lorsqu'une pièce porte en saillie, par encorbellement, ou sur un vide.

Poser. — Mettre une pièce en place.

Poser à cru. — Dresser sans fondation tout ce qui sert à soutenir quelque chose.

Poser de champ. — Mettre une pièce sur son côté le plus étroit.

Poser de plat. — Mettre une pièce sur son côté le plus large.

Poser en décharge. — Placer obliquement une pièce de bois pour arc-bouter.

Poteau. — Toute pièce de bois posée debout, quelles que soient ses dimensions.

Poteau cornier. — Maitresse pièce placée aux extrémités d'un pan de bois, ou à l'encoignure de deux, et dans laquelle s'assemblent les sablières de chaque étage.

Poteau de cloison. — Celui qui est assemblé à tenons et mortaises dans les sablières d'une cloison.

Poteau de décharge. — Celui qui est incliné en manière de guelle, qui est son synonyme.

Poteau de fond. — Celui monté de fond sur un autre.

Poteau de membrure. — Celui qui sert à porter de fond les poutres dans les cloisons.

Poteau de remplissage. — Celui qui sert à garnir un pan de bois.

Poteau d'huissierie. — Qui forme le côté d'une porte ou d'une fenêtre et soutient le linteau.

Poteau montant. — Pièce retenue à plomb par deux contre-fiches au-dessous du lit du pont de bois, et par deux décharges au-dessus du pavé ou du plancher, pour entretenir les lisses ou garde-fous.

Poteau (maître) (*Voyez Pièce de charpente*).

Poteau d'écurie. — Qui sert à séparer les places des chevaux dans les écuries.

Poteau de lucarne. — Qui forme le côté d'une lucarne et en supporte le chapeau.

Potelet. — Petit poteau; est employé dans les pans de bois, dans les fermes des combles et les échiffres des escaliers.

Potence. — Pièce de bois debout comme un pointal, couverte d'un chapeau ou semelle, et assemblée avec un ou deux liens, ou contre-fiches: elle se place sous le mi-

lieu d'une poutre qui a trop de portée, ou qui est éclatée.

Poutre. — Grande et grosse pièce de bois destinée à porter les solives d'un plancher.

Poutre armée. — Poutre fortifiée par des armatures.

Poutre feuillée. — Qui a des feuillures ou entailles, pour recevoir les bouts des solives.

Poutrelle. — Petite poutre.

Profil. — Section perpendiculaire faite au travers d'un bâtiment, d'une pièce de charpente, etc., servant à en faire connaître les divers contours et les dimensions. Le *profil* diffère de la *coupe*, en ce que, dans celle-ci, on projette aussi sur le plan coupant les parties non coupées qui se trouvent dans l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment, etc.; ce qui n'a pas lieu pour le profil, qui ne doit représenter que le contour proprement dit du corps que l'on considère.

Propriété. — Qualité, vertu des végétaux : ce qui appartient à une chose, la distingue.

Q

Qualité. — Ce qui fait qu'une chose est telle ou telle, bonne ou mauvaise.

Quartier tournant. — Partie d'un escalier où les marches font une révolution autour d'un angle quelconque.

Queue d'aronde (Voyez aux assemblages, chapitre IV, ou fig. 9 et 29, pl. II.)

R

Raboteur. — Compagnon charpentier qui pousse les moulures sur les bois apparents.

Racinal. — Pièce de bois méplate, boulonnée sur la tête des pieux pour recevoir les madriers, formant la plate-forme d'un grillage.

On préserve les racinaux de la détérioration causée par

l'humidité, en remplissant les intervalles au-dessous et entre les pilots, avec du charbon de bois.

Racinaux de grue. — Pièces de bois croisées, qui forment l'empattement ou le plancher sur lequel repose la grue.

Rampant. — Tout ce qui est incliné.

Rampe de chevron. — Inclinaison des chevrons d'un comble.

Ravalement. — Amaigrissement effectué à l'extérieur d'une pièce de bois, pour la rendre ce qu'elle doit être.

Ravaler. — Faire un ravalement.

Recéper. — Couper toutes les têtes des pièces d'un pilotage, pour les mettre de niveau.

Réduire un dessin. — En faire une copie en petit, en conservant les mêmes proportions.

Refendre. — Débiter de grosses pièces avec la scie pour en faire des solives, des chevrons ou des planches.

Refuite. — Excès de profondeur d'une mortaise ou d'un trou quelconque fait dans le bois pour recevoir une autre pièce.

Refus de mouton. — On dit battre un pieu jusqu'à refus de mouton, jusqu'à ce qu'il ne puisse pas entrer plus avant.

Repère. — Trait pour reconnaître les pièces d'un même assemblage.

Revêtir. — Synonyme de *peupler*.

S

Sablière. — Plate-forme étroite. Dans les pans de bois c'est une pièce horizontale destinée à recevoir les poteaux.

Sapines. — Pièces de sapin que l'on emploie pour dresser les échafaudages.

Sceller. — Synonyme d'*arrêter*.

Sciage. — Action de scier, ou travail du scieur.

Scier. — Refendre avec la scie.

Semelle. — Pièce de bois horizontale qui, dans les combles, sert quelquefois d'entrait, où repose un étaielement ou un chevalement, etc.

Solive. — Pièce de bois de 8 à 16 centimètres d'équarrissage (ou de brin) servant à former les planchers.

Soliveau. — Petite solive.

Sommier. — Grosse poutre.

Sous-faite. — Pièce d'un comble posée de niveau au-dessous du faite, et liée par des croix de Saint-André.

Sous-chevron. — On nomme ainsi, dans la charpente d'un dôme ou d'un comble cintré, une pièce de bois dans laquelle sont assemblés deux chevrons courbes.

Stéréotomie. — C'est l'art de trouver la figure des objets d'après le dessin qui les représente. Cet art est connu de ceux qui pratiquent la coupe des pierres et des bois, sous le nom d'*appareil* ou *art du trait*.

Surplomb. — Qui n'est pas d'aplomb, qui s'éloigne de la verticale.

T

Tailler. — Couper, retrancher avec la cognée, le ciseau.

Tampon. — Petit morceau de bois que l'on met pour boucher un trou.

Tandière. — Synonyme d'échasse ou perche, dont on se sert pour dresser les échafauds.

Tas. — C'est la place sur laquelle on raccorde, dans le bâtiment, une pièce que l'on pose. On dit : faire une mortaise, un tenon, un coupement, une entaille sur le tas.

Tasseaux. — Petits morceaux de bois carrés assemblés dans les arbalétriers pour porter les pannes, ou sur un pieu pour soutenir les moises; le tasseau équivaut à la chantignole.

Tenon. — L'extrémité d'une pièce diminuée d'une partie de son épaisseur, que l'on introduit dans la mortaise.

La partie en saillie sur le tenon s'appelle *épaulement*; lorsque la pièce est inclinée, il est coupé obliquement.

Tenon en about (Voyez aux assemblages et pl. II).

Tirant. — La même chose qu'entrait : il s'oppose à l'écartement des arbalétriers.

Toisé bout avant. — Ou devis estimatif (Vieux).

Tournisse. — Pièce qui, dans les pans de bois, sert à remplir les vides laissés par les décharges.

Trace. — On appelle *traces* d'un plan les droites suivant lesquelles un plan rencontre les plans de projection.

Tracer. — Tirer les lignes d'une épure, sur le papier ou sur une aire de maçonnerie ou de planches.

Trait (art du) (Voyez *Stéréotomie*).

Trait de Jupiter (Voyez aux Assemblages).

Trait de scie. — C'est le passage que fait la scie en coupant une pièce de bois.

Travée. — Espace compris entre deux piles de pont, deux solives d'enchevêtreure, deux poutres ou deux fermes de comble.

Traversine. — Espèce de solive qu'on entaille dans des pilots, dans le bois d'un grillage ou d'un radier d'écluse.

V

Veau. — Levée que l'on fait dans une pièce de bois avec la scie.

Voie. — Synonyme de *trait de scie*.

Voie (donner de la). — C'est incliner à droite et à gauche alternativement les dents d'une scie.

Volée. — Nom donné à un certain nombre de coups de mouton, qui se comptent en battant les pieux.

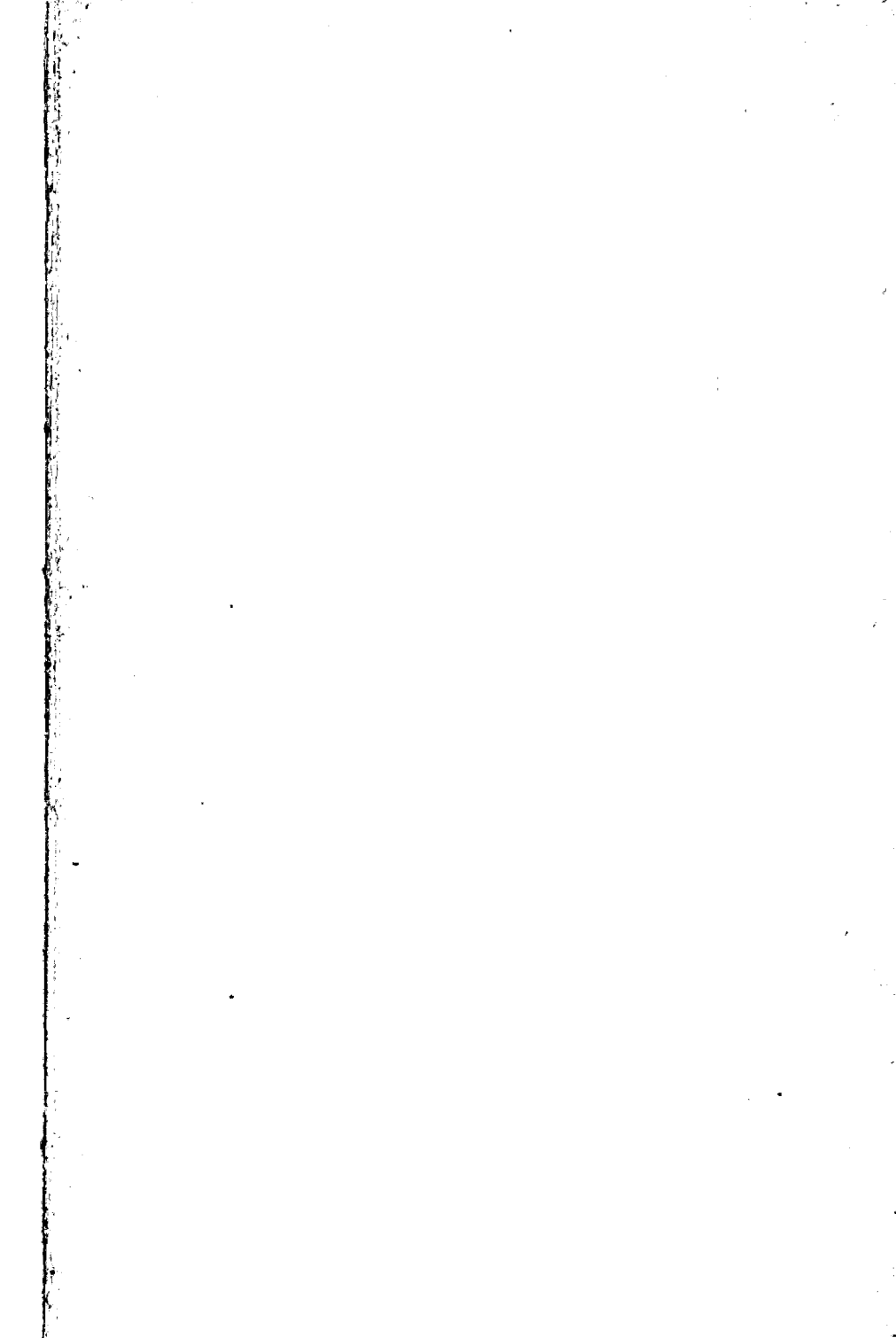


TABLE DES MATIÈRES

DU

TOME SECOND

	Pages
CHAPITRE V. — <i>Outillage</i>	1
I. Outils et instruments	2
II. Machines	19
CHAPITRE VI. — <i>Tracé des pièces</i>	31
I. Signes conventionnels, marques, lettres, chiffres, etc.	31
II. Manière de tracer les pièces de bois.	36
CHAPITRE VII. — <i>Planchers et pans en bois</i>	38
I. Planchers.	38
II. Pans de bois.	47
CHAPITRE VIII. — <i>Emploi du fer dans l'ensemble des constructions</i>	51
I. Considérations générales.	51
II. Planchers en fer.	53
III. Pans de fer	59
IV. Soutiens verticaux.	61
V. Poutres armées	62
VI. Semelles de fonte	68
<i>Charpentier. Tome II.</i>	26

VII. Linteaux et filets	70
VIII. Poutres en tôle	72
IX. Résistance des poutres métalliques	74
Formule de M. Périssé	74
Comparaison entre le fer et l'acier, par M. Gauthier	75
Observations du général Uchatius	76
CHAPITRE IX. — <i>Construction des escaliers</i>	79
CHAPITRE X. — <i>Construction des combles</i>	91
I. Combles en bois	91
Hauteur des combles	92
Combles formés de surfaces planes	97
II. Combles en fer	102
Armature en fer de M. Ainger	104
III. Combles en bois de formes diverses	110
Combles formant croupe	110
Croupe droite ayant les arêtiers, le poinçon, le coyer et le chevron de ferme dévoyés	113
Croupe biaise, empanon délardé et empanon déversé	118
IV. Fermes d'un usage fréquent dans les combles	127
Fermes surhaussées	128
Fermes en équerre	128
Fermes surbaissées	129
V. Combles brisés ou à la <i>Mansard</i>	132
VI. Combles à deux versants inégaux	137
VII. Combles pyramidaux ou à plusieurs pentes	142
VIII. Combles coniques	146
IX. Intersection des combles formés de surfaces planes; noues et noulets	150
X. Combles en dôme et à la Philibert Delorme	159
XI. Combles dont la base est un cercle ou une el- lipse	168

XII. Combles composés de surfaces courbes et dont la base est en ligne droite dans le sens de la pente.	175
XIII. Intersection des combles composés de surfaces courbes.	176
Règles générales.	176
Comble en dôme coupé par un mur droit	177
Comble conique droit, coupé par un mur à plomb.	178
Comble en dôme, rencontré par un comble à deux égouts.	179
Cône droit rencontré par un comble à surfaces planes formant croupe	181
Comble conique rencontré par un mur circulaire, tel que celui d'une tour ronde	184
Ouvertures pratiquées dans les combles.	185
CHAPITRE XI. — <i>Construction des hangars.</i>	187
I. Charpentes et hangars de grande dimension	187
Charpente du hangar du chantier de Rochefort.	187
Charpente de la salle Saint-Jean, à Paris	188
Charpente du marché Saint-Germain, à Paris.	188
Hangar en bois exécuté à Cherbourg.	189
II. Charpente d'arcs courbés sur leur plat	190
CHAPITRE XII. — <i>Construction des cintres.</i>	196
I. Cintres en bois	196
II. Charpentes en fer à grande portée.	201
Charpente des forges de Rosières	203
Charpente en fer du colonel Emy.	203
Charpente de la rotonde de l'ancien Panorama de Paris, par M. Hittorff.	211

CHAPITRE XIII. — <i>Echafaudages et étais</i>	213
I. Echafaudages	213
II. Etais et étaitements, étrésillons et étrésillon- nements	217
CHAPITRE XIV. — <i>Ponts en bois</i>	221
I. Notions de mécanique. Lois de l'équilibre	221
Principes déduits de la théorie des forces appliqués aux combles et aux ponts	225
II. Résistance des bois inclinés	230
III. Projet de pont	232
Palées	233
Travées et arches	235
Planchers et parapets	239
Largeur à donner au pont	240
CHAPITRE XV. — <i>Charpente des portes d'écluses</i>	241
CHAPITRE XVI. — <i>Charpenterie accessoire</i>	246
I. Constructions légères	246
Pavillons rustiques, kiosques, etc.	247
Mangeoires, râteliers, stalles pour che- vaux	248
Guérites	249
Portes et contrevents en madriers	249
Baraques pour logements de troupes	251
Pavage en bois	252
II. Ponts en cordages	254
Tarabites	254
Ponts de hamac	254
Ponts de cordes sur chevalets	255
Ponts avec châssis en bois, pour piétons	256
Ponts de cordes suspendus à des mâts	257

APPENDICE

CHAPITRE XVII. — <i>Exécution des assemblages.</i> . . .	239
I. Assemblage d'angle à tenon et mortaise . . .	239
Assemblage d'angle à mi-bois	260
Assemblage d'onglet	261
II. Assemblage d'onglet avec pigeon	262
III. Assemblage d'onglet avec clef	263
IV. Assemblage à tenon et mortaise avec encas- trement	263
V. Assemblage des pièces bout à bout	264
VI. Assemblage des pièces verticales	265
VII. Assemblage en croix	266
VIII. Assemblage à sifflet	266
IX. Assemblage à enfourchement	267
X. Assemblage à fourreau	267
CHAPITRE XVIII. — <i>Construction des planchers.</i> . . .	269
I. Emploi des lambourdes	269
II. Chevêtres et solives d'enchevêtrure	272
III. Assemblages des différentes pièces d'une enche- vêtrure	274
Assemblage du chevêtre avec la solive d'en- chevêtrure	274
Assemblage des solives courantes avec le chevêtre	275
IV. Disposition d'un plancher au-dessous des foyers. Trémie	277
V. Disposition des planchers mixtes en bois et fer	280
Planchers en bois avec enchevêtrures en fer au droit des cheminées	280
Autre disposition d'un plancher mixte	283
VI. Plancher en bois avec toutes les enchevêtru- res en fer	284

VII. Planchers en bois avec poutres et solives . . .	287
Plancher avec solives simplement posées sur les poutres	287
Plancher avec solives assemblées à la partie latérale et supérieure des poutres.	294
Plancher avec poutres logées tout entières dans l'épaisseur du plancher	293
VIII. Planchers avec points d'appui intermédiaires.	294
Appui intermédiaire simple	294
Appui intermédiaire avec sous-poutre.	296
Appui intermédiaire avec contre-fiches.	297
Appui intermédiaire avec sous-poutre et contre-fiches.	298
IX. Poteau avec chapeau en fonte.	299
Poteaux superposés.	300
Poteaux d'une seule pièce pour plusieurs étages.	302
X. Dimension des poutres.	304
XI. Charge des poteaux intermédiaires	304
Tableau donnant la section et les charges de sécurité dont on peut charger les po- teaux pour des longueurs de 1 à 8 mètres.	306
Tableau donnant les charges totales unifor- mément réparties, dont on peut charger les pièces de bois de certaines dimensions.	307
XII. Ferrements employés dans la construction des planchers	317
Queue de carpe	317
Boulon à plate-bande	318
Chevêtres	318
Tirants d'ancre	319
Etriers	320
CHAPITRE XIX. — <i>Etaisements</i>	322
I. Consolidation des berges d'une fouille. Batta- ries d'étais	323

II. Etrésillonnement des fouilles étroites, tranchées, etc.	327
III. Etalement des planchers	328
IV. Etalement des murs d'un édifice	330
V. Etalement des baies	332
VI. Soutènement des murs par chevalement.	333
CHAPITRE XX. — <i>Echafaudages fixes</i>	336
I. Exemple d'échafaudage fixe.	336
Autres exemples de contreventement transversal.	339
II. Echafaudage avec points d'appui sur la façade même en réparation	342
III. Porte-à-faux et poteaux additionnels	343
IV. Echafaudage sur contre-fiches	344
V. Echafaudage en bascule	346
VI. Echafaudages horizontaux. Echafaudages couverts	348
CHAPITRE XXI. — <i>Appareils de levage</i>	349
I. Chèvres.	349
Chèvre à trois pieds.	349
Chèvre à deux branches ou chèvre ordinaire.	351
Tréteau.	354
II. Pylones ou sapines	354
Sapine en madriers	355
Pylones isolés.	357
III. Chevalets des mines.	360
Pylone polygonal	364
IV. Grues.	364
Grue à volée variable	364
V. Charpentes roulantes	366
Treuil roulant à petite portée.	366
Charpente roulante à grande portée.	368

CHAPITRE XXII. — <i>Ponts et passerelles en bois.</i> . . .	372
I. Culées en bois.	373
Culée en bois dans un terrain consistant. . .	373
Culée en bois dans un terrain de remblai . .	374
Culée en bois au-dessus du sol	376
Culées perdues	377
II. Points d'appui intermédiaires ou palées . . .	378
Palée de l'île Saint-Louis, à Paris.	380
III. Tabliers des ponts en bois	381
IV. Passerelle pour piétons de 4 mètres de por- tée	381
V. Passerelle avec sous-poutre.	383
VI. Pont avec contre-fiches.	385
CHAPITRE XXIII. — <i>Série des prix pour les tra- vaux de charpente.</i>	390
VOCABULAIRE.	421

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

