

TRAITÉ  
THÉORIQUE ET PRATIQUE  
DE  
**L'ART DE BATIR**

---

SUPPLÉMENT

---

TOME I



TRAITÉ  
THÉORIQUE ET PRATIQUE  
DE  
L'ART DE BATIR

DE JEAN RONDELET  
ARCHITECTE, MEMBRE DE L'INSTITUT

---

SUPPLÉMENT  
PAR G. ABEL BLOUET

ARCHITECTE DU GOUVERNEMENT  
ANCIEN PENSIONNAIRE DE L'ACADÉMIE DE FRANCE A ROME, MEMBRE DU CONSEIL GÉNÉRAL  
DES BATIMENTS CIVILS, INSPECTEUR GÉNÉRAL DES BATIMENTS DES PRISONS  
PROFESSEUR DE THÉORIE D'ARCHITECTURE A L'ÉCOLE  
DES BEAUX-ARTS.

---

TOME PREMIER



PARIS

LIBRAIRIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES, FILS ET C<sup>IE</sup>

IMPRIMEURS DE L'INSTITUT, RUE JACOB, 56

1868



## AVIS AU LECTEUR.

La table générale qui se trouve à la fin du tome second du Supplément indique tous les sujets traités dans l'ouvrage, et les divers passages auxquels on doit recourir pour les bien connaître.

Une table particulière détaillée se trouve à la fin de chaque tome.

En tête de chaque planche sont indiqués le tome et la première page du texte qui s'y rapportent.

Les chiffres entre parenthèses qui accompagnent chaque figure indiquent la page du même tome qui en donne l'explication.

Le tome second du Supplément est uniquement consacré à l'examen théorique, au point de vue de l'art, de toutes les questions traitées dans l'ouvrage.



L'ouvrage le plus complet qui eût encore paru sur l'architecture, considérée dans sa partie scientifique et matérielle, fut sans contredit le *Traité théorique et pratique de l'Art de bâtir*, par Rondelet. A son apparition il reçut l'accueil qui appartient à toute œuvre d'un mérite éminent; et depuis il fut recherché avec empressement par tous ceux qui s'occupent d'architecture. C'est le témoignage le plus incontestable de son mérite et de son utilité : il est en effet le véritable guide, le guide indispensable du constructeur.

Rondelet fut le seul, parmi les architectes possédant les connaissances théoriques et pratiques de l'art, qui voulut bien s'imposer cette tâche de consacrer une grande partie de sa vie aux laborieuses recherches et aux voyages nécessaires pour recueillir les matériaux indispensables à un travail de cette importance, et à les coordonner pour en former un tout complet.

Cet ouvrage remarquable renferme des notions très-étendues sur la nature et les différentes qualités des matériaux usités dans la construction. Il traite de la construction en pierres de taille, de la maçonnerie, de la charpente, de la menuiserie, de la serrurerie et de la couverture; il renferme, en outre, la théorie scientifique des constructions et les principes

sur lesquels sont basées l'évaluation et la comptabilité des travaux; c'est, en un mot, le recueil général des connaissances théoriques et pratiques exigibles pour la bonne exécution des œuvres d'architecture, et sans le secours desquelles on ne peut éviter les nombreux écueils que rencontre chaque jour l'aveugle routine.

Cependant, tout en rendant à cet ouvrage la justice qu'il mérite par son importance et sa supériorité, et quoiqu'il puisse paraître inutile d'y rien ajouter, on ne peut disconvenir que depuis sa publication l'art de bâtir n'ait fait des progrès; que des expériences nombreuses, que des constructions considérables n'aient fourni de nouveaux éléments d'étude et de nouveaux exemples. Ces derniers, hâtons-nous de le dire, au lieu de s'éloigner des préceptes de notre auteur, sont au contraire venus les corroborer, car ils ne sont que le développement naturel des principes qu'il a si habilement posés et que le temps a développés et mûris.

Rajeunir cette œuvre en y joignant, pour notre époque, de nouveaux exemples, c'est lui faire représenter l'art actuel; et en y ajoutant un supplément c'est rendre un nouvel hommage à son auteur.

Tout en nous imposant de rester en tout point fidèle à l'ordre adopté par Rondelet, nous avons choisi et classé les exemples nombreux qui composent notre Supplément, de manière à former, autant que possible, une suite de principes élémentaires de construction dans tous les genres et d'une application

usuelle, plutôt que de les rechercher dans les difficultés exceptionnelles dont l'application est rare et qu'on doit toujours s'efforcer d'éviter, puisque les difficultés de construction, vicieuses en elles-mêmes, ne sont souvent que le résultat de mauvaises combinaisons.

Les exemples que nous avons réunis dans notre Supplément sont pris dans les constructions en pierres de taille, dans celles en maçonnerie, dans la charpente, la menuiserie, la serrurerie et la couverture; quelques-uns ont rapport à la construction des chemins de fer, et remplissent une lacune de l'ouvrage de Rondelet, lacune inévitable à une époque où ce genre de communication n'était encore qu'à l'état d'enfance.

L'industrie du fer, qui depuis lors a pris un développement assez considérable pour que cette matière puisse être en quelque sorte envisagée comme un élément nouveau de construction, nous a fourni des exemples qu'il était nécessaire de joindre à ceux donnés par Rondelet, puisque le métal qui y est employé semble, par l'influence de ses propriétés spéciales, devoir amener une révolution dans l'art de bâtir.

Ce que nous avons fait pour les chemins de fer et en général pour les constructions où le fer domine, nous l'avons également fait pour les autres branches de l'art dans lesquelles nous avons trouvé quelque nouvelle pratique à faire connaître, ou quelque lacune à remplir; donnant toujours, à de rares exceptions près, des exemples déjà mis à exécution et qui ont subi l'épreuve du temps.

Ce qu'on doit s'efforcer de comprendre en étudiant ces exemples, c'est l'esprit qui a présidé à leur conception, ce sont les circonstances dans lesquelles ils ont été appliqués, afin d'en tirer les leçons qu'ils renferment sous ces divers rapports, et d'apprendre à ne les employer que dans des circonstances analogues : chaque chose en construction a sa raison et son motif et tel parti, bon pour un cas peut être insuffisant, dangereux même pour un autre.

Frappé, comme tous ceux qui ont consulté l'ouvrage de Rondelet, de la difficulté qu'on éprouve lorsqu'on a des recherches à y faire, nous avons pensé qu'il serait très-utile et qu'on nous saurait gré d'avoir évité dans notre Supplément cet inconvénient grave; nous avons obtenu cet avantage au moyen de notes et de renvois qui en rendent l'usage facile.

Sous le titre modeste *De l'art de bâtir*, on ne s'attend à trouver que la science et la pratique de la construction dépouillées de toute considération d'art proprement dit. Il ne peut échapper cependant, à ceux qui connaissent l'ouvrage de Rondelet, que des notions théoriques qui lient la science et l'art s'y rencontrent fréquemment, et que tout en traitant de la construction il nous donne aussi des leçons d'architecture. C'est que notre auteur sentait, comme chacun le reconnaît de nos jours, que l'étude de l'architecture doit se rattacher à celle de la construction, qui en est la partie positive, matérielle : l'architecture, c'est la construction; la construction, c'est l'architecture; elles sont inséparables, et quiconque voudrait étu-

dier l'une sans l'autre n'arriverait jamais qu'à être un mauvais architecte ou un mauvais constructeur.

La meilleure construction est celle qui est faite dans le but de produire un monument d'art bien et sagement ordonné; et la meilleure architecture, celle qui résulte des plus simples et des plus sages combinaisons de la construction. Si Rondelet n'est pas entré profondément dans ces idées, si ses observations théoriques sont trop renfermées dans les limites tracées par le titre de son ouvrage, on le retrouve cependant souvent imbu de ce principe, que nous regrettons qu'il n'ait pas développé davantage.

C'est ce regret qui nous a suggéré l'idée d'ajouter à notre Supplément une nouvelle partie qui, en sortant du cadre de l'œuvre primitive, nous a semblé devoir en être le complément nécessaire. Cette partie, qui seule est aussi considérable que notre supplément d'exemples, est un examen analytique de tout l'ouvrage, au point de vue de l'art; on y trouve exposés les principes théoriques de l'architecture qui peuvent se déduire des divers points de la construction traités dans *l'Art de bâtir*.

Dans cette partie de notre travail, où nous examinons tous les éléments de la construction, tant sous le rapport de la matière que sous celui de la forme qu'on lui donne, notre but a été de faire voir quelle influence l'emploi des différents matériaux et leurs combinaisons peuvent avoir sur les formes architecturales, et de faire passer dans l'esprit

de nos lecteurs cette conviction dont nous sommes profondément pénétré, que c'est par l'étude de la construction qu'on doit arriver à posséder la connaissance de l'architecture; que le meilleur emploi des matériaux produit les meilleures formes; que les formes qui, répondant le mieux au besoin, résultent de l'application des meilleurs moyens de construction sont aussi celles qui impriment à l'édifice qu'elles constituent le caractère qui lui convient le mieux, et qu'elles sont conséquemment les plus favorables à sa décoration.

Les principes que nous avons exposés dans cette seconde partie de notre Supplément sont tous déduits de la construction. Nous y avons eu pour objet principal de rappeler l'attention vers les théories qui ont servi de guides aux grands architectes, à toutes les époques où l'architecture a été en honneur et a produit ses plus belles œuvres. En dirigeant tous nos efforts vers ce but, nous avons fait ce qui dépendait de nous pour l'atteindre. Nous nous estimerons heureux si nous n'en sommes pas resté trop loin, et si nous avons fait quelque chose qui puisse être toléré à côté du grand édifice auquel nous avons osé ajouter une pierre\*.

---

\* C'est un devoir, en même temps qu'un véritable plaisir pour nous, de faire connaître, à ceux qui prendront quelque intérêt à cet ouvrage, que nous devons à M. Vérel, notre ancien élève, de nous avoir aidé dans son exécution avec le zèle intelligent dont il ne cesse de nous donner chaque jour de nouvelles preuves.

# SUPPLÉMENT AU TRAITÉ

DE

# L'ART DE BATIR.

---

CONSTRUCTION EN PIERRES DE TAILLE.

---

DE L'APPAREIL DES CONSTRUCTIONS ANTIQUES.

(Voir Rondelet, tome II, page 1.)

Quoique l'antiquité ait été l'objet de nombreuses méditations, et bien que Rondelet lui-même ait examiné, dans son *Traité de l'Art de bâtir*, les divers modes de construction d'où dérivent les connaissances actuelles sur cet art, nous pensons qu'il ne peut être inutile de remonter encore à cette source pure et féconde, pour y puiser l'esprit de vérité naïve dont sont empreintes les œuvres de ces temps reculés.

Nous n'insisterons point ici sur l'excellence des préceptes d'art dont les anciens nous ont dotés, nous réservant de présenter, à la suite de ces exemples supplémentaires, quelques considérations sur l'architecture en général. Admettant présentement, par hypothèse (ce qu'il nous sera facile de démontrer plus tard), que dans l'origine on n'a su répondre au besoin que par la raison, nous allons passer en revue quelques exemples qui suffiront, ce nous semble, pour prouver que cette vérité, ressortant de la conception des édifices dans leur ensemble, réside aussi dans les détails de construction à l'aide desquels ils ont été formés.

Dans les pays couverts de forêts, le premier élément mis en œuvre a dû être, et a été indubitablement, le bois (1). Dans les pays découverts, c'est au rocher qu'on a eu recours; et à son défaut, la molle ar-

(1) Rondelet, tome III, p. 1.

gile, après avoir reçu la préparation nécessaire, s'est élevée en murailles solides et durables (1).

N'ayant à considérer, en ce moment, que l'emploi de la pierre, nous allons faire voir, par quelques indications, que tous les genres d'appareil ont été dictés par la simple nature. Si les monuments de l'Égypte sont formés de pierres d'une grandeur considérable et disposées par rangs d'assises régulières, c'est que le sol les produisait ainsi ; si les Grecs, au contraire, ont commencé à construire les murs en pierres, en adoptant l'appareil dit cyclopéen, c'est que, ayant trouvé les pierres sous la forme polygonale, et formant, par la coïncidence de leurs faces, une masse unique, ils n'ont rien vu de plus convenable que de se borner à régulariser ces faces pour la satisfaction des yeux et la plus grande solidité du résultat, évitant par ce moyen un travail long et pénible.

Ainsi, cette construction, considérée comme grossière, est aussi rationnelle dans son principe que les belles constructions en appareil rectangulaire, aussi employées par les anciens, suivant la nature des gisements, et dont nous ne voulons plus nous départir aujourd'hui, sans doute par cette raison que ces constructions irrégulières ont été attribuées à une époque primitive. Plusieurs auteurs ont voulu assigner un terme à la période durant laquelle ce genre de construction fut en usage : nous ne pouvons nous ranger à cette opinion, nous qui avons vu, lorsque nous étions en Morée, des maçons employer cette méthode, et cela d'une manière tellement identique avec celle des constructions primitives, que si ce n'eût été l'aspect dont le temps décore la pierre, on se fût trouvé dans l'impossibilité de distinguer les nouvelles d'avec les anciennes. Il est toutefois possible et nous croyons en effet que ce genre d'appareil a été plus fréquemment employé dans les premiers temps de la Grèce qu'à l'époque de sa splendeur et qu'il ne l'est maintenant ; mais, au lieu d'attribuer ce système de construction à la barbarie, ne serait-il pas plus naturel d'en chercher la cause dans la nature même de la surface des gisements non encore exploités, et qui plus tard offrirent à l'art, développé par la civilisation, les beaux matériaux que des besoins naissants avaient débarrassés de leur grossière enveloppe ?

Dans tous les cas, que cette supposition soit admise ou non, toujours

(1) Rondelet, tome I, p. 94.

est-il que ce genre d'appareil n'a pas été complètement abandonné lors de l'introduction de l'appareil rectangulaire, puisque nous donnons dans la planche I un exemple de la superposition d'une construction d'appareil cyclopéen à une construction d'appareil rectangulaire.

Pl. 4.

*Appareil mixte.*

La fig. 1 représente un fragment de mur de la partie nord de l'hippodrome du mont Diaforti (Lycée).

Ce mur est en contre-bas du sol ; il est construit en pierres calcaires, et très-bien appareillé. Les assises inférieures sont régulières ; les joints y sont accusés par des refends. Au-dessus de ces assises, la construction a l'irrégularité des constructions dites cyclopéennes, et est évidemment postérieure à la construction rectangulaire.

La fig. 2 est l'élévation d'un mur de Messène, dont la partie supérieure, ainsi qu'on le voit par la figure, est revêtue de bossages arrondis, établis sur un soubassement dont les assises sont à parements plats. On peut croire, si l'on en juge d'après la beauté des matériaux et le fini du travail, que cette construction a servi de base à l'un des principaux monuments de la ville.

La fig. 3 est le plan d'un angle de ce mur.

*Pierres posées en décharge.*

La fig. 4 est une vue perspective d'une grotte en granit de construction cyclopéenne de l'île de Délos ; elle se trouve sur le penchant du mont Cynthus, au couchant et presque au sommet de l'Acropole.

La largeur de l'espace à couvrir, la charge à supporter, et les dimensions des matériaux, n'ont pas permis l'application du plafond primitif ; il est remplacé par deux rangs de pierres posées en décharge : c'est bien encore le plafond, mais à deux pentes, et dans lequel le poids à supporter n'exerce plus son action perpendiculairement à la surface et dans le sens le plus faible de la pierre, mais obliquement, et de manière à y rencontrer une plus grande résistance. Si cette décomposition de la pesanteur est avantageuse au plafond sur lequel elle s'exerce immédiatement, il n'en est pas ainsi pour les pieds-droits qui le supportent. Avec le plafond horizontal ils n'avaient qu'à offrir une

résistance verticale, et la solidité résidait tout entière dans la résistance des matériaux et dans celle du sol qui les recevait; enfin, dans la verticale suivant laquelle ils étaient établis, et dont aucune force ne les sollicitait à sortir. On obtenait donc ainsi, avec une quantité donnée de matière, la maximum de la résistance.

Avec le plafond brisé, les pieds-droits, outre la résistance verticale, doivent encore en avoir une latérale pour faire équilibre à la poussée qui tend à leur faire perdre l'aplomb, hors duquel la résistance à la force centripète va s'amointrissant; tandis que, au contraire, l'action de ces deux forces, qui se prêtent un mutuel secours pour accomplir l'œuvre de la destruction, s'accroît, et accélère le mouvement qui précipite ces pieds-droits vers leur chute. Parmi les exemples de ce mode de construction, nous citerons l'entrée de la grande pyramide (1).

En général, nous pensons qu'on peut établir en principe :

1° Que la plus grande force réside dans la simplicité des moyens mis en œuvre pour l'obtenir;

2° Que l'insuffisance de la matière sous le rapport de la résistance et des dimensions les complique nécessairement; ce qui n'a lieu qu'aux dépens de la force. L'intelligence y supplée, il est vrai, par des combinaisons plus ou moins ingénieuses; mais elle ne le fait jamais qu'approximativement. Il en résulte que l'on ne doit s'écarter de la simplicité des combinaisons qu'en résistant pied à pied à des nécessités impérieuses.

#### *Pierres posées en encorbellement.*

La fig. 5 est la porte de l'entrée de la chambre souterraine vulgairement appelée tombeau d'Agamemnon ou trésor des Atrides, à Mycènes.

Cette ouverture est déterminée par deux jambages et un linteau. Comme dans les constructions primitives, la charge supérieure se reporte sur les jambages, au moyen des encorbellements formant les deux côtés du vide triangulaire; mais le linteau, se trouvant dans une position où il eût eu à supporter une charge au-dessus de sa résistance, n'est plus là, en quelque sorte, que pour reproduire une forme consa-

(1) Voir Rondelet, pl. IX, fig. 4.

crée par l'usage ; et comme il n'a dans ce cas d'autre objet que de satisfaire la vue, il ne porte plus qu'une décoration ; témoin le linteau de la porte des Lions de Mycènes, qui n'est chargé que du poids d'un bas-relief triangulaire représentant deux de ces animaux. L'ouverture triangulaire que l'on voit fig. 5 était sans doute jadis fermée aussi par quelque pierre ornée. Sous l'empire d'une nécessité imposée par le besoin et la petitesse des matériaux, les Grecs n'abandonnaient point le linteau ; cependant ils cherchaient déjà la voûte : ils en ont trouvé la forme, comme on le voit par la coupe du trésor d'Atrée représenté dans l'ouvrage de Rondelet, pl. IX, fig 1 ; mais l'appareil paraît leur en être resté inconnu, et cette voûte est construite par assises horizontales, posées aussi en encorbellement les unes sur les autres.

Dans la fig. 6, qui représente la porte d'un escalier montant aux gradins du théâtre de Messène, on retrouve la même construction de l'ouverture, avec cette différence que le linteau n'existe point ; en sorte que le vide triangulaire qui couronne la baie fait lui-même partie de l'ouverture. (*Lire Rondelet, tome II, page 13.*)

## DE LA POSE.

(*Voir Rondelet, tome II, page 23.*)

*Précautions prises pour la pose des pierres dans l'antiquité.*

Comme complément aux détails donnés par Rondelet, pl. XIII, fig. 11, 12, 13 et 14, sur divers modes de pose en usage dans l'antiquité, nous ajoutons ceux contenus dans la pl. II.

La fig. 1 représente le chapiteau d'une des colonnes de l'intérieur du temple de Jupiter Panhellénien, sur l'île d'Égine ;

La fig. 2 en est un plan supérieur ;

La fig. 3 en est la coupe suivant A B, fig. 2 ; on y voit la forme des évidements ménagés pour faciliter l'opération du levage et de la pose, et pour qu'elle puisse s'effectuer sans que les arêtes de la pierre soient endommagées.

Les fig. 4, 5 et 6 représentent, en plan et en élévation, la frise du pronaos du temple d'Apollon Épicurius, à Bassæ ; les triglyphes représentés par les fig. 4 et 5 sont en pierre, et les métopes fig. 6, qui s'encas-

traient, comme on le voit, dans les évidements ménagés entre les triglyphes, sont en marbre.

Les fig. 7, 8 et 9 sont des détails des plates-bandes qui supportaient les bouts des poutres en pierre dans la largeur des portiques latéraux, entre l'ante d'angle de la cella et l'intérieur de la corniche du portique extérieur.

La fig. 10 est un fragment d'une des assises qui recevaient les compartiments des plafonds.

La fig. 11 est le détail du morceau d'angle de la corniche extérieure, avec les évidements ménagés dans les joints pour passer les cordages qui servaient à la pose des pierres.

La fig. 12 est un fragment de l'architrave de l'ordre ionique intérieur.

La fig. 13 est un morceau de larmier formant le sommet du fronton; des évidements y sont aussi ménagés dans les joints pour le levage et la pose.

On voit par les fig. 10 et 12 les irrégularités pratiquées sur les faces de joint des pierres, pour y faciliter l'adhérence du mortier. (*Lire Rondelet, tome II, page 34.*)

NOUVELLE MÉTHODE POUR L'APPAREIL DES MASSIFS DE REVÊTEMENT  
EN PIERRES DE TAILLE.

(*Voir Rondelet, Tome II, page 19.*)

*Soubassement de la halle des marchands poissonniers  
(Fishmongers' hall).*

La construction du nouveau pont de Londres et de ses abords a nécessité la démolition de la halle de la corporation des marchands de poisson, qui avait été réédifiée sur les dessins de sir Christopher Wren, après sa destruction par l'incendie de la Cité en 1666.

Pl. 5. Un remblai considérable a été élevé pour la construction de la nouvelle halle; il est protégé contre l'action des eaux de la Tamise par le mur représenté par des plans et des coupes dans la planche III; ces dessins, très-détaillés, suffisent seuls à l'intelligence de sa construction.

La fig. 1 est le plan de ce mur revêtu en granit, comme on le voit en A; BB sont les contre-forts; C, l'un d'eux, sert à l'écoulement des eaux. La ligne D représente les différents niveaux de la base du mur.

La fig. 2 est une coupe d'un des contre-forts B, fig. 1, suivant son axe; A est le revêtement en granit du mur, B le contre-fort; la ligne C détermine l'épaisseur du mur.

La fig. 3 est une coupe transversale du même contre-fort suivant la ligne DE, fig. 2.

Les fig. 4 et 5 sont deux coupes suivant EF et GH, fig. 1.

*Entrée du tunnel de Kilsby, chemin de fer de Londres à Birmingham.*

La fig. 1 de la planche IV est l'élévation de la moitié de l'entrée et d'un des murs en aile (wing walls) du tunnel de Kilsby, qui a été le travail le plus difficile qui se soit rencontré dans l'exécution du chemin de fer de Londres à Birmingham.

Pl. 4.

La fig. 2 est une coupe longitudinale de l'entrée du tunnel. A est un des huit tirants en fer de 100 pieds de longueur (30<sup>m</sup>48), qui augmentent la résistance à la poussée, en rendant solidaire de cette résistance une égale longueur de voûte. Ces tirants sont situés de chaque côté entre le deuxième et le troisième claveau, considérant la clef comme le premier, entre le quatrième et le cinquième, entre le septième et le huitième, et entre le dixième et le onzième.

La fig. 3 représente un des claveaux dans lesquels est fixée l'extrémité d'un des tirants. A est la face de ce claveau; B en est le profil. L'extrémité opposée des tirants s'arrête sur une semelle en fonte, qui descend dans l'épaisseur de la voûte jusqu'à l'intrados; cette semelle est représentée fig. 4; A en est une face, B une coupe suivant son axe.

La fig. 5 représente en A la face et le profil d'un des assemblages des tirants, et en B les mêmes projections de l'extrémité en queue d'aronde fixée par scellement dans les claveaux de tête.

La fig. 6 est le plan d'une partie de la face de l'entrée du tunnel et d'un des murs en aile. En A est la route d'Ashley Saint-Legers à Watford; elle traverse, comme on voit, la ligne du chemin de fer près de l'entrée du tunnel.

La fig. 7 représente en A et B le plan et l'élévation d'un des murs en aile, cette dernière projetée sur un plan qui lui est parallèle.

Les fig. 8, 9, 10, 11, 12 sont les coupes de ce mur suivant les lignes C, D, E, F, G.

La fig. 12 est une coupe transversale du tunnel.

*Tranchée de Blisworth. Chemin de fer de Londres à Birmingham.*

Les planches V et VI renferment des détails de cette tranchée, pratiquée dans un terrain dont la partie supérieure est occupée par un roc qui repose sur un banc d'une grande épaisseur, de terre glaise sèche partout, sauf à la couche supérieure.

Pl. 5. La fig. 1 de la pl. V est une coupe transversale de cette tranchée, dans une partie où les couches de glaise s'élèvent à une hauteur de 6<sup>m</sup>70 au-dessus du fond.

D'un côté, la coupe est faite entre deux contre-forts; de l'autre, suivant l'axe de l'un d'eux.

Les désignations suivantes indiquent dans cette même figure les fonctions des diverses parties :

A B Coupe transversale du contre-fort ;

C D Coupe transversale de la moitié de l'arc ;

E F Coupe transversale du mur de soutènement ;

G Coupe transversale d'une conduite d'eau au milieu de la tranchée ;

I K Canal d'écoulement des eaux de derrière le mur ;

L M Coupe du pavage entre les contre-forts.

Les figures 2 et 3 représentent en élévation et en plan les murs de soutènement et les contre-forts.

*Désignation de la figure 2.*

A B Plan du contre-fort.

C D Plan de l'arc renversé.

E F Plan du mur de soutènement.

G H Plan du conduit central.

*a.* Conduits latéraux qui communiquent au conduit central au moyen des conduits transversaux *b.*

I K Conduit traversant le mur, et communiquant avec les conduits latéraux *a* par des conduits de descente *c*, pratiqués dans la face du mur.

L M Plan du pavage entre les contre-forts.

Les arcs renversés ont une corde invariable de 27 pieds anglais (8<sup>m</sup>23) et une flèche de 3 pieds 3 pouces (0<sup>m</sup>99); ils sont décrits d'un rayon de 29 pieds 8 pouces (9<sup>m</sup>04). La rencontre de ces arcs avec la face des contre-forts est partout au niveau de la surface des rails.

La face des contre-forts dans la coupe transversale est une courbe circulaire décrite avec un rayon de 106 pieds (32<sup>m</sup>31) perpendicu-

laire à la face du rocher, à la hauteur du sommet des contre-forts; en sorte que cette face est tangente à la courbe.

La face postérieure des contre-forts est inclinée extérieurement de  $\frac{3}{4}$  de pouce (0<sup>m</sup>18) pour une hauteur de 1 pied (0<sup>m</sup>30). L'inclinaison des côtés de ces mêmes contre-forts est de 1 de base pour 20 de hauteur, ou de  $\frac{1}{20}$ .

L'inclinaison de la face postérieure du mur de soutènement est la même que celle des contre-forts; et celle de leur face antérieure est de deux pouces par pied de hauteur.

A 1 pied (0<sup>m</sup>30) au-dessous de la couche humide se trouve un conduit de 1 pied (0<sup>m</sup>30) de profondeur et de 6 pouces (0<sup>m</sup>15) de largeur pour l'écoulement des eaux.

Les arcs ayant une largeur constante au niveau de la surface des rails, et la face des contre-forts ayant une courbure uniforme résultant de l'inclinaison du rocher à sa jonction avec le sommet du contre-fort, la largeur entre les sommets de deux contre-forts quelconques dépend de la distance de la face inférieure du roc au fond de la tranchée. La largeur dudit contre-fort étant invariablement de 4 pieds (1<sup>m</sup>22) au sommet, en élévation, la même circonstance affecte aussi leur largeur à leur jonction avec les arcs. L'épaisseur des murs de soutènement et celle des contre-forts est aussi subordonnée à l'augmentation ou à la diminution de la distance du roc à la surface du chemin. Ainsi, dans la fig. 2, où le roc est à 22 pieds (6<sup>m</sup>70) au-dessus du fond de la tranchée, la largeur entre le haut des contre-forts est de 41 pieds 6 pouces (12<sup>m</sup>65); tandis que dans les parties où cette hauteur est de 14 pieds (4<sup>m</sup>27) la largeur est de 34 pieds 2 pouces (10<sup>m</sup>87).

Dans les parties de la tranchée où le roc est élevé de moins de 14 pieds (4<sup>m</sup>27), fig. 4 et 5, les arcs renversés qui supportent les contre-forts sont supprimés, et remplacés sous chaque contre-fort par quatre assises de fondation, et par trois lorsque cette hauteur n'excède pas 10 pieds (3<sup>m</sup>05). En outre, lorsque la hauteur des terres est de 10 pieds (3<sup>m</sup>05) au-dessus du fond de la tranchée, les fondations des contre-forts sont de 3 pieds 3 pouces (0<sup>m</sup>99) au-dessous, profondeur qui diminue à mesure que le rocher s'approche du fond, jusqu'à ce qu'il le rencontre.

Dans les parties où il n'y a pas d'arcs (à toutes les profondeurs moindres que 14 pieds) (4<sup>m</sup>27), la distance entre les sommets des

contre-forts, et conséquemment la largeur de la tranchée elle-même en ce point est uniformément de 34 pieds 2 pouces (10<sup>m</sup>41). Les faces des contre-forts et des murs de soutènement étant déterminées dans ce cas comme lorsque les arcs existent, et la largeur au sommet des contre-forts étant constante, la largeur de la coupe transversale au niveau des rails dépend de la profondeur des couches sous le rocher, comme on le voit par les fig. 4 et 5. On conçoit que par ce moyen la coupe transversale au sommet du soutènement approche graduellement, en largeur et en forme, de la forme ordinaire de la tranchée dans le roc.

Pl. 6. A l'extrémité N. O. de la tranchée, représentée en coupe transversale, plan et coupe longitudinale, par les fig. 1, 2, 3 de la planche VI, le mur de soutènement se termine par un contre-fort; et à 38 pieds N. O. du contre-fort en B, la tranchée, comme il a été dit, a un talus uniforme de deux de base par unité de hauteur.

Entre les points C et B, la forme de la tranchée est déterminée par des lignes droites menées parallèlement à la surface des rails, en s'appuyant sur les lignes C et B. Dans cette étendue (de C à B), les couches de terre sous le roc ont un parement de maçonnerie (commençant à C et finissant à B), comme on le voit dans les fig. 1, 2 et 3. La face postérieure de ce mur de soutènement est déterminée, comme celle antérieure, par des lignes droites s'appuyant en C sur l'arête postérieure du contre-fort, et en B sur la ligne du fond du revêtement, diminuant ainsi régulièrement d'épaisseur de C à B. (*Lire Rondelet, tome II, page 23.*)

---

## STÉRÉOTOMIE.

### PLATES-BANDES ET PLAFONDS NON APPAREILLÉS.

(*Voir Rondelet, tome II, page 109.*)

#### *Combles des temples grecs.*

Pl. 7. La vue perspective donnée dans la pl. VII, fig. 1, ainsi que les autres figures de cette même planche, peut, mieux qu'aucune explication, faire connaître les éléments constitutifs des combles des temples

grecs, et donner l'intelligence du mode de construction qui y était appliqué : cette figure représente la couverture et les plafonds des propylées d'Éleusis.

Les fig. 2, 3, 4 et 5 sont des détails tirés du temple de Diane Propylée, à Éleusis.

La fig. 2 est une coupe de l'entablement de la façade. Les deux assises *a* et *b*, adossées à l'architrave et à la frise, sont données de restauration. Les deux premiers rangs de tuiles de chaque extrémité de la couverture étaient taillés dans les pierres formant la corniche du fronton.

La fig. 3 est une coupe du comble, faite sur le portique, et dans laquelle la charpente est supposée.

La fig. 4 représente, en A, la surface supérieure d'une des tuiles plates; en B, la surface inférieure de la même tuile, avec les entailles faites dans la partie formant recouvrement sur la tuile inférieure.

La fig. 5 représente, en A et B, l'élévation et le profil de l'extrémité inférieure d'une des tuiles de recouvrement.

*Plafonds du temple d'Apollon à Phygalie.*

La fig. 1 de la pl. VIII est le plan restauré de la moitié du temple, avec indication des plafonds comme ils pouvaient être d'après leur caractère et leur dimension.

Pl. 8.

La fig. 2 est un plan des caissons en pierre des portiques latéraux; la fig. 3 en est la coupe sur A B.

La fig. 4 est un fragment des caissons du naos où devait être la statue, représenté en plan; la fig. 5 en est une coupe sur C D.

La fig. 6 est le plan d'une partie des caissons en marbre qui formaient les plafonds des renforcements entre les colonnes ioniques du naos; la fig. 7 en est la coupe sur E F.

La fig. 8 est le plan d'une partie de caissons en pierre des portiques antérieur et postérieur.

La fig. 9 en est la coupe sur G H.

La fig. 10 représente en plan les caissons en marbre du pronaos.

La fig. 11 en est une coupe sur I J.

La fig. 12 est le plan d'une partie des caissons en marbre de l'opisthodomé; la fig. 13 en est une coupe sur K L. (*Lire Rondelet, tome II, page 114.*)

## DES VOUTES D'ARÊTE.

(Voir Rondelet, tome II, p. 144.)

*Voûtes du moyen âge.*

Les voûtes à nervures du moyen âge diffèrent entièrement des voûtes des Romains. Elles sont formées, comme on le sait, de nervures ou arcs en pierre, sur lesquelles reposent les voûtes intermédiaires ou de remplissage. Ces dernières sont ordinairement construites en matériaux plus légers, d'un travail plus grossier que les nervures qui les portent, et entre lesquelles elles forment, pour ainsi dire, une sorte de panneau de peu d'épaisseur.

La construction de ces nervures, ordinairement formées de petits matériaux, n'offre point de difficulté de taille, chacune étant considérée séparément comme un arc simple. Néanmoins les formes des voussoirs ne peuvent guère avoir été obtenues sans que le tracé des arcs ait été fait en grandeur d'exécution.

Cependant les constructions normandes primitives offrent des exemples de voûtes simples, si grossièrement exécutées qu'on peut douter que les voussoirs en aient été déterminés de cette manière. C'en est guère que la difficulté qui résulte de la rencontre des nervures à la naissance qui a amené à chercher des moyens géométriques pour le tracé des claveaux. Souvent même dans ces constructions cette difficulté a été éludée par l'isolement des nervures les unes des autres, sans égard pour les voûtes de remplissage, qui sont assez irrégulièrement construites pour qu'on puisse penser qu'elles ont été établies sans cintres, ou qu'au moins ces cintres, s'ils ont existé, ont été très-grossièrement exécutés. Entre autres exemples de ce genre de voûtes, on peut en citer une du château de Newcastle sur Tyne. Cette voûte est établie sur une salle d'environ 27 pieds anglais (8<sup>m</sup>20), sur 20 pieds (6<sup>m</sup>10); elle est soutenue par un pilier central, d'où partent 8 nervures, dont 4 perpendiculaires aux murs, et 4 en diagonale.

Cet exemple est très-curieux en ce que ces arcs sont établis deux à deux, sur trois largeurs différentes : celle des deux arcs droits, sur la longueur, est de 12 pieds 3 pouces (3<sup>m</sup>12); celle des deux suivant la largeur est de 9 pieds (2<sup>m</sup>74), et celle des arcs en diagonale est d'environ 15 pieds 9 pouces (5<sup>m</sup>78).

Tous ces arcs sont demi-circulaires, et leurs clefs sont toutes de niveau, ce qui place les naissances à des hauteurs différentes. La fig. 7, pl. IX, indique la naissance de ces arcs sur le pilier central.

Pl. 9.

CD est un des petits arcs qui, ayant la moindre portée, a la naissance la plus élevée, en C. AB est un des plus grands arcs droits ; sa naissance est en A, au-dessous du niveau de C ; et EF, KL, GH, qui sont les arcs en diagonale, et qui ont le plus grand diamètre, ont leurs naissances au-dessous des autres, en E, K, G. Quant aux voussoirs, quoique l'extrados des arcs soit concentrique avec l'intrados, des murs de construction grossière sont élevés sur l'extrados de ces arcs, comme on le voit en *m*, *n*, *p*. Ces murs portent les voûtes intermédiaires : cette disposition est nécessaire pour éviter la difficulté de raccorder une surface voûtée avec des arcs dont la courbure et les niveaux des naissances sont différents.

La fig. 6 est un autre exemple qui fait voir, peut-être plus distinctement, la nature de cette difficulté. Cette figure représente une partie d'une voûte des ruines de prieuré du Finchale, dans le comté de Durham. AB et CD sont deux nervures qui partent d'un même pilier avec des courbures très-différentes. La voûte est dans ce cas formée de longues pierres plates posées l'une sur l'autre, comme on le voit en EFG ; et comme les courbures différentes des arcs élèvent la surface au point *f* beaucoup plus haut qu'au point *e*, la différence de niveau est rachetée par des assises de remplissage sur l'extrados du plus bas des deux arcs, seulement entre *e* et *m*. Cette construction additionnelle diminue graduellement d'épaisseur à mesure qu'elle approche de ce dernier point, en sorte que les lignes apparentes des assises de la voûte de remplissage sont horizontales et parallèles entre elles.

D'après ces exemples et beaucoup d'autres, il paraît qu'à cette époque primitive de l'art du moyen âge les nervures consistent en voussoirs de petite dimension, à partir de l'assise horizontale sur laquelle elles prennent naissance, comme dans la fig. 6, où A et C, *a* et *c* sont des pierres distinctes, au lieu d'être d'un seul morceau, comme dans les époques suivantes, et que l'extrados de ces arcs est concentrique avec l'intrados ; et cela sans égard pour l'arrangement des voûtes de remplissage, qui étaient évidemment une considération secondaire, puisqu'on ajoutait à l'épaisseur de ces arcs, à leur naissance, une construction grossière, afin

d'avoir une courbure convenable pour recevoir la voûte ou panneau intermédiaire.

A ce travail primitif succéda tout à coup une construction plus ingénieuse ; et il est à remarquer que ce nouveau mode de maçonnerie une fois introduit s'est appliqué, presque sans changement, jusqu'aux dernières voûtes à nervures qui aient été construites.

La fig. 2 est un exemple de ce perfectionnement. C'est ainsi qu'est construit le transept sud de l'abbaye de Westminster. La gauche de cette figure représente une partie de voûte en perspective. A B C est la nervure transversale ; la droite de cette même figure est une coupe faite sur la nervure ; G H est le bandeau du dessous des fenêtres, et les arcs qui les encadrent ont leur naissance sur L K, à une hauteur considérable au-dessous de la naissance A des nervures. Cette disposition est d'un bon effet ; mais elle a pour inconvénient de donner des difficultés pour l'arrangement de la voûte A K F D ; il s'ensuit que les assises se disposent comme on le voit dans la partie en perspective. La masse A K Q est toujours construite en maçonnerie solide, faisant partie du mur. C'est à la hauteur K Q que la voûte a réellement sa naissance, car c'est à partir de là que les nervures commencent à s'exécuter distinctement, et que les intervalles sont remplis par une construction légère : le point Q de la séparation des nervures est placé environ à moitié de la hauteur verticale de l'arc, ainsi que l'indique la figure, et n'est pas, on le voit, nécessairement au niveau de la naissance K de l'arc K F.

La construction particulière de la masse solide A K Q se comprend mieux dans la partie en coupe C M N. Les arcs de la voûte, convergeant vers le même point C, s'unissent à leur partie inférieure : ils se séparent au point M, à peu près à moitié de la hauteur de la masse solide. Entre les points C et M le massif est construit d'assises horizontales, généralement formées d'une seule pierre ; d'où il résulte que la face des arcs est coupée obliquement par ces joints. Au-dessus du point M, les arcs sont formés de voussoirs et séparés les uns des autres ; mais ils sont adossés à une maçonnerie solide qui les unit entre eux et les relie au mur.

Il est à remarquer que les assises des voûtes de remplissage ne sont pas horizontales, mais le plus souvent inclinées vers les nervures diagonales.

L'emploi du massif de maçonnerie solide, qui permet aux arcs de se rapprocher plus étroitement à la naissance, réduit en même temps la portée de la voûte ; car Q N en est la portée réelle au lieu que A C

n'en est que la portée apparente; en sorte qu'on évite par ce moyen un sixième de la portée qu'elle aurait sans cet arrangement.

Dans l'origine les voûtes intermédiaires reposaient sur l'extrados des nervures; dans la suite on y pratiqua des feuillures, qui permirent de donner plus de force à la nervure, sans en augmenter la saillie à l'intrados.

Les voûtes furent d'abord de simples voûtes d'arête, semblables, par le principe, aux voûtes d'arête romaines, mais en différant par la forme de leurs arcs et surtout par les nervures, qui y remplacent les arêtes; c'est ainsi qu'elles se trouvent à Salisbury, à la nef de Gloucester, au chœur de Canterbury, à la nef de Wells, à Beverley, au chœur de Westminster et dans toutes les cathédrales de France. La transition des voûtes d'arête aux voûtes en éventail, que l'on rencontre fréquemment en Angleterre, s'opéra d'abord par l'addition de nervures intermédiaires. La fig. 4 est un exemple de ce genre de voûtes. ABKL sont les points de départ des nervures, et forment en même temps les angles du plan de la voûte; AC, BC, KC, LC sont les nervures diagonales, Ae, Af, Ag sont des nervures intermédiaires : Philibert de l'Orme appelle les premières *croisées d'ogives*, et les secondes *tiercerons*. AD représente la nervure transversale ou *arc doubleau*, et AE celle appliquée contre le mur nommé *formeret*.

Dans cette figure, qui indique la disposition de la voûte du chœur de Lichfield et du transept sud de Hereford, il se trouve un *tierceron* entre les nervures transversales et diagonales, et deux entre la nervure du mur et la diagonale; du reste, leur nombre varie suivant les exemples.

Le caractère de ces voûtes est déterminé par la courbure des nervures, puisque c'est d'elles que dépend la forme de la voûte de remplissage.

Si une voûte d'arête à nervures doit être construite sur un rectangle, et que les sommets des nervures doivent se trouver sur deux horizontales, il se présente quelques difficultés pour l'arrangement des nervures établies sur les diverses largeurs. La voûte du château de Newcastle offre un exemple de cette disposition : les dimensions du rectangle qu'elle couvre sont de 27 pieds (8<sup>m</sup> 20) sur 20 pieds (6<sup>m</sup> 10), et les trois arcs dont elle est formée sont circulaires et ont leur sommet à la même hauteur; ce qui est obtenu au moyen de la surélévation des centres. C'est ainsi que faisaient les Romains, comme on le voit par les voûtes des bains de

Dioclétien et de Caracalla, qui étaient semblables à celle-ci, moins toutefois les nervures diagonales. Les bas-côtés de la chapelle de White Tower, à Londres, ont cependant les simples voûtes d'arête sur un rectangle, sans nervures, exactement suivant le principe de celle des bains de Dioclétien, et ayant comme elle l'arête ondulée.

On voit aussi des exemples de voûtes dans lesquelles le raccordement des sommets s'obtient différemment; dans les bas-côtés de la nef de la cathédrale de Peterborough, les nervures en diagonale sont moindres qu'une demi-circonférence, et les autres, un peu surhaussées en forme de fer à cheval.

Les nervures des voûtes ogives formées de deux arcs de cercle peuvent avoir leurs sommets à des hauteurs égales; c'est-à-dire que le point E, fig. 4, peut être à volonté au même niveau ou plus bas que C, et que la ligne de sommet de la voûte peut être courbe de C à E. Dans certains cas, la largeur et la hauteur des arcs ont entre elles un rapport constant; il en résulte que le sommet des nervures diagonales s'élève de beaucoup au-dessus de ceux des autres. En général, les voûtes du moyen âge en Italie sont soumises à ce principe, tandis qu'en Angleterre leurs lignes supérieures sont plus ordinairement droites. Si l'on compare les voûtes du moyen âge à celles de l'antiquité, on voit que le caractère des premières consiste en ce que les nervures, au lieu d'être le résultat de l'intersection des surfaces, comme les arêtes dans les voûtes romaines, se construisent séparément, et se relient les unes aux autres au moyen de panneaux intermédiaires qui leur sont surbordonnés; aussi leurs surfaces ne présentent-elles point de continuité; ce qui fait bien concevoir l'importance des nervures dans ce système, où elles constituent en effet, à elles seules, la solidité de la voûte. Dans les voûtes romaines, au contraire, la continuité des surfaces des voûtes exprime la solidarité qui existe entre toutes les parties dont elles sont formées; en sorte que leur caractère est essentiellement différent de celui des voûtes du moyen âge: dans celles-ci, la nervure est indispensable et la voûte accessoire; dans celles-là, les nervures, s'il en existe, sont faites pour la décoration, non pour la solidité, et par conséquent n'y sont point motivées. Dans l'emploi des arcs continus à la formation des nervures, les inconvénients qui résultaient de la condition de conserver les sommets des voûtes à des hauteurs égales, condition qui forçait à surélever les centres des petits arcs ou à placer

ceux des grands au-dessous des impostes, ont amené à former les ogives de deux arcs de cercle, dont l'extrémité inférieure était le point de contact de la tangente verticale, et dont le centre était conséquemment situé sur le plan des naissances.

Outre les nervures *intermédiaires* ou *tiercerons*, dont il a été question précédemment, on trouve encore dans les voûtes du moyen âge d'autres nervures qu'on peut appeler *liernes*, et qui, au lieu de partir de l'imposte, relient les ogives à différents points de leur hauteur, soit entre elles, soit aux nervures qui joignent les sommets, plutôt pour former décoration que pour ajouter à la solidité, bien qu'elles divisent cependant les surfaces de remplissage. Les points de rencontre des *liernes* avec les nervures supérieures et les *tiercerons* sont généralement formés d'un claveau commun à ces divers arcs.

On peut croire cependant que les claveaux ou *clefs* recevant les nervures à leur rencontre ne sont pas d'une origine contemporaine aux voûtes à nervures. Dans les exemples d'architecture normande primitive on trouve des nervures diagonales qui n'ont pas de claveau commun, c'est-à-dire qu'après la construction d'un des arcs en diagonale, les deux moitiés de l'autre venaient simplement s'appuyer contre lui, soit sur un voussoir, soit sur un joint, indistinctement; l'extrémité orientale de la crypte à Gloucester offre un exemple de cet arrangement; les compartiments sur lesquels s'élève cette voûte sont en forme de trapèze, se trouvant disposés entre deux circonférences concentriques; en sorte que l'arc construit le premier est rencontré par les deux moitiés du second obliquement, et à une hauteur considérable au-dessous de la clef.

Lorsque par la multiplicité des nervures intermédiaires l'architecture ogivale s'enrichit, elle perdit peu à peu son caractère. D'abord les rencontres des nervures, qui ne laissaient plus que peu d'intervalle entre elles, furent construites en pierres d'appareil; puis les claveaux des nervures firent en même temps partie de la voûte de remplissage, qui elle-même se construisit en pierres de taille; enfin l'apparence seule fut conservée, et la nervure ne fut plus qu'une simple décoration. On peut reconnaître à quelques particularités de détail l'altération du principe; les *liernes*, par exemple, dont les plans moyens étaient verticaux lorsque les nervures constituaient la solidité des voûtes, ont eu, lorsqu'elles ont été réduites à n'être plus qu'un motif de décoration, leurs plans moyens perpendiculaires à la voûte; alors on se bornait probable-

ment à déterminer l'appareil eu égard à la disposition des nervures décoratives; puis, lorsque la voûte était construite, on la sculptait pour y figurer, pour l'agrément de l'œil, les parties dont un mode de construction plus intelligent avait su faire les parties constitutives offrant conséquemment le plus d'importance; ce qui n'était alors que l'expression de la vérité, que l'altération du principe des voûtes ogives, ou plutôt l'introduction d'un nouveau mode de construction, avait faussée, puisque l'élément constitutif de ces voûtes y avait été multiplié, quoiqu'il y fût devenu inutile au point de vue de la solidité.

Ce fut surtout après l'invention du nouveau genre de voûtes en Angleterre que cette déviation des bons principes se manifesta, et que cet abus se fit remarquer dans la construction des voûtes à nervures elles-mêmes.

Ces voûtes nouvelles, appelées voûtes en éventails (Fan vaults), dont l'origine peut être assignée au commencement du XV<sup>e</sup> siècle, furent substituées aux voûtes primitives, pour obvier aux difficultés de construction qui résultaient pour ces dernières de l'emploi immodéré des nervures. En effet, engendrées par la révolution d'arcs de cercle autour de leur naissance, les voûtes en éventail présentaient une facilité qui n'existait point dans celles de l'époque précédente, où toutes les nervures étaient différentes les unes des autres.

Mais cette facilité même de construction donna naissance à l'abus signalé; la décoration augmenta, et devint si serrée à la partie supérieure de la voûte, que l'on se trouva dans la nécessité de construire cette partie en appareil, tout en faisant cependant les nervures principales et leurs intervalles comme au commencement: bientôt cette nouvelle méthode fit des progrès, et de proche en proche la voûte finit par être entièrement appareillée.

La première construction considérable en ce genre se trouve à la chapelle de Dean, à Canterbury, annexée au transept nord-ouest, ouvrage connu pour être du prieur Goldston I<sup>er</sup>, élu en 1449 et mort en 1468. Les travaux de la chapelle Saint-George, à Windsor, qui durèrent de longues années, n'ont pas tous été faits d'après ce principe, car la voûte principale n'est pas en éventail, mais celles des bas-côtés sont un exemple de cette innovation, et le compartiment central est lui-même couvert d'une grande voûte en éventail construite en 1528. Les ouvrages considérables en ce genre, d'une date connue, tels que la tour centrale

de Canterbury, la chapelle du Collège royal, la chapelle de Henri VII à Westminster, et l'abbaye de Bath, sont tous de 1500 environ.

Dans beaucoup de ces voûtes, le plan de chaque travée est un carré; alors chaque partie en éventail occupe en plan un quart de cercle, fig. 3, et l'espace au sommet de la voûte est couvert d'une décoration formée de plusieurs cercles. Les nervures s'arrêtent généralement à la ligne décrite par la révolution de l'extrémité de l'arc générateur, et ne passent pas dans la décoration centrale, comme cela a lieu dans les exemples plus grands, comme fig. 1. Mais dans ces plans carrés, ce principe que les nervures ont toutes la même courbure ne s'applique, bien entendu, que jusqu'à la hauteur du cercle supérieur. Il n'y a généralement point de nervure supérieure dans l'espace A, fig. 3, qui est, ou parfaitement plat comme à Gloucester et dans la voûte de All Souls, ou légèrement en dôme comme dans la voûte de la porte (Gateway) de Hampton-Court; en sorte qu'en réalité aucune arête ne paraît dans la voûte.

Dans les grands espaces la travée carrée augmenterait outre mesure l'étendue des parties en éventail; c'est probablement cette cause qui a fait adopter le parallélogramme. Mais dans de telles voûtes les nervures ont la même courbure jusqu'au sommet, et les intersections de ces surfaces de révolution donnent une courbe convexe inférieurement, qui est d'un effet désagréable.

Nous avons réuni dans les pl. IX et X quelques exemples de construction des voûtes dont il vient d'être question.

La construction des voûtes à liernes est variée. La plupart d'entre elles, au moins les exemples les plus simples et les plus grands, sont exécutées exactement comme les voûtes primitives à nervures, c'est-à-dire au moyen d'arcs en pierre entaillés pour recevoir les surfaces intermédiaires qu'on y plaçait par le dessus. Lorsque les voûtes sont grandes et que les nervures et les liernes sont en petit nombre, ces surfaces intermédiaires sont, comme dans ce cas, construits grossièrement en maçonnerie légère; mais lorsque les intervalles sont rendus plus petits par le nombre des ogives et des liernes, la surface de remplissage devient un simple panneau formé de une ou deux pierres.

La fig. 1, pl. X, est un exemple de cette méthode, tiré du cloître de la cathédrale de Canterbury.

La portée de cette voûte est de 13 pieds (3<sup>m</sup> 56); les nervures supérieures sont horizontales, et elle ressemble beaucoup à une voûte en

éventail, quoiqu'elle n'en soit pas une, les sections horizontales n'étant pas des cercles, comme dans ces voûtes, mais ayant la forme BCD. Le *tas de charge*, ou massif de maçonnerie au-dessus de l'imposte, qui contient les nervures à la naissance avant leur séparation, se compose de trois assises, dont celle inférieure a 2 pieds 6 pouces (0<sup>m</sup> 75) de hauteur, et les autres 1 pied 3 pouces (0<sup>m</sup> 38) et 9 pouces (0<sup>m</sup> 23). La pierre supérieure a des lits inclinés pour recevoir chaque nervure qui se compose de claveaux d'une longueur moyenne de 18 pouces (0<sup>m</sup> 45).

Pl. 9. La construction habituelle peut être comprise d'après les fig. 1, 5 et 8, pl. IX. Ces figures représentent une des plus complètes de ces voûtes; elle couvre une sorte de chapelle à l'extrémité orientale de la cathédrale de Pétersborough; l'exécution en est très-remarquable.

Dans la fig. 1 la moitié supérieure du plan représente l'intrados de la voûte avec les joints et la décoration, et la moitié inférieure l'extrados avec ses joints.

La fig. 5 est une section verticale suivant A C, et la fig. 8 une perspective de l'extrados de la voûte. La partie de la voûte qui n'est ornée que de nervures simples, c'est-à-dire la partie inférieure, est construite suivant la méthode ancienne, à nervures et panneaux; mais toute la partie supérieure est construite en appareil.

La coupe fait voir que le vide supérieur de la voûte est rempli à la naissance jusqu'au niveau de E; en outre, un mur est ajouté en *x y* pour maintenir la poussée; mais ceci est une particularité qui ne se rencontre point dans d'autres exemples.

Il est à supposer que l'intrados de la voûte était d'abord uni, et que les détails d'ornement étaient dessinés sur cette surface, puis exécutés par refouillement, et que les nervures et les anneaux circulaires qui les relient entre elles étaient seuls tracés en plan, afin de déterminer la place des joints.

*Voûte de la chapelle de Henri VII, à Westminster.*

La construction de cette voûte diffère de celle des autres grandes voûtes en éventail, en ce qu'un grand arc forme la division des travées, et que les parties en éventail prennent naissance sur cet arc à une distance considérable du mur; de cette manière chacune de ces parties, au lieu d'être formée, comme on le voit ordinairement, de la moitié du solide

de révolution, contient le solide tout entier, au moins dans sa partie inférieure. Cependant ces voûtes en éventail sont rencontrées par d'autres qui, comme à l'ordinaire, ont leur naissance sur le mur. Le même principe de construction avait été adopté pour la voûte de l'école de théologie d'Oxford, qu'on dit avoir été terminée environ en 1480. De tous les exemples de ce mode de construction existants, celui-ci est le plus ancien; car la chapelle de Henri VII fut fondée en 1502; la voûte du chœur de l'église du Christ, à Oxford, par Wolsey, qui est aussi disposée d'après le même principe, date de 1528 environ.

La fig. 2, pl. X, est un plan de la moitié d'une travée de la voûte. La moitié supérieure de ce plan représente l'intrados de la voûte avec les nervures et les panneaux, et la moitié inférieure en représente l'extrados. La fig. 3 en est une coupe verticale sur la ligne *cd*. Pl. 10.

Le grand arc FEG prend naissance contre le mur au point F; au-dessous de ce point les lits sont horizontaux, suivant l'usage, et la partie Fg qui se trouve au-dessous de la voûte est visible d'en bas. Un petit arc H relie le grand au mur, et les vides qui restent de chaque côté de ce dernier sont remplis par un panneau découpé à jour, afin de consolider la partie du grand arc comprise entre les points F et g, où il est détaché de la voûte.

Le voussoir E, qui porte le cul-de-lampe K, est une très-grosse pierre qui se relie par les joints *e*, *f* et *g* avec le reste de la construction. Les joints *f* et *g* sont ceux par lesquels il s'unit à l'arc; outre cela, cette pierre forme aussi en quelque sorte le sommier sur lequel reposent, suivant une surface conique ou lit s'étendant de *e* à *f*, et projetée en plan en *m*, *n*, *p*, les voussoirs de la demi-voûte annulaire principale, dont la surface s'étend jusqu'à sa rencontre avec les autres surfaces de la même génération, suivant les lignes DM, MN et NP. Une voûte en éventail de la même section part d'un lit conique *r*, *s*, *t*, formé sur la surface d'une pierre *c* en saillie sur le mur; cette voûte rencontre les voûtes adjacentes, suivant les lignes PN et NR.

La méthode à nervures et panneaux est complètement abandonnée dans cette voûte, puisqu'elle est construite en pierre d'appareil; on peut se convaincre de cet abandon par la simple inspection du plan, dans lequel les divers rangs de voussoirs se projettent en anneaux concentriques autour du centre de chaque éventail. Ces voussoirs sont placés à joints alternés, c'est-à-dire de manière à ce que les joints d'un rang

correspondent aux milieux des rangs inférieur et supérieur. Bien que la disposition de ces joints soit subordonnée à la décoration de l'intrados, on trouve cependant quelquefois des nervures coupées par un joint, suivant leur axe. En *v*, *w*, et *x*, les voussoirs du grand arc portent la partie adjacente des panneaux. L'extrados de cette voûte est parallèle à l'intrados, ce qui en fait comprendre plus facilement la construction. La fig. 4 est une vue perspective de l'extrados, dont quelques parties sont supposées enlevées, pour mieux faire voir le rapport qui existe entre les parties supérieure et inférieure des arcs. La voûte est très-mince; les panneaux varient d'épaisseur entre 3 et 4 pouces (0<sup>m</sup>76 et 0<sup>m</sup>101), et les nervures principales sont en saillie de 8 pouces (0<sup>m</sup>203) sur les panneaux. Les grands arcs sont en saillie de 7 pouces (0<sup>m</sup>178) au-dessus de l'extrados de la voûte, et ont 1 pied (0<sup>m</sup>30) de large.

En réalité, cette voûte, dont la décoration seule rappelle les voûtes primitives en ce qui a rapport à la disposition des joints et à la coupe des pierres en général, ne diffère point d'un dôme; car un dôme, ainsi que ces voûtes demi-annulaires, se construit par assises concentriques et à joints alternés.

*Voûte de la chapelle Saint-Georges, à Windsor.*

Cette voûte singulière est représentée en plan, fig. 5. La partie supérieure de ce plan de la moitié d'une travée en est l'intrados, et la partie inférieure l'extrados.

La fig. 6 en est une coupe suivant D C. La partie de voûte AFDE est construite avec liernes, conformément à la méthode des nervures et panneaux. Cependant, les claveaux d'intersection n'ont pas d'embranchements pour recevoir les nervures; ils sont taillés en polygones irréguliers, et font aussi partie des panneaux. Le sommet de la voûte, dont F E B C est la moitié, est d'une construction entièrement différente; il est formé de pierres d'appareil de grande dimension.

Cette différence de construction dans les deux parties de la voûte se comprend mieux par la perspective de l'extrados qui est donnée fig. 7. Des coupes sont faites sur le côté et l'extrémité de cette figure, pour montrer le rapport qui existe entre l'intrados et l'extrados.

Cette voûte est considérée, pour sa décoration, comme la plus riche de toutes celles qui existent en Angleterre. (*Lire Rondelet, t. II, p. 158.*)

## DES VOIES PUBLIQUES ET GRANDS CHEMINS.

(Voir Rondelet, tome II, page 224.)

De quelque utilité qu'aient été les travaux et les écrits de M. M. Adam, en appelant l'attention générale sur la construction des routes, et en portant les commissaires des grandes routes à les améliorer, ce qui sans lui n'aurait peut-être pas eu lieu de longtemps, c'est à M. Telford que l'Angleterre est redevable des principes scientifiques qui les ont amenées à l'état de perfection et de solidité qu'on remarque aujourd'hui.

Celle de Londres à Holyhead est peut-être le plus bel exemple qu'on en ait. M. Telford lui-même, sous la surveillance des commissaires des eaux et forêts, lui a fait faire un grand pas vers sa perfection; et depuis, ses successeurs John Macneill et John Provis, le premier chargé de la partie comprise entre Londres et Shrewsbury; le second, de celle comprise entre Shrewsbury et Holyhead, ont continué les améliorations commencées. M. Telford pose, comme on le verra ci-après, les principes pour la construction et l'entretien des routes :

*Forme et dimensions de la chaussée.*

La chaussée doit avoir 30 pieds anglais ( $9^m14$ ) de largeur, et le milieu doit en être élevé de 6 pouces ( $0^m15$ ) au-dessus de son intersection avec le bord du trottoir, ou toute autre limite formant avec elle les ruisseaux. A 4 pieds ( $1^m22$ ) de l'axe, la surface de la chaussée doit être à  $\frac{1}{4}$  pouce ( $0^m012$ ) au-dessous; à 9 pieds ( $2^m74$ ), à 2 pouces ( $0^m05$ ); et enfin à 15 pieds ( $4^m57$ ), à 6 pouces ( $0^m15$ ), comme il vient d'être dit. On obtient ainsi une forme plate elliptique qui suffit à l'écoulement des eaux, qui n'a pas l'inconvénient d'une courbure trop prononcée, et qui permet à l'air et au soleil d'agir plus efficacement pour l'évaporation de l'humidité et l'assèchement de la route.

La largeur des trottoirs doit être de 6 pieds ( $1^m83$ ), et l'inclinaison de leur surface vers la chaussée de 1 pouce ( $0^m25$ ) par yard ( $0^m91$ ); cette surface, qui ne devrait pas être au-dessous du niveau du centre de la route, doit se terminer en talus pour former le ruisseau.

Il faudrait que les fossés fussent établis en dehors des trottoirs, et allassent aboutir aux cours d'eau naturels de la localité : en général, ils

devraient avoir 3 pieds (0<sup>m</sup>91) de profondeur au-dessous du lit de la route, 1 pied (0<sup>m</sup>30) de large au fond, et de 3 à 4 (0<sup>m</sup>91 à 1<sup>m</sup>22) au sommet. Des ruisseaux en pierre aboutissant aux fossés devraient aussi être placés sous la route, et les ruisseaux latéraux avoir des ouvertures en maçonnerie sur les canaux inférieurs, afin que toutes les eaux de la route pussent s'écouler, puisqu'il est nécessaire pour sa conservation qu'elle soit tenue complètement sèche. En outre, des canaux inférieurs doivent être établis pour détourner les eaux des sources de l'emplacement de la route.

#### *Barrières.*

Toutes les barrières de routes devraient être tenues aussi basses que possible, et n'excéder jamais 5 pieds (1<sup>m</sup>52), afin de ne point intercepter le vent ni le soleil, ni diminuer leur effet dans la production de l'évaporation; et, pour la même raison, on ne devrait point laisser pousser d'arbres sur le bord de la route; car, en entretenant l'humidité, ils occasionnent la prompte destruction des matériaux qui la composent.

#### *Matériaux des routes.*

On devrait toujours préférer pour la formation des routes les pierres les plus dures, telles que les basaltes, les granits, les quartz, etc. Lorsqu'on emploie la pierre, on doit la casser pour la réduire en cubes n'excédant pas 2 pouces (0<sup>m</sup>063) dans leur plus grande dimension. Lorsqu'on emploie le gravier, les cailloux de 1 pouce (0<sup>m</sup>025) à un pouce  $\frac{1}{2}$  (0<sup>m</sup>037) doivent seuls être employés pour le milieu de la chaussée; on doit casser ceux qui sont plus gros; les plus petits servent pour les côtés et le trottoirs.

#### *Fondation, et disposition des matériaux.*

Avant d'établir la fondation, l'aire qui doit la recevoir doit être préparée par un nivellement, et, si cela est nécessaire, élevée de manière que la surface de la route ne soit point au-dessous des terrains adjacents. Si le sol inférieur est humide et élastique, on doit l'affermir par les moyens qui peuvent détruire la cause de cette élasticité, tels que le dessèchement, etc. La fondation doit être formée d'un pavage brut et serré, composé des pierres que l'on peut se procurer le plus fa-

cilement; celles du milieu de la route doivent avoir 7 pouces ( $0^m 18$ ) d'épaisseur; à 9 pieds ( $3^m 23$ ) de l'axe, 5 pouces ( $0^m 13$ ); à 12 pieds ( $3^m 66$ ), 4 pouces ( $0^m 10$ ); à 15 ( $4^m 57$ ), 3 pouces ( $0^m 076$ ). Les faces les plus larges doivent poser sur le sol, et la longueur être placée en travers de la route; aucune pierre ne doit avoir plus de 5 pouces ( $0^m 127$ ) de large sur sa face. On doit égaliser les irrégularités du dessus au marteau, et les interstices doivent être remplis par les débris de l'opération, enfoncés au marteau léger.

Les 18 pieds ( $5^m 18$ ) du milieu du pavage devraient être revêtus d'une couche de six pouces ( $0^m 152$ ) de pierres concassées, de la forme et des dimensions indiquées à l'article *Matériaux*. Les deux tiers de ces 6 pouces ( $0^m 152$ ) doivent d'abord être placés, et enfoncés au moyen de voitures et de chevaux, en ayant soin de ramener les pierres dans les ornières jusqu'à l'affermissement complet de la surface; après quoi les deux pouces restants sont superposés.

Les accotements (ou espaces pavés compris entre la chaussée et les trottoirs) doivent être aussi revêtus d'une couche de pierres concassées ou de gros gravier bien purifié, de manière que la différence du niveau des bords et de l'axe de la route soit de 6 pouces ( $0^m 162$ ), et que la courbure indiquée plus haut soit bien conservée. Enfin, le tout devrait être couvert de bon gravier sans mélange de terre, sur une épaisseur de 1 pouce  $\frac{1}{2}$  ( $0^m 038$ ). Les trottoirs devraient être faits de gros gravier ou de petites pierres concassées, sur une épaisseur de 6 pouces au moins ( $0^m 152$ ).

Comme exemple de la méthode de M. Telford pour la construction et l'entretien des routes, nous avons donné, pl. XI, fig. 1, 2, 3, des coupes d'une partie de celle de Londres à Holyhead, qui de l'état le plus déplorable est arrivée, sous la direction de M. Macneill, à être l'une des meilleures de ce parcours.

Pl. 11.

Le travail qu'il a fallu faire pour améliorer cette partie de la route, située entre deux éminences de terre glaise sur un terrain marécageux, a été difficile et dispendieux. On avait d'abord essayé d'obvier à cet inconvénient au moyen d'un empierrement sur le sol; mais cette tentative fut infructueuse; les pierres s'enfonçaient dans la terre humide et se trouvaient promptement détruites, sans former une masse solide: cette circonstance a amené à faire une fondation avec un mélange du ciment de Parker et de gravier purifié. Après avoir donné à

la chaussée la convexité convenable, et établi, dans les directions longitudinales et transversales, les conduits souterrains nécessaires à l'écoulement des eaux, le milieu de la route fut couvert, sur une largeur de 15 pieds (4<sup>m</sup> 57), d'une couche de 6 pouces (0<sup>m</sup> 15) d'épaisseur du ciment dont il vient d'être question. Les proportions de ce mélange ont été  $\frac{1}{10}$  de ciment romain, et  $\frac{1}{10}$  de sable; le mélange du sable et du ciment s'est fait à sec dans un grand bassin de peu de profondeur; on y ajouta le gravier, et l'on se servit, pour opérer le mélange, de la plus petite quantité d'eau possible, puis on l'étendit sur la route, et avant qu'il ne prît on le sillonna de rigoles triangulaires qui facilitent l'écoulement des eaux, tout en retenant les pierres. Au bout d'environ un quart d'heure ce ciment avait acquis une consistance suffisante; alors on établit dessus une couche de granit de Guernesey de 6 pouces (0<sup>m</sup> 15) d'épaisseur, et l'espace restant de chaque côté fut couvert de débris de cailloux. On a obtenu par ce moyen une route solide et parfaitement unie, sur laquelle les voitures pesamment chargées circulent facilement.

M. Macneill a fait subir de grandes améliorations à diverses parties de la route, et notamment à River Hill, Dunstable Chalk Hill, et près de Daventry, à Wilhenhall Hill, etc., etc. Nous choisissons comme exemple les travaux de Geese Bridge Valley, qui consistent dans l'abaissement des collines et le remblai des vallées jusqu'à certaine hauteur, et dans l'établissement, sur les parties montueuses de la route, de deux lignes de pierres de granit pour le passage des roues, comme on le voit par la fig. 1, pl. XII, pour faciliter la montée aux voitures. Chaque morceau a 1 pied d'épaisseur (0<sup>m</sup> 30), 14 pouces (0<sup>m</sup> 35) de largeur, et 4 pieds (1<sup>m</sup> 22) de longueur au moins, et est piqué sur chaque face; la surface supérieure est parallèle au lit. Les fondations de ces lignes doivent être préparées de la manière suivante : le sol doit être creusé jusqu'à la profondeur nécessaire pour recevoir les différents matériaux décrits ci-dessous. Lorsque le fond de la tranchée est bien nivelé, on le couvre d'un pavage de pierre calcaire ou de grès; ce pavage doit former une épaisseur de 8 pouces (0<sup>m</sup> 203) parfaitement de niveau. Quand les interstices sont bien remplis d'éclats de pierre et le tout bien serré, on y verse un mortier composé d'un tiers de bonne chaux et de deux tiers de sable et de gravier, mélangés en proportion convenable. Sur ce pavage on étend une couche de pierres concassées; la plus grande dimension de ces pierres ne doit pas excéder 1 pouce  $\frac{1}{2}$  (0<sup>m</sup> 038); sur

cette assise de pierres on étend 2 pouces (0<sup>m</sup>05) du meilleur gravier, qui doit être roulé plusieurs fois au moyen d'un cylindre en métal, afin de lier la pierre et le gravier pour n'en faire qu'une masse solide. C'est sur cette couche que l'on place les pierres de manière à ce qu'elles forment une surface unie et continue; les lignes de rouage doivent être partout également espacées et au même niveau. On remplit ensuite l'intervalle entre elles ainsi qu'à l'extérieur, jusqu'à une hauteur de 6 pouces (0<sup>m</sup>152) de la surface, de pierres calcaires concassées, dont la grosseur doit être de 1 pouce  $\frac{1}{2}$  (0<sup>m</sup>038) au plus; on doit placer de chaque côté des voies une ligne de pavés du meilleur granit, de 6 pouces (0<sup>m</sup>152) d'épaisseur, de 5 (0<sup>m</sup>126) de largeur, et de 9 (0<sup>m</sup>228) de longueur. Elles doivent être solidement maintenues par des pierres de 2 pouces (0<sup>m</sup>050) au plus pour les premiers 3 pouces (0<sup>m</sup>076), et de 1 pouce  $\frac{1}{2}$  (0<sup>m</sup>038) au plus pour les 3 pouces (0<sup>m</sup>076) vers la surface. Le travail terminé, le tout doit être couvert de 1 pouce (0<sup>m</sup>025) de bon gravier roulé deux fois en temps de pluie.

Le côté de la route doit être au même niveau, et former une bonne route pour les voitures, comme on le voit fig. 1. Les fig. 2, 3 et 4 sont des profils de route en déblai, à niveau et en remblai; la fig. 5 représente une des pierrées ou aqueducs en pierres sèches servant à l'écoulement des eaux. A et B sont les pierrées longitudinales; les fig. 6 et 7 sont des coupes d'aqueducs en tuiles et en briques, servant au même usage. La pl. XIII représente, sous les numéros 1, 2 et 3, des coupes transversales de routes à barrières (turnpike roads); la première établie sur le sol; la deuxième et la troisième en remblai, avec aqueducs pour l'écoulement des eaux. Les fig. 4, 5 et 6 sont des coupes transversales des conduits ou aqueducs.

Pl. 13.

En comparant entre elles les routes pavées et empierrées, l'ingénieur en chef M. Schwilgué a trouvé que, relativement aux transports, les effets utiles de la force du cheval étaient dans le rapport de 3 à 2 sur les chaussées pavées et empierrées de la route de Rouen à Paris. Déjà des expériences, faites sur une petite échelle, avaient donné le rapport de  $\frac{1}{50}$  pour celui du tirage à la pression sur les chaussées pavées; et on avait trouvé que ce même rapport était sur les chaussées empierrées en bon état de  $\frac{1}{20}$  à  $\frac{1}{23}$ ; M. Navier avait même observé qu'il s'élevait à  $\frac{1}{14}$  pour les voitures allant au trot.

Outre cet avantage des routes pavées, elles ont encore, comparative-

ment à celles empierrées, celui de produire beaucoup moins de poussière, et par conséquent aussi moins de boue.

Les avantages des chaussées empierrées sur celles pavées sont la douceur du transport des voyageurs : de plus, les rechargements partiels des empièrrements gênent beaucoup moins la circulation que les relevés à bout des pavages, sur lesquels elle est forcément interrompue dans le Nord à l'époque du dégel.

Quant à la dépense, elle dépend des ressources locales ; mais, d'après les documents statistiques sur les routes royales et départementales, publiés en 1837 par l'administration des ponts et chaussées pour les routes royales à l'état de lacunes, le mètre courant de routes pavées à neuf ressortirait moyennement à 44 fr. sur une longueur totale de 175, 136 mètres, et celui des routes empierrées, à près de 19 fr. sur une longueur totale de 3,767,306 mètres.

A cette époque, la dépense d'entretien annuel des routes royales ressortait le mètre courant à 0 fr. 82 pour les chaussées pavées, sur une longueur totale de 3,134,343 à l'état d'entretien ; pour les chaussées empierrées, à 0 fr. 30 le mètre sur une longueur totale de 21,582,813 à l'état d'entretien.

Les routes avec lignes de rouage, pl. XII, fig. 1, ne donnent, d'après les évaluations de l'ingénieur M. Minard, qu'un frottement égal à  $\frac{1}{90}$  de la charge, ce qui n'est que le tiers environ du frottement sur une bonne route pavée ; en sorte que sur des routes à peu près horizontales les transports pourraient s'effectuer avec trois fois moins de chevaux. D'ailleurs, les frottements devenant moindres, les lignes s'usent plus lentement ; et après cinq années d'existence la route COMMERCIAL ROAD en Angleterre, établie en 1829, ne portait aucune trace des roues.

#### *Pavage en bois.*

Parmi les nouveaux systèmes de pavage d'une application récente, le pavage en bois est sans contredit le plus remarquable. Si ce système présente quelques inconvénients qui puissent empêcher qu'on ne l'adopte en grand pour le pavage des voies publiques, le chiffre de la dépense qu'il occasionnerait est peut-être l'obstacle le plus considérable qu'on ait à lui opposer. Au reste, on en trouve facilement l'usage dans les habitations ; et en Allemagne le dessous des portes cochères est pavé de cette manière. Ce système, employé aussi pour

le pavage des cours, donnerait certainement de bons résultats, en faisant disparaître le bruit des voitures et des chevaux, en même temps que la boue qui résulte du pavage ordinaire.

Pour donner une idée de ce mode de pavage, nous allons essayer de décrire celui dont M. Benjamin Rankin est l'inventeur, et qui nous paraît posséder diverses qualités que l'on sera à même d'apprécier par l'examen des détails qui en sont donnés dans les dix premières figures de la planche XIV.

Pl. 44.

Le pavage Rankin se compose de coins en bois assemblés entre eux à rainures et languettes, et formant deux parties distinctes, l'une inférieure servant de base, l'autre supérieure présentant aux pieds des chevaux la prise nécessaire, par conséquent favorable à la circulation, et seule susceptible de s'user.

Le mode d'assemblage de ce pavage nécessite l'emploi de moyens d'exécution d'une action à la fois régulière et rapide; on a donc eu recours à des moyens mécaniques, qui seuls peuvent donner ce résultat.

Les matériaux employés pour ce pavage sont sortis de la scierie mécanique de MM. Esdails et Margrave, qui ont été patentés pour les divers districts de Londres.

Les pièces de bois dans lesquelles sont taillés ces coins ou blocs ont 0<sup>m</sup>10 d'équarrissage; des rainures et des languettes y sont pratiquées, ainsi que l'indiquent les fig. 1, 2, qui sont les deux faces opposées de la pièce, et la fig. 3, qui en est une coupe.

Les parties claires des fig. 1 et 2, aussi bien que des suivantes, indiquent les parties saillantes.

La fig. 1 représente le côté des rainures, et la fig. 2 celui des languettes.

L'opération qui consiste à pratiquer sur les pièces de bois les rainures et les languettes s'exécute très-rapidement, au moyen des machines à vapeur.

Le sciage s'effectue comme l'indique la fig. 4; les blocs qui doivent former la surface de roulement, qui se nomment blocs de clef, se trouvent à la partie supérieure de cette figure; ceux qui doivent former la base du pavage sont à sa partie inférieure.

Après le sciage qui opère la division des blocs, vient celui qui en détermine la forme, qui est représentée par la fig. 5. On voit par cette figure quel déchet de bois résulte de ce système, et l'on comprend facilement qu'il y a avantage à employer des pièces de bois de la plus

grande longueur possible, puisqu'une pièce ne peut débitée être sans que chacune de ses extrémités fournisse un déchet qui ne peut être moindre que *a*, *b*, *c*.

La fig. 6 représente les deux faces d'assemblage d'un bloc de base; la fig. 7 représente les mêmes parties d'un bloc de clef; la fig. 8 est l'élevation d'un rang du pavage représenté en plan fig. 9. Enfin la fig. 10 est une perspective de quatre blocs de base assemblés entre eux et avec un bloc de chef.

Grâce à la disposition des blocs, ce pavage offre par lui-même une résistance telle, que si le sol sur lequel il repose venait à s'affaisser dans certains points, cet affaissement ne se manifesterait point dans le pavage, et toute la charge qu'il aurait à supporter en cet état, en resserrant les parties, ne ferait que le consolider. La preuve de ce fait se trouve à l'École polytechnique, où une partie de pavage de ce genre a été exécutée pour essai, sans aucune fondation, et est cependant restée inébranlable.

Ces blocs, taillés de manière que les fibres du bois se trouvent placées presque verticalement, présentent la plus grande résistance que le bois puisse offrir; en outre, les causes de destruction n'agissant que sur les blocs de clef, les frais d'entretien ne doivent pas être très-considérables; d'ailleurs, le déplacement des pavés s'exécute au moyen d'un levier, et leur remplacement à l'aide d'un marteau, avec la plus grande facilité.

Les caractères de ce pavage paraissent donc être : la durée, la stabilité, la facilité de pose et d'enlèvement, avec marche sûre pour les chevaux.

Un autre système de pavage en bois a été importé d'Angleterre par le comte de Lisle, et appliqué au pavage d'une partie de la rue Neuvedes-Petits-Champs.

Ce système consiste à cheviller entre eux des blocs en bois coupés en biais, et carrés à leur surface supérieure et inférieure, et ayant pour faces latérales opposées deux rectangles et deux parallélogrammes. La projection verticale d'une de ces dernières est donnée fig. 11. L'inclinaison *AB* est celle de la diagonale d'un rectangle *ACBD*, dont la hauteur est double de la base. L'assemblage des blocs entre eux se fait au moyen des chevilles *EF*; ces blocs sont disposés par files transversales, alternativement inclinées en sens inverse; comme on le voit fig. 12; l'une ayant la direction *ABC F*, l'autre celle *ACBD*. Les blocs

d'une file, bien que simplement juxtaposés, n'en sont pas moins, par les inclinaisons A B, B D, solidaires des pressions qu'ils supportent séparément, puisqu'ils sont en partie superposés les uns aux autres, ce qui préserve de rupture les chevilles, qui seraient exposées à cet accident si les blocs étaient placés verticalement, quoiqu'on les suppose établis sur une surface résistante.

L'emploi des chevilles n'a d'autre but que de maintenir les blocs les uns contre les autres, comme on le voit fig. 12. Elles sont à cet effet situées sur une même perpendiculaire à la ligne de joint; et comme leur écartement est déterminé par la distance qui les sépare l'une de l'autre sur le même bloc A C B D, il s'ensuit que ces chevilles traversant les blocs adjacents A B E D, A B C F, ne leur permettent point de se séparer.

Il résulte de l'inclinaison des fibres du bois par rapport aux surfaces inférieure et supérieure, que les blocs, en même temps qu'ils sont capables d'une grande résistance, ne sont cependant pas dépourvus de toute élasticité, et que leur solidarité et leur union s'établissent facilement, ce qui n'aurait pas lieu sans l'inclinaison des côtés. Il résulte encore, de l'inclinaison des faces et de la direction opposée de cette inclinaison dans deux lignes adjacentes de blocs, que la pression d'une roue agissant à la fois sur deux rangées de blocs exerce un effort qui se décompose suivant deux directions différentes par lesquelles les deux blocs sont rendus solidaires : ainsi, la roue qui passe sur les deux blocs représentés fig. 13 presse l'un suivant A B, et l'autre suivant C B : c'est-à-dire que la partie la plus résistante du premier correspond à la moins résistante du second.

La fig. 14 est une coupe transversale de la rue, faisant voir le mode d'établissement du pavage sur une aire de béton couverte d'une légère couche de quelques millimètres de sable fin, ne devant servir qu'à assurer le contact de toutes les parties en remplissant les interstices.

Dans le système de Lisle, les blocs sont assemblés et posés par panneaux de 24 ; il serait préférable qu'ils fussent posés bloc à bloc, comme cela a lieu quelquefois; mais les déplacements nécessités par les travaux souterrains qui s'exécutent sous le pavé des villes deviendraient trop coûteux.

Les bois qui ont paru le plus propres à la fabrication des blocs sont le pin et le sapin; d'abord, à cause de leur prix de revient, en-

suite à cause de la résine qu'ils contiennent, et qui les rend moins susceptibles que les autres de se détériorer à l'humidité.

Il faut que le bois soit sain et sec, afin que la dilatation s'opère sur place, et que les charges mobiles en le serrant ferment tous les interstices.

Il est essentiel pour l'un et l'autre système qu'ils soient établis entre des culées offrant de la résistance, afin que la dilatation puisse s'effectuer sans inconvénient; car, bien que les fibres des blocs aient une direction oblique, et que les efforts contre les culées soient par cela moindres, ils existent cependant, et toute négligence à cet égard serait suivie de fâcheux accidents.

*Des tuyaux de conduite d'eau et de gaz, et des égouts.*

A ce qui a été dit précédemment sur la formation de la chaussée, nous croyons devoir ajouter un aperçu des travaux qui s'exécutent au-dessous, et qui font en quelque sorte partie de la voie. Ces travaux ont pour objet la construction des aqueducs qui alimentent les villes, celle des conduites de gaz qui les éclairent, et enfin celle des égouts qui les assainissent, en rejetant les immondices qu'y entraînent les eaux pluviales ou celles que versent les fontaines.

Les aqueducs ou tuyaux de conduite d'eau des villes sont de diverses natures, formés de pierres factices, poteries, de fonte de fer ou de plomb; ceux formés de ces deux métaux sont préférables. Ces tuyaux, de quelque nature qu'ils soient, doivent être éprouvés avec une charge au moins quintuple de celle à laquelle ils auront à résister.

Lorsque les tuyaux sont établis dans les lieux où l'on n'a point à redouter le passage de fardeaux considérables, ils peuvent être simplement posés dans le sol comme on le voit fig. 15; et dans ce cas, s'ils ne sont point situés à une assez grande profondeur pour être hors de l'atteinte des gelées, on les préserve de leurs effets en les entourant de sable ou d'argile; si au contraire ils sont exposés à de fortes charges, soit éventuelles, soit autres, il est nécessaire de les envelopper par des maçonneries en pierres sèches, quand on ne les établit point dans des galeries, comme dans les fig. 18 et 22. Quant aux conduites de gaz, elles doivent être établies immédiatement dans les terres, comme on le voit fig. 15; les fuites pouvant dans les galeries, soit occasionner des explosions, soit asphyxier les ouvriers chargés de réparer les tuyaux.

*Des égouts.*

Les égouts sont des aqueducs qui servent à l'écoulement des eaux dans les villes. Leurs dimensions sont telles que les ouvriers peuvent les parcourir pour y faire les réparations nécessaires. Les grands égouts de Paris ont une hauteur de 2 mètres et une largeur moyenne de 1 mètre.

Les eaux y arrivent soit par des puits verticaux qui en interrompent la voûte, soit par des puits en communication avec des tuyaux ou conduits de raccordement. Les pieds-droits en sont percés de créneaux de distance en distance, afin que les eaux du sol puissent y pénétrer ; mais il est urgent pour la salubrité que les eaux qu'ils contiennent s'écoulent facilement, et ne puissent pénétrer dans les terres ni même séjourner entre les aspérités que pourrait offrir la maçonnerie des radiers ; c'est pourquoi le radier des égouts qui se construisent chaque année à Paris s'exécute maintenant en maçonnerie à hérisson de 0<sup>m</sup> 12 d'épaisseur moyenne, couverte d'une couche en mortier de ciment de Vassy de 0<sup>m</sup> 10 d'épaisseur. Ce mortier se compose de 100 k. de ciment et de 0<sup>m</sup>80 de sable tamisé, par mètre cube de mortier. Cette amélioration s'étend même aux anciens égouts ; les joints en sont dégradés, la surface lavée et décapée avec le plus grand soin, après quoi le mortier est appliqué, comme il vient d'être dit, sur la meulière avec laquelle il adhère complètement.

En général, il faut que l'écoulement des eaux s'effectue rapidement et que la pente soit par conséquent assez sensible ; le minimum en est fixé pour Paris à 0<sup>m</sup>01 par mètre ; quant au maximum, il est indéterminé, puisque l'on peut toujours au besoin morceler l'inclinaison en la disposant en degrés.

Les entrées ménagées pour les visites et la réparation sont des regards ou puits verticaux fermés au moyen de trappes, et établis de distance en distance.

Pour la ventilation, on établit des ventouses à tuyaux verticaux et soupapes à leur partie supérieure, ou bien l'on met cette partie en communication avec les tuyaux de descente des maisons d'habitation.

La fig. 17 est une coupe d'une galerie neuve avec voûte en prismes de

ciment et meulière, dont la faible épaisseur permet de rapprocher l'intrados du pavé.

La fig. 18 est la coupe d'un égout avec tuyaux de conduite portés sur consoles scellées en ciment de Vassy.

La fig. 19 est la coupe d'un égout avec grille et tuyau de descente; la fig. 20 en est le plan.

La fig. 21 est la coupe d'un vieil égout et d'une bouche, présentant le radier, le seuil et le glacis faits en ciment de Vassy sur renformis de meulière et mortier hydraulique.

La fig. 22 est la coupe d'un petit égout en prisme de ciment de Vassy et meulière, construit sous le radier de la grande galerie des Martyrs.

## DES CHEMINS DE FER.

### DES DIFFÉRENTES ESPÈCES DE CHEMINS A ORNIÈRES.

( Voir Rondelet, tome II, page 241. )

#### *Origine des chemins de fer.*

Le système de construction suivi dans l'établissement des chemins de fer date déjà d'environ deux cents ans. En se reportant au milieu du dix-septième siècle, on voit dans les houillères de Newcastle sur Tyne les transports s'effectuer au moyen de chariots roulant sur des charpentes longitudinales fixées sur des traversines; bientôt les inconvénients du frottement direct sur ces pièces principales, que l'on ne peut remplacer qu'à grands frais, se font sentir, et l'on est amené à couvrir les longuerines de pièces de rapport qui préservent la charpente fondamentale et se rétablissent sans difficulté; alors le système est trouvé; il ne reste plus qu'à substituer le fer au bois dans ces pièces et à perfectionner les détails. Les houillères du Northumberland furent témoins des premiers essais de cette substitution, qui ne s'opéra encore que partiellement; et ce ne fut qu'après cent années d'existence que ce mode de transport fut doté du rail en fonte, dont la fragilité ne tarda pas cependant à faire connaître les inconvénients.

Les rails furent d'abord plats avec rebords à l'extérieur, pour empêcher les roues de sortir de la voie; dans la suite, ces rebords furent

affectés aux bords intérieurs des roues, et supprimés aux rails, qui, de plats qu'ils avaient été, devinrent saillants, et présentèrent une section verticale assez considérable pour permettre la suppression des soutiens longitudinaux, que l'on réduisit à des points d'appui isolés, sur lesquels les rails furent fixés au moyen de coussinets; enfin le fer malléable a été employé de préférence à la fonte pour la confection des rails, et l'expérience ayant confirmé les avantages de cette innovation, le rail en fer est maintenant adopté.

*Considérations générales sur le tracé du chemin.*

La rapidité de la marche des convois sur les chemins de fer et la nécessité de donner à la locomotive, par le frottement de ses roues sur les rails, la puissance de traction nécessaire à la remorque des convois dans les deux sens, conduisent d'abord à chercher, entre deux points qui doivent se rattacher l'un à l'autre par un chemin de fer, le passage à la fois le plus direct et le plus près d'être horizontal, afin d'avoir le moindre travail possible pour arriver au résultat obligé, c'est-à-dire pour égaliser la voie en faisant le moins possible des remblais, tranchées, viaducs et tunnels. Quant aux inclinaisons inévitables, elles ne peuvent guère être, et il est rare d'en rencontrer de plus de  $\frac{1}{100}$ , et les courbes de 500 mètres de rayon ne se trouvent qu'aux points de départ et d'arrivée, où les convois ne marchent que lentement.

*Dimensions du chemin.*

La largeur totale du chemin se compose, sur les remblais, de la somme de celles des voies, entre-voies et accotements; on y ajoute dans les parties en déblai la largeur des fossés qui bordent les accotements pour recevoir les eaux du chemin et les talus.

La largeur des voies, bien qu'indéterminée, est cependant le plus souvent de 1<sup>m</sup>50 d'axe en axe de rails; celle des entre-voies doit toujours être telle qu'une tête hors de la portière d'une voiture ne soit jamais en danger de heurter soit les colonnes qui supportent les ponts, situées dans l'entrevoie, soit tout autre obstacle; et avec la largeur ordinaire des voitures, l'expérience a fait reconnaître qu'elle devait être de 5 mètres environ.

La largeur des accotements doit être suffisante pour que les éboulements ne soient pas à craindre; elle dépend donc de la nature du terrain et de la position de la voie, soit dans une tranchée, soit sur un remblai, où, vu son isolement, il offre naturellement moins de consistance.

Si la largeur des entre-voies doit être telle qu'il ne puisse résulter aucun accident de l'imprudence même des voyageurs, il en est de même pour la hauteur des ponts et tunnels, qui doivent conséquemment être assez élevés au-dessus de la voie pour qu'un homme de la plus haute taille, debout sur l'impériale, ainsi que les charges les plus élevées des voitures, puissent passer dans le vide.

#### *Des fossés.*

La fonction des fossés étant de préserver la chaussée d'humidité, ils doivent non-seulement être creusés jusqu'au-dessous d'elle de manière à recevoir ses eaux et à arrêter celles qui descendent le long des talus, mais encore avoir des issues afin de s'en débarrasser le plus promptement possible.

#### TRAVAUX DE TERRASSE.

#### *De la formation des remblais.*

Les remblais s'exécutent de toute leur hauteur et non par couches horizontales, en ayant égard au tassement des matériaux, afin que, lorsque tout mouvement a cessé, la chaussée soit descendue aussi près que possible du niveau déterminé; toutefois, il est préférable d'avoir à la relever qu'à la baisser. Ces travaux se font soit au tombereau, soit au wagon. Le premier de ces moyens serait peut-être préférable pour la fermeté qu'il peut donner au remblai; mais il est souvent impossible, présente toujours des difficultés, et apporte des lenteurs qui lui font préférer le second, qui n'offre pas ces inconvénients et qui est toujours possible, vu la méthode suivie dans l'exécution, puisque le remblai est toujours, à mesure qu'il avance, au niveau de la voie, et que conséquemment on peut prolonger les rails, au fur et à mesure de son exécution, jusqu'à son extrémité.

#### *Des talus.*

L'inclinaison des talus des remblais varie suivant le climat et la na-

ture des terrains; elle augmente ou diminue en raison de leur plus ou moins de résistance; le plus ordinairement elle est dans le rapport de  $1\frac{1}{2}$  de base pour 1 de hauteur; sur le chemin de Londres à Birmingham elle est dans le rapport de 2 à 1.

On ne doit pas négliger de donner aux talus, à mesure que le remblai se forme, l'inclinaison voulue, afin de n'être point dans la nécessité d'y ajouter plus tard des terres qui auraient l'inconvénient de ne point faire corps avec le remblai, dans la formation duquel on doit éviter aussi de faire entrer des morceaux de plus de 0<sup>m</sup>15 de diamètre.

Si l'emplacement du remblai est couvert de terre végétale, on en étend sur les talus une couche de 0<sup>m</sup>15 que l'on ensemeince afin de lui donner de la consistance; mais, toutes les fois que cela est possible; il est préférable de substituer le tuf à la terre végétale. Toutefois cette opération ne se fait que lorsque les talus ont été soigneusement dressés après le tassement.

La surface des remblais doit être, soit par sa forme, soit par d'autres moyens propres à faciliter l'écoulement des eaux, exempte de toute mare qui puisse faire pénétrer l'humidité dans le massif, qu'il est très-important de maintenir aussi sec que possible; c'est pourquoi, si les pentes des terrains environnants font affluer les eaux vers le remblai, on se trouve dans la nécessité de les arrêter et détourner au moyen de fossés au pied des talus.

#### *Des tranchées.*

Dans les tranchées il est indispensable de préparer les voies nécessaires à l'écoulement des eaux qui descendent des talus; pour cela des fossés sont pratiqués de chaque côté de la chaussée au pied des talus, dont l'inclinaison est sujette à de plus grandes variations que celle des talus des remblais, mais auxquels néanmoins sont applicables les observations précédemment faites au sujet de ces derniers. Les fossés destinés à recevoir les eaux des talus ne sont pas les seuls nécessaires dans les parties de chemin en tranchée; ils suffisent, à la vérité, à protéger la chaussée; mais les talus seraient bientôt dégradés, et les fossés eux-mêmes comblés, si d'autres fossés ou des cavaliers ne s'opposaient à l'écoulement des eaux des terrains supérieurs le long de ces talus.

On ne pourrait livrer les parties de chemin en remblai au passage des convois avant qu'ils aient acquis toute la fermeté désirable, c'est-à-dire avant que le mouvement du tassement ait cessé, sans qu'il fût à craindre que les vibrations qui en seraient le résultat ne compromissent l'avenir du chemin, ou au moins, n'entraînent dans des pertes et des dépenses considérables. Il est inutile de dire qu'il serait impardonnable de les livrer à la circulation des voyageurs qui y seraient exposés aux plus grands dangers; cependant il importe, d'un autre côté, que l'on tire parti de ces travaux dans le plus bref délai possible; ce n'est donc que par la bonne combinaison et l'ordre de leur exécution que l'on peut obtenir le résultat désirable. Pour cela, on combine ces travaux de telle sorte que les mouvements des terres puissent être arrêtés vers l'époque à laquelle les constructions doivent être terminées, afin que ces tassements ne soient point un motif de retard pour la mise en circulation.

Dans cet exposé succinct des travaux de terrassement que nécessite l'établissement des chemins de fer en général, nous nous sommes contenté d'indiquer ceux que l'on a à exécuter dans des terrains ordinaires; cependant de graves difficultés peuvent surgir lorsque l'on doit opérer sur des terrains marécageux, sablonneux ou aquifères; mais le cadre restreint dans lequel nous nous sommes renfermé pour ne donner qu'un aperçu général sur cette matière, qui ne peut être traitée avec quelques détails que dans des ouvrages spéciaux, ne comportant pas des développements plus étendus, nous nous contentons de signaler les difficultés sans essayer de les résoudre, renvoyant à ces ouvrages ceux de nos lecteurs auxquels une étude plus approfondie pourrait devenir nécessaire.

#### *De la chaussée.*

Lorsque les travaux de terrassement sont terminés, on établit la chaussée, qui se compose soit de pierres concassées, ne devant pas dépasser 0<sup>m</sup>017, soit de sable, soit de toute matière analogue; c'est-à-dire que la chaussée doit être telle que les eaux puissent filtrer à travers sans décomposer ni altérer les éléments qui la constituent, telle enfin que l'eau n'y puisse séjourner. Cette couche, que l'on étend sur toute la longueur d'un chemin tant en remblai qu'en

tranchée, varie d'épaisseur suivant le mode de construction adopté pour l'établissement des voies de fer. On donne à la chaussée 0<sup>m</sup>27 d'épaisseur lorsque les coussinets doivent reposer sur des dés en pierre, et 0<sup>m</sup>50 lorsqu'ils sont établis sur des traverses en bois. Dans l'un ou l'autre cas ces quantités représentent les épaisseurs réduites, c'est-à-dire mesurées après que le pilonnage en a été effectué.

Cette opération terminée, l'on procède à la pose des traverses ou des dés en pierre préalablement munis des coussinets qui doivent recevoir les rails.

Il faut remarquer que la chaussée dans les parties du chemin en tranchée est encaissée entre deux petits murs construits en pierres sèches qui forment une des parois de chacun des fossés latéraux. Ces murs ne sont point indispensables, mais leur talus sur le fossé n'est que de  $\frac{1}{10}$ ; tandis que celui de l'ensablement devant être beaucoup moins incliné, il en résulterait une augmentation dans la largeur de la tranchée, et par conséquent dans le cube du déblai, augmentation dont grossirait aussi le chiffre de la dépense.

La chaussée des parties en remblai ne diffère de la précédente que par l'absence de ces murs et par la plus grande largeur des accotements que nécessite son isolement et l'absence des fossés latéraux, qui n'existent qu'au pied des talus si le versant des terres voisines porte les eaux de ce côté, et qui n'existent point s'il les en éloigne.

### *Des gares.*

Les gares sont situées, suivant leur destination, soit aux extrémités et aux points les plus importants de la ligne, pour recevoir les voyageurs pour le départ et à l'arrivée des convois, soit à proximité des lieux d'extraction des matériaux de réparation, afin de faciliter le service d'entretien. Ces dernières renferment quelquefois des ateliers et des magasins; c'est dans les premières, où naturellement les convois s'arrêtent, que se trouvent, à des distances calculées, les magasins de combustible ainsi que les réservoirs pour l'alimentation des locomotives. Les planches XV, XVI et XVII renferment des exemples de gares principales et intermédiaires à l'usage des voyageurs.

*De la voie.*

Après avoir fait entrevoir dans ce qui précède les moyens employés pour préparer la surface qui doit recevoir les rails, nous allons passer en revue avec la même rapidité les méthodes préférées jusqu'ici pour l'établissement des voies de fer.

La voie se compose de trois éléments, le dé en pierre ou la traverse en bois, le coussinet qui y est fixé et le rail que maintient ce dernier. Les dés en pierre, comme l'indique assez leur nom, ont la forme d'un cube et sont le plus souvent en granit. Les coussinets sont en fonte ; ils doivent être d'une égalité parfaite. La semelle de chacun d'eux est percée de deux trous dans lesquels passent les chevilles ou les crampons qui les fixent soit sur les dés, soit sur les traverses. Avant la pose, les coussinets sont appliqués sur les dés, afin que l'on puisse marquer exactement sur ces derniers la place des trous qu'on y doit pratiquer en correspondance avec ceux des coussinets dans lesquels passent les chevilles de fer que l'on enfonce dans les chevilles de bois remplissant les trous des dés. La pose des coussinets exige la plus grande précision ; lorsqu'ils sont en place, ils doivent donner aux rails une inclinaison uniforme et telle que celle de leur surface supérieure corresponde à celle de la surface de roulement des roues, qui est la surface du tronc d'un cône dont le sommet se trouve à l'extérieur.

Cette disposition a pour but de rendre les déraillements plus difficiles, mais elle exige une grande précision pour l'inclinaison de la surface des rails ; sans quoi la roue glissant tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, il s'établit un mouvement latéral qui, combiné avec la vitesse, forme le mouvement en zigzag ou mouvement de lacet, non-seulement fatigant pour les voyageurs, mais aussi pour la voie, par l'effort qu'il exerce sur les coussinets, effort qui cause un ébranlement et use, les uns contre les autres, les coussinets et les chevilles. En cet état, l'humidité s'introduit plus facilement entre le coussinet et la cheville, que détruit promptement l'oxydation, ce qui expose les voyageurs à de grands dangers et occasionne des dépenses considérables.

Cet inconvénient des chevilles en fer a engagé les constructeurs à chercher les moyens de les remplacer avantageusement ; dans ce but, quelques-uns d'entre eux ont tenté de leur substituer des chevilles en

bois, qu'ils ont employées de diverses manières dans les épreuves auxquelles ils les ont soumises.

Parmi les essais tentés on en distingue un qui paraît présenter le plus de sécurité. Il consiste principalement dans la préparation du bois, qui, se trouvant réduit à son moindre volume, n'est plus sujet au retrait qui donnerait du jeu aux coussinets. Cette réduction de volume du bois est opérée par la fusion de la sève et de la résine au moyen de la vapeur à une température suffisante; les bois sont ensuite moulés en chevilles, dont la forme est celle de deux troncs de cônes à bases circulaires et à section commune. L'un de ces troncs de cône pénètre dans la traverse, l'autre dans la semelle du coussinet, ce qui constitue entre ces deux parties une sorte d'assemblage à queue d'aronde qui peut se resserrer sous l'influence de l'humidité, mais qui ne peut se relâcher par la sécheresse, puisque la cheville n'a été mise en place que réduite à son minimum. Toutefois l'expérience n'ayant point encore sanctionné l'un ou l'autre de ces moyens, les chevilles et les crampons en fer continuent à être employés de préférence pour fixer les coussinets sur les traverses.

Les traverses ont la même fonction que les dés, celle de porter les coussinets; elles sont en bois équarri, ou rond fendu en deux, et ont une largeur de 0<sup>m</sup>20 à 0<sup>m</sup>25. Leur longueur est déterminée par la largeur de la voie, plus 0<sup>m</sup>50 environ en dehors de chaque coussinet. Cette longueur est nécessaire pour la conservation de la chaussée, qui se trouverait bientôt fatiguée par une action trop immédiate, et pour celle des traverses elles-mêmes, qui seraient susceptibles de se fendre lorsque l'on enfoncerait les chevilles des coussinets.

De ces deux modes d'établissement des coussinets, le dernier paraît préférable pour plusieurs raisons; d'abord, parce que avec lui le parallélisme des rails est maintenu, tandis qu'avec les dés il ne l'est qu'imparfaitement; avantage qui se fait surtout sentir dans les courbes; ensuite, parce que la pression des convois, se communiquant au sol par la traverse, rencontre une surface de résistance plus grande que celle des dés, et conséquemment que la voie est moins sujette à baisser; parce que, lorsque la voie baisse et qu'il devient nécessaire d'ajouter à la chaussée pour la ramener à son niveau, ces traverses sont plus faciles à relever que les dés, et qu'enfin elles comportent à un plus haut degré l'élasticité convenable à la marche des convois. Cependant, en énumérant ici les

avantages des traverses sur les dés, il est bon aussi de signaler l'inconvénient grave qui ressort du bois lui-même lorsqu'il est exposé à l'humidité et à la sécheresse alternatives; nous voulons dire la pourriture: aussi a-t-on fait des recherches dans le but de mettre tous les avantages du côté des traverses: ainsi, on a kyanisé les bois (1), et on les a traités suivant diverses autres méthodes, que l'on n'a pu jusqu'ici apprécier suffisamment pour qu'on puisse regarder cette question comme résolue.

*De la pose des dés ou des traverses.*

Après avoir exposé les avantages ou les inconvénients inhérents à chacun de ces deux systèmes d'établissement des coussinets, nous allons indiquer les précautions à prendre pour la pose de leurs supports.

Les dés en pierre se posent deux à deux sous les lignes de rails, de telle manière que leurs axes se trouvent sur la même perpendiculaire à l'axe de la voie, et que ceux d'une même ligne ne soient espacés que de la longueur déterminée par la force des rails à employer, et qui peut varier de 0<sup>m</sup>90 à 1<sup>m</sup>20 pour ceux de 20 à 40 kilog. par mètre linéaire, avec coussinets intermédiaires de 7 kilog. à 12 kilog. et coussinets de joint de 9 kilog. à 16 kilog.

Avant la pose des dés ou des traverses on pilonne le sol qui doit les recevoir pour lui donner de la fermeté. Le cahier des charges du chemin de fer de Londres à Birmingham porte que les dés doivent être mis en place au moyen d'un levier à ressort qui les élève à la hauteur d'un pied pour les laisser tomber à diverses reprises jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus aucune différence de niveau à chaque nouvelle chute. Si le dé descend trop bas, on doit le relever par une addition de sable, et recommencer l'opération tant qu'il n'aura pas atteint le niveau voulu et que le sol n'aura pas acquis la fermeté nécessaire dans toute l'étendue de son lit inférieur.

Lorsqu'on emploie les traverses, il faut commencer par pilonner le sol, et battre ensuite les traverses elles-mêmes pour les enfoncer jusqu'au niveau qu'elles doivent atteindre, ayant soin de les relever si cela est nécessaire jusqu'à ce que la traverse soit à sa place sur un sol ferme.

(1) Le procédé Kyan, ainsi nommé du nom de son auteur, consiste à imbiber le bois de sublimé corrosif.

Il ne faut pas surtout négliger de battre le sol sous les extrémités plus que sous toute autre partie des traverses, afin que la résistance soit plus grande là où l'effort est le plus direct.

*Avantages des rails en fer malléable.*

Comme nous l'avons dit au commencement de cet article, des chemins de bois établis dans les mines de Newcastle furent l'origine des chemins de fer, puisqu'ils en renfermaient le principe, et qu'une simple substitution de matière dans l'une de leurs parties suffit à opérer la transformation. La longuerine ou ornière en bois fut d'abord couverte de plaques de fonte à rebord, ce fut le premier pas marqué dans la voie de la transformation; puis vint le rail en fonte avec supports interrompus, qui prit la place de la longuerine ainsi défendue; et enfin le rail en fer malléable, qui fit disparaître le précédent, et qui maintenant est le seul en usage, préférence fondée sur des avantages importants non-seulement sous le rapport de la solidité, mais aussi sous celui de l'économie. En effet, sans entrer dans la considération des résistances relatives de la fonte et du fer, qui nous paraissent suffisamment connues pour que nous puissions nous abstenir de les reproduire ici, nous remarquons d'abord que les rails en fonte n'avaient que 1<sup>m</sup>20 de longueur quand celle des rails de fer est de 4<sup>m</sup>50; tirant les conséquences de ce fait, nous trouvons que par l'emploi du fer on diminue le nombre des joints, par conséquent celui des secousses destructives qu'ils occasionnent et qu'on ne peut faire disparaître complètement. En outre, les rails de fonte doivent présenter une section plus considérable que les rails en fer, bien qu'ayant des points d'appui plus rapprochés. Et si l'on ajoute à cela que le fer employé pour la confection des rails en fonte doit être de la première qualité, tandis que mis en œuvre à l'état de fer malléable, il peut n'être que de la seconde, on concevra aisément qu'employé sous cette dernière forme, il puisse présenter des avantages même au point de vue de l'économie.

*Des rails ordinaires.*

Parmi les rails actuellement en usage on distingue les rails à champignon, les rails évidés et les rails plats. Les premiers (*voir les 13 premières figures de la planche XXII*), dont le nom dérive de la forme par

Pl. 22.

l'analogie que présente, sous ce rapport, la coupe transversale de ces rails avec la plante du même nom, se composent de parties principales distinctes, le champignon proprement dit et la tige. Ils sont dits à simple ou à double champignon, suivant que la tige porte le renflement à l'une seulement de ses extrémités ou aux deux à la fois. Quelquefois la tige du rail à champignon simple, dans ce cas moins haute que dans les précédents, se termine inférieurement par une semelle (fig. 12 et 13). Cette variété ne s'emploie pas comme les précédentes qui sont maintenues dans des coussinets, elle s'établit sans intermédiaires sur des longuerines reposant sur les traversines, et porte ainsi en tous points; ce qui autorise à diminuer les rails d'une quantité de force équivalente à celle que lui prêtent les longuerines.

En faisant le rail dont la tige se termine en deux champignons égaux (fig. 1), on a eu pour but de prolonger la durée des rails; on a cru même pouvoir à peu près la doubler en retournant le rail pour offrir au roulement la surface intacte du champignon inférieur en remplacement de celle du champignon supérieur, usée par le frottement. Il n'en a pas été ainsi: l'expérience a fait reconnaître que lorsque l'un des champignons est hors de service, les fibres du fer, qui ont été constamment comprimées par la flexion sous la charge des fardeaux, sont assez profondément altérées pour que la sécurité fût sérieusement compromise si par leur position inférieure elles se trouvaient avoir à résister à un effort contraire, celui de traction, qui serait la conséquence nécessaire de leur changement de position. On a donc ainsi été amené à supprimer le champignon inférieur et à répartir la quantité de matière qu'il contenait sur la tige et le champignon supérieur, sur la durée duquel repose désormais celle du rail tout entier. Diverses formes ont été affectées à ce champignon, les unes présentant une large surface de roulement, proportionnellement au volume; les autres moins larges et plus soutenues; enfin, la surface supérieure, après avoir été convexe, est devenue plane, et de plane redevenue convexe par suite des observations qui ont pu être faites dans la pratique sur les propriétés respectives de ces formes. La surface convexe avait été abandonnée à cause des roues, qui se trouvaient fatiguées de ne porter que sur un si petit espace; la surface plane devait suppléer à ce défaut, mais on lui découvrit bientôt un inconvénient qui fit revenir à la surface convexe, qu'elle avait été destinée à remplacer.

L'inclinaison de la surface supérieure des rails vers le centre devait, nous l'avons déjà dit, correspondre exactement à la surface conique des roues, afin d'offrir un obstacle aux déraillements; il était difficile qu'on arrivât assez exactement à ce résultat pour que les rails à surface plane pussent coïncider en tous points avec la surface conique, d'où il résultait que les roues portant tantôt sur un des bords du rail, tantôt sur l'autre, glissaient alternativement d'un côté et de l'autre, ce qui constituait un mouvement en zigzag, appelé mouvement de lacet, très-prononcé, fatigant pour les voyageurs comme pour le matériel et la voie, et qui a fait rétrograder vers la méthode primitive, dont la valeur relative a pu alors être mieux appréciée.

Quant à la partie inférieure de la tige, les divers exemples qui en sont donnés, pl. XXII, montrent qu'il suffit qu'elle porte soit un renfoncement, soit une saillie qui puisse former arrêt pour retenir la base du rail sur la semelle du coussinet. Cependant les inconvénients qui résultent de la différence de résistance des rails aux points d'appui et dans leurs intervalles a fait apparaître le rail ondulé (fig. 9, 10 et 11) destiné à la régulariser. Certes, si l'application ne venait pas apporter ses entraves, cette modification serait heureuse; mais les parties courbes de la voie sur lesquelles les points d'appui sont inégalement espacés, puisqu'ils doivent être deux à deux sur des perpendiculaires à l'axe de la voie, mais les terrains de résistances inégales, qui nécessitent des portées différentes, en rendant l'exécution difficile et dispendieuse, font disparaître l'avantage de cette innovation et la font tomber en désuétude.

#### *Des rails sur longuerine.*

Tous les rails établis sur des coussinets sont à champignon; ceux portant semelle que l'on a quelquefois fixés sans intermédiaire aux traversines, mais qui, en cet état, ne présentaient point de stabilité vu l'insuffisance des points d'attache, et qui s'établissent ordinairement sur des longuerines au moyen de chevilles ou de crampons que l'on peut multiplier à volonté, sont de formes diverses, soit à champignon, soit évidés, comme fig. 12, 13 et 14. Ces derniers sont préférables en ce qu'ils sont plus forts et qu'il ont plus d'assiette.

De tous ces rails, les plus simples consistent en des bandes de fer

vissées sur des longuerines; ils sont d'un usage fréquent aux États-Unis; mais ils ont l'inconvénient de se détacher des longuerines par suite de l'extraction des vis.

En général, les chemins en fer et bois sont préférables à ceux tout en fer, à cause de leur élasticité, qui adoucit la marche des convois et régularise les vibrations : aussi l'application de ce système, qui a paru jusqu'ici presque exclusivement réservé aux États-Unis, commence-t-elle à se répandre en Angleterre et en Allemagne. Les rails qui y sont employés sont à champignon ou évidés. Les premiers diffèrent des rails ordinaires à un seul champignon, par la tige, qui, dans ce cas, est beaucoup plus courte que dans les rails ordinaires, puisqu'ils sont soutenus entre les points d'appui par les longuerines. D'ailleurs ce qui constitue aussi cette différence, c'est que tous les rails sur longuerines se terminent inférieurement par une semelle qui sert à les fixer, tandis que les rails simples qui s'établissent différemment n'en ont pas.

#### *Des changements de voie.*

Les changements de voie s'effectuent de diverses manières : le moyen le plus simple et le seul applicable lorsqu'il s'agit de mettre une voie en communication avec trois ou un plus grand nombre de prolongements, consiste à mobiliser l'extrémité de cette voie, afin de pouvoir l'adapter à volonté à l'une quelconque des autres. Par ce moyen, si les aiguilles, ou rails mobiles, sont assez longues pour que la déviation ne soit pas trop brusque, le passage peut s'effectuer à toute vitesse et sans secousse; et cette méthode serait évidemment la meilleure si l'on pouvait compter sur la ponctualité des agents à s'acquitter de leurs devoirs; mais comme ils ne sont pas infailibles, et que si un oubli de leur part, lorsqu'il s'agit du passage d'une locomotive de la voie unique sur un de ses prolongements, n'a d'autre inconvénient que de l'engager dans une fausse route, il n'en est pas ainsi dans la marche en sens contraire, puisque la locomotive se trouve alors lancée hors de la voie, et que ce déraillement peut avoir pour conséquence les accidents les plus graves.

Bien que le changement de voie qui s'exécute au moyen d'une seule aiguille soit inférieur au précédent, lorsqu'on les compare l'un à

l'autre sous le rapport de la douceur du passage et sous celui de la vitesse, il n'en est pas moins préférable à cause des avantages qu'il a sur lui, considéré au point de vue de la sûreté. En effet, l'aiguille unique appartenant à la double voie étant maintenue en contact avec le rail au moyen d'un contre-poids, cette aiguille est facilement dérangée par le bourrelet des roues, auquel elle livre passage d'elle-même sans aucune précaution préalable. En outre, pour le passage en sens inverse on déplace l'aiguille à l'aide d'un mécanisme très-simple; et si cette précaution n'est pas prise, il en résulte le pire des inconvénients de ce mode de changement, inconvénient sans danger toutefois, puisqu'il consiste simplement à engager le convoi sur une fausse voie.

Un troisième moyen consiste à n'avoir aucune partie des rails mobile, mais seulement des aiguilles distinctes formant contre-rail, et servant ainsi à diriger les convois dans leur marche. Dans ce système on n'a à craindre, au cas où les contre-rails n'auraient pas été convenablement dirigés, qu'une simple secousse résultant du passage par-dessus l'aiguille. C'est pourquoi ces deux moyens sont généralement préférés à celui des rails mobiles, bien qu'ils nécessitent un ralentissement dans la marche et qu'ils occasionnent des secousses qu'on ne ressent pas avec ce dernier.

#### *De la pose des rails.*

Si l'on construit un chemin ordinaire avec supports espacés, après la pose de ces supports on place les rails dans les coussinets et on les fixe au moyen de cales ou coins, qui, vu la forme des rails, s'opposent à leur déversement en même temps qu'ils les empêchent de quitter la semelle du coussinet sur laquelle ils reposent et qu'ils laissent, dans le sens longitudinal, autant de liberté qu'il en faut pour que les mouvements qui résultent de la dilatation puissent s'effectuer.

Dans les parties droites en tranchée, la ligne perpendiculaire à l'axe de la voie, qui joint deux points correspondants de la surface des rails, doit toujours être horizontale. Il n'en est pas ainsi dans les parties courbes; il faut, au contraire, ne pas négliger d'établir les rails de la grande courbe au-dessus du niveau de ceux de la courbe inférieure d'une quantité proportionnelle à la vitesse et en raison inverse de la longueur du rayon. Pour les courbes d'un rayon de 1200<sup>m</sup> à 1500<sup>m</sup> que

l'on parcourt à grande vitesse, la surélévation habituelle est de  $0^m02$ .

Cette disposition a pour but de maintenir les convois sur les rails en offrant un obstacle à la force centrifuge, qui tend à les en faire sortir. Sur les remblais, la différence de résistance du sol en raison de la position plus ou moins rapprochée du bord nécessite une précaution analogue à la précédente. Ainsi, les rails qui bordent les accotements se tiennent un peu plus élevés que ceux du côté de l'entre-voie, eu égard au tassement irrégulier qui résulte des deux positions, et cela pour les parties droites, en sorte que les rails des courbes extérieures y sont un peu plus élevés qu'ils ne le sont dans les tranchées.

Dans la pose on a égard aux variations qui résultent des changements de température, c'est-à-dire qu'on laisse du jeu dans les joints des rails, afin qu'ils puissent s'allonger sans obstacle et conserver leur rigidité. Cette latitude des joints est ordinairement de  $0^m002$  lorsque la pose a lieu en été, de  $0^m004$  lorsqu'elle a lieu en hiver. Toutefois la condition essentielle de ces joints, quelle que soit d'ailleurs leur forme, est d'être parfaitement unis; il faut, en un mot, que deux rails contigus offrent la continuité de la même surface, sans quoi la dislocation des coussinets serait bientôt le résultat d'une imperfection même légère en ce sens, en raison de la vitesse et du poids des corps en mouvement.

#### *Des coins.*

Les coins à l'aide desquels les rails sont fixés dans les coussinets sont en fer ou en bois. Les premiers sont préférables tant qu'il s'opère quelque mouvement dans les terres, et la raison en est qu'alors on se trouve dans la nécessité de relever la voie, ce qui oblige à desserrer les coins, opération d'autant plus facile que le coin sera plus dur; mais, lorsque le tassement a complètement cessé, la fermeté du sol maintenant les rails à leur niveau, ces desserrements ne sont plus nécessaires, et alors les coins en bois sont à leur tour préférables aux coins en fer, parce qu'ils ne sont pas, comme eux, sujets à se desserrer par suite des vibrations, ce qui est un inconvénient dont il est aisé d'apprécier la gravité, et qu'ensuite on n'est pas exposé, en les chassant, à casser le coussinet, autre inconvénient résultant de l'incompressibilité du fer. Enfin, les coins en bois ont encore l'avantage d'adoucir par leur élasticité les vibrations qui se manifestent au passage des convois; à cet

effet, et pour assurer une libre circulation, les coins sont placés en dehors de la voie, ce qui fait disparaître le danger qu'il y aurait à ce qu'ils fussent heurtés par les bourrelets des roues, s'ils étaient placés à l'intérieur.

Les coins en bois doivent être très-secs avant d'être mis en œuvre. On réduit même quelquefois leur volume en les comprimant, afin qu'en place il ne puisse qu'augmenter, et conséquemment assurer le résultat que l'on doit obtenir, l'immobilité du rail. Toutefois il est bon de faire remarquer que le gonflement de ces coins ne peut, vu leur compressibilité, exercer sur la joue du coussinet avec laquelle ils sont en contact un effort susceptible de la faire éclater.

#### *Du remplissage de la voie.*

Lorsque la pose des rails est terminée, on remplit les voies et entre-voies, en ayant soin de pilonner autour des supports, soit dés, soit traverses; mais cette opération est surtout importante en dehors du rail extérieur des courbes contre lequel la force centrifuge s'exerce et qu'elle tend à déplacer.

L'ensablement de la chaussée a pour but principal d'arrêter les locomotives s'il leur arrive de sortir de la voie, de mettre les ponts en bois à l'abri des charbons qu'elles sèment sur la route et de régulariser l'écoulement des eaux. Le voisinage du chemin de fer nécessite aussi pour les ouvrages d'art certaines précautions qui puissent les sauver des ébranlements que pourrait y occasionner le passage des convois; c'est au sable qu'on a encore recours, en cette circonstance, pour amortir les secousses par son interposition entre la chaussée et les maçonneries.

#### *Entretien.*

L'exactitude qu'exige l'établissement de la voie d'un chemin de fer suffit pour faire comprendre l'activité et le soin qu'on doit apporter à l'entretien et aux réparations qui deviennent nécessaires lorsque la circulation y est ouverte; la moindre négligence à cet égard pourrait entraîner les conséquences les plus fâcheuses. En général, il faut autant que possible exécuter les travaux que nécessitent les tassements et autres, avant les gelées et les grandes chaleurs, afin de ne pas détruire la

fermeté de la chaussée, en altérant la cohésion du sable, qui perd son humidité lorsqu'il est exposé à l'air pendant les chaleurs, et qui s'affaisse au dégel lorsque les travaux sont exécutés en hiver. De tous les tassements, ceux qui sont le plus à craindre, et qui par conséquent exigent les réparations les plus promptes, sont ceux qui ont lieu sous les courbes extérieures, vu la force centrifuge à laquelle elles doivent toujours présenter une résistance suffisante par leur surélévation, sous peine des accidents terribles qui peuvent résulter d'un déraillement.

## GARE DE PARIS.

*Chemin de fer de Paris à Orléans.*

Après cet exposé succinct des principaux résultats des expériences faites jusqu'ici dans l'établissement des chemins de fer, nous avons réuni dans quelques planches des figures, soit pour aider à l'intelligence des notions qui précèdent, soit pour y suppléer. Dans les pl. XV et XVI sont contenus des plans, élévations et coupes de la gare de Paris (chemin de fer de Paris à Orléans); les bâtiments dont elle est composée ont été élevés sur les plans et sous la direction de M. Callet, architecte, à l'exception de quelques adjonctions qui ont été faites par M. Cendrier.

Pl. 45. La fig. 1 de la planche XV est le plan de la partie de la gare de Paris (chemin de fer de Paris à Orléans) affectée au service des voyageurs et des bagages.

A. Bâtiment d'administration.

*Rez-de-chaussée.*

1. Porte cochère.
2. Cour.
3. Vestibule.
4. Antichambre.
5. Caisse.
6. Cabinet du directeur de l'exploitation.
7. Contrôle.

8. Bureau et cabinet de l'ingénieur du matériel.
9. Concierge.
10. Logement du caissier.
11. Comptabilité.
12. Latrines pour les employés.
13. Livres.
14. Bureaux de la caisse.

*Premier étage.*

Le premier étage de ce bâtiment renferme :

- L'atelier des dessinateurs,
- Les bureaux du contentieux,
- Le cabinet du directeur du contentieux,
- Le cabinet du principal commis,
- Une antichambre,
- Une salle de conseil,
- Le bureau et le cabinet de l'ingénieur en chef,
- Les bureaux des sous-ingénieurs,
- Celui de l'archiviste,
- L'atelier des topographes ou dessinateurs de l'ingénieur et le logement du concierge.

*Deuxième étage du bâtiment au fond de la cour.*

Le logement du directeur occupe l'étage supérieur, élevé sur la partie de ce bâtiment qui renferme les pièces 3, 4, 5, 6, 14 et 15. Il se compose de :

- Deux chambres à coucher,
- Deux salons, grand et petit,
- Boudoir,
- Cabinet de travail,
- Salle à manger,
- Office et cuisine.

Enfin dans les combles se trouvent des greniers et des chambres de domestiques.

Adjacents à ce bâtiment se trouvent des ateliers B, pour les petites réparations des wagons.

- C. Cour de chargement des chaises de poste et marchandises à grande vitesse.
- D. Cour de départ des voyageurs.
- E. Cour d'embarquement et de débarquement des diligences.
- F. Cour d'arrivée des chaises de poste.
- G. Cour d'arrivée des voyageurs.
- H. Cour d'arrivée des marchandises à grande vitesse.

I. Bâtiment des bureaux et salles d'attente.

- 1. Vestibules pour les voyageurs qui ont des bagages.
- 2. Enregistrement des bagages et articles de messagerie.
- 3. Salle d'attente de première classe pour Orléans.
- 4. Vestibule d'attente pour les voyageurs de la ligne d'Orléans.
- 5. Bureau des billets pour Orléans.
- 6. Salle d'attente de deuxième et de troisième classe pour Orléans.
- 7. Salle d'attente de première classe pour Corbeil.
- 8. Vestibule d'attente pour les voyageurs de la ligne de Corbeil.
- 9. Bureau des billets pour Corbeil.
- 10. Salle d'attente de deuxième et troisième classe pour Corbeil.
- 11. Passages couverts communiquant du bureau d'enregistrement des bagages aux salles d'attente.
- 12. Trottoir de départ des voyageurs.
- 13. Trottoirs d'arrivée des voyageurs.

Les diligences sont chargées et déchargées au moyen des grues J.  
Les trains et les chevaux de ces diligences s'abritent sous les hangars K.

A l'une des extrémités de la cour d'arrivée G se trouvent les pièces suivantes :

- L. Bureau du commissaire de police.
- M. Poste de médecin, avec pharmacie.
- N. Hangar pour le déchargement des bagages et messageries à grande vitesse.
- O. Salle de distribution des bagages.
- P. Bureau restant pour les bagages.
- Q. Octroi.

La fig. 2 est une élévation des bâtiments de la gare du côté de l'entrée.

La fig. 3 est une coupe sur *a b*, fig. 1 ; et la fig. 4, sur *c d*.

La fig. 5 représente par moitiés l'élévation et la coupe d'un hangar K; la fig. 6 en est la coupe transversale.

La fig. 7 est la façade de l'embarcadère, vue du chemin de fer; la fig. 8 en est une coupe sur *ef*, et la fig. 9 une coupe longitudinale.

La fig. 1 de la pl. XVI est le plan de la partie de la gare de Paris (chemin de fer de Paris à Orléans) affectée au service des ateliers et des marchandises,

Pl. 16.

A. Partie du plan de l'entrepôt des marchandises, prise dans les fondations.

C. Partie au-dessus du sol.

C. Prolongement projeté.

Ce bâtiment est représenté en élévation et en coupe longitudinale, suivant *ab*, par la fig. 2.

D. Atelier de construction des wagons.

E. Atelier de peinture des wagons.

F. Remise de wagons en construction et réparation.

Ce bâtiment est représenté en élévation et en coupe, suivant *cd*, par les fig. 3 et 4.

G. Atelier des forges.

H. Atelier de tôlerie et chaudronnerie.

I. Atelier de montage.

J. Atelier d'ajustage avec machines à vapeur et scierie à scie circulaire.

K. Bâtiment renfermant des bureaux et des dépôts de pièces de rechange.

Les fig. 5 et 6 sont des coupes de ces bâtiments, suivant *ef* et *gh*.

L. Latrines pour les ouvriers.

M. Réservoir d'eau composé de 4 cuves de chacune 2 mètres de haut.

N. Bâtiment d'habitation des chefs d'ateliers.

O. Réservoir d'eau en tôle à 4 mètres au-dessus des rails; il est couvert et chauffé pendant l'hiver. Au-dessous est un bureau pour les mécaniciens-conducteurs.

P. Rotonde pour 16 machines et tenders, découverte dans son milieu.

La fig. 7 représente par moitiés l'élévation et la coupe de cette rotonde.

Q. Maison de gardien.

R. Hangars à coke.

S. Dépôts de coke.

## STATION DE SAINT-LOUIS.

*Chemin de Strasbourg à Bâle.*

Pl. 17. Nous donnons dans la pl. XVII, d'après MM. Bazaine et Chaperon, ingénieurs des ponts et chaussées et des chemins de fer de l'Alsace, le plan général et quelques détails à une petite échelle de la station de Saint-Louis sur le chemin de fer de Strasbourg à Bâle et de celle de Merxheim. La station de Saint-Louis, située près de la frontière suisse, est le siège de l'administration des douanes frontières.

La fig. 1 est le plan de cette station : les espaces et bâtiments dont elle se compose sont désignés par des lettres de renvoi correspondantes à celles de la table suivante, qui en indique l'usage.

- a. Cour pour les voyageurs et les marchandises en chargement.
- b. Logement du portier.
- c. Corps de garde de douaniers et bureau des commissaires de police.
- d. Lieux d'aisances.
- e. Bâtiment des voyageurs composé des bureaux, des salles d'attente et des salles de visite des douanes.
- f. Trottoirs couverts de départ et d'arrivée.
- g. Sortie.
- h. Hangars, magasins et bureaux pour les marchandises.
- i. Terrasses pour le chargement des marchandises et du bétail.
- j. Remise de voitures et de deux locomotives.
- k. Petit atelier.
- l. Puits et pompe.
- m. Dépôt de coke et réservoir d'eau, alimenté par une machine à vapeur de la force de deux chevaux.
- n. Magasins.
- o. Emplacement servant à des dépôts de toute espèce.
- p. Guérite d'un aiguilleur.
- q. Voie de Strasbourg à Bâle.
- r. Voie de Bâle à Strasbourg.
- s. Voies pour le service des marchandises.
- t. Voies pour le service des locomotives.
- u. Changements de voie.

La fig. 2 est l'élévation, du côté de la cour, du bâtiment des voyageurs marqué *e* sur le plan.

La fig. 3 est une coupe de ce même bâtiment sur A B, fig. 1.

Les fig. 4 et 5 sont des coupes suivant CD et EF du bâtiment *h*, fig. 1.

Les fig. 6 et 7 sont des détails de l'assemblage de la charpente du comble de ce même bâtiment *h* sur les poteaux intérieurs.

Les consoles qui consolident cet assemblage sont en fonte; les grandes pèsent 38 kilog., les petites de 16 à 18 kilog. : elles ont été payées à raison de 38 fr. les 100 kilog.

Les fig. 2, 3, 4 et 5 sont à une échelle double de celle du plan, et au dixième des fig. 6 et 7.

Le hangar adossé au bâtiment *e*, et qui couvre les voies ainsi que les trottoirs de départ et d'arrivée, est supporté par seize poteaux en chêne; le reste des bois est en sapin. La couverture est, comme celle des bâtiments, en zinc, n° 14, cloué sur bordage de sapin raboté sur la face apparente. Ce hangar a coûté, non compris les maçonneries des trottoirs, 15,800 fr., dont 1,600 fr. pour les fers et fontes; 10,400 fr. pour le bordage, la couverture en zinc et ses accessoires; et 3,800 fr. pour les autres parties de la charpente.

Le comble du hangar des marchandises, marqué *h* sur le plan fig. 1, est à trois volées; il est soutenu par quatre rangs de poteaux en bois de chêne. Au centre sont trois voies couvertes pour les manœuvres des wagons, et, de chaque côté, des terrasses pour le rechargement et le déchargement des marchandises. Entre ces terrasses et les deux rangs extérieurs de poteaux, on a ménagé des couloirs de 3 mètres de longueur pour le passage des camions.

La largeur totale du hangar est de 60 mètres, la largeur de chaque volée est de 10<sup>m</sup> 50 d'axe en axe des poteaux. Les parois extérieures sont fermées alternativement par des cloisons en briques et par des portes roulantes. La couverture est en zinc, et l'on y a ménagé des châssis vitrés de 1 mètre carré chacun. Les eaux pluviales sont recueillies dans des tuyaux qui descendent le long des poteaux, pour, de là, se rendre dans des puits absorbants.

#### *Station de Merxheim.*

La fig. 8 est le plan du petit bâtiment de la station de Merxheim. II

est construit en pans de bois avec remplissage en brique. Il se compose à rez-de-chaussée d'une salle d'attente *a*, d'un bureau de receveur *b*, d'un magasin *c* pour outils et objets divers.

*d* est la porte d'entrée, *e* est celle qui communique aux trottoirs de départ et d'arrivée.

Le premier étage de ce bâtiment est occupé par le logement du concierge.

Les fig. 9 et 10 sont deux élévations de ce bâtiment de station; la première, d'une des faces latérales; la seconde est celle du pignon côté du magasin.

La fig. 11 est la coupe transversale de ce bâtiment.

#### *Chemin de fer de Londres et Greenwich.*

La gare de départ de ce chemin est située à Londres, près de l'extrémité sud du pont de ce nom. Sa longueur est d'environ 400 pieds anglais (121<sup>m</sup>90), sur 60 pieds (18<sup>m</sup>28) de large; elle renferme quatre voies de fer qui se réduisent à deux, environ 130 yards (119<sup>m</sup>85) de l'entrée. Ce chemin, dont la longueur totale est de moins de 4 milles (6<sup>ki</sup>437), offre cela de particulier qu'il est établi dans toute son étendue sur un viaduc presque entièrement construit en briques, et s'élevant à une hauteur considérable au-dessus du sol, qui, voisin de la Tamise, se trouve en grande partie au-dessous du niveau des hautes eaux de ce fleuve. Les arcs du viaduc sont presque tous demi-circulaires, de 18 pieds (5<sup>m</sup>48) d'ouverture avec des piliers de quatre briques, ou de 3 pieds (0<sup>m</sup>91) d'épaisseur; ce qui fait juste le sixième de l'ouverture. Les archivoltes ont une brique et demie d'épaisseur, excepté sous les murs au-dessous des rails, où elles en ont deux: les fondations, qui varient en profondeur de 3 pieds (0<sup>m</sup>91) à 24 pieds (7<sup>m</sup>30), sont assises sur un massif de béton composé de 1 partie de chaux pour 6 de gravier.

La largeur totale du viaduc est de 26 pieds (7<sup>m</sup>90) et celle entre les parapets de 22 (6<sup>m</sup>70). Des piliers de 8 pieds 6 pouces (2<sup>m</sup>59) d'épaisseur, établis à des intervalles de douze arcades, s'élèvent à quelques pieds au-dessus du niveau du chemin et forment des guérites qui servent de retraite aux ouvriers lors de l'approche des convois.

Les rails sont fixés à des distances de 4 pieds 8 pouces et demi (1<sup>m</sup>45); leur surface supérieure est d'environ 2 pouces  $\frac{1}{8}$  (0<sup>m</sup>054) de large, leur

hauteur est de 4 pouces ( $0^m 108$ ), et leur épaisseur à leur partie inférieure de 1 pouce ( $0^m 025$ ); les longueurs des morceaux sont de 12 pieds ( $3^m 65$ ) et 15 pieds ( $4^m 67$ ); les coussinets, dans lesquels les rails sont fixés au moyen de coins en fer, sont espacés de trois pieds ( $0^m 91$ ) les uns des autres et établis sur des dés de granit d'environ 4 pieds cubes ( $0^m 113^{\text{cubes}}$ ), et ils sont séparés par des cales minces en bois d'orme.

Les fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 de la pl. XVIII représentent divers détails de ce chemin. La fig. 1 est une élévation du viaduc, dont les fig. 2 et 3 sont la coupe transversale et un fragment du plan. La fig. 4 est l'élévation, du côté du chemin, d'une des guérites qui servent de refuge et d'abri aux ouvriers. Les fig. 5 et 6 sont une coupe et une élévation du rail et du coussinet.

Pl. 48.

*Chemin de fer de Londres à Croydon.*

Le système d'établissement de la voie sur cette ligne diffère matériellement de celui adopté sur beaucoup d'autres lignes importantes.

Les raisons qui ont donné lieu à cet éloignement de l'usage établi se trouvent dans les objections sérieuses qui sont attachées au système de supports isolés donnés aux rails au moyen des dés et des coussinets, au lieu d'un support continu d'une extrémité à l'autre.

La difficulté de maintenir solidement les dés en pierre sur leurs lits de manière à résister à la force qui s'applique continuellement à les déplacer, la facilité qu'ont les coussinets à s'ébranler sur les dés en pierre et les rails à s'ébranler dans les coussinets, constituent quelques-unes des objections faites au système actuel; d'un autre côté, l'augmentation dans le poids du fer requise pour les rails dont les supports sont espacés de  $1^m 00$  et quelquefois de  $1^m 20$  et  $1^m 50$  n'est pas une considération à dédaigner.

L'expérience paraît demander qu'un corps doué de quelque élasticité serve d'intermédiaire entre le rail et la traverse; M. Gibbs s'est déterminé à adopter un système par lequel il a pensé anéantir ou au moins atténuer beaucoup la force des objections signalées, et assurer en même temps les avantages qui doivent résulter de la présence d'un tel corps : à cet effet, et après mûre réflexion, il a résolu, de concert avec M. Vignoles, d'abandonner complètement l'usage des coussinets, en leur substituant, ainsi qu'aux dés en pierre, une plate-forme ou fondation en

charpente composée de traverses et de longuerines portant les rails dans toute leur longueur, comme on le voit par les fig. 7 et 8.

La large base des rails est vissée aux longuerines, moyen qu'on a trouvé beaucoup plus efficace pour assurer la stabilité que de les fixer avec des chevilles, comme on en avait d'abord l'intention. On a fait des observations auxquelles on a apporté tout le soin et l'exactitude possibles sur l'effet produit par de lourds fardeaux passant sur le chemin permanent, et les vibrations qui en ont été le résultat ont été tellement faibles que les particules de poussière entre les joints des rails n'en ont pas été dérangées.

La supériorité sous ce rapport paraît résulter de ce que tout le système de plate-forme en charpente, ainsi que les rails qu'il supporte, cède légèrement sous la charge mobile, ce qui n'a pas lieu sans l'élasticité nécessaire; ainsi la flexion étant uniforme, aucune partie n'est plus dérangée qu'une autre, et reprend sa position à l'aide de l'élasticité de l'ensemble; en outre, les traverses maintiennent rigoureusement le parallélisme des lignes des rails. Il est important de remarquer qu'on n'entend pas ici par l'élasticité cette flexibilité qui ressemblerait à une courbure du rail, mais simplement celle qui prévient ce tremblement fatigant produit par le contact de deux corps non élastiques lorsque de lourds fardeaux passent dessus à de très-grandes vitesses.

Les fig. 7 et 8 représentent la voie en plan et coupe. La fig. 9 est une coupe du rail, grandeur d'exécution, et la fig. 10 l'élévation d'une des vis qui servent à le fixer.

*Chemin de fer de Londres à Birmingham.*

Dans le cours des études faites sur les chemins de fer, diverses formes ont été affectées aux rails et aux coussinets, mais basées toutes sur un principe unique. Le mode le plus généralement adopté maintenant consiste à loger dans un enfoncement d'une des faces intérieures du coussinet une saillie correspondante de la partie inférieure du rail qui se trouve maintenu au moyen d'une clef ou coin que l'on enfonce entre l'autre face du coussinet et le rail. Cette disposition est exprimée par les fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de la pl. XIX, qui représentent le mode d'assemblage du rail, de 65 livres anglaises (39<sup>kil</sup>47) au yard (0<sup>m</sup>914), du chemin de Londres à Birmingham avec ses coussinets. Les trois premières de ces figures représentent en plan, élévation et

coupe le coussinet simple ou intermédiaire; les trois autres, le coussinet double ou de joint.

Les fig. 7, 8, 9, 10, 11, 12 représentent un autre assemblage employé sur le même chemin par M. Stephenson pour fixer ses rails ondulés de 50 livres (22<sup>kil</sup>; 67), dont les fig. 13 et 14 sont deux coupes : l'une faite au milieu de la portée; l'autre, sur la partie qui repose dans le coussinet. Les fig. 7, 8 et 9 sont le plan, l'élévation et la coupe du coussinet intermédiaire; celles 10, 11 et 12, sont de même le plan, l'élévation et la coupe du coussinet de joint.

Le comité des directeurs de la compagnie du chemin de fer de Birmingham, désirant exécuter ce grand travail suivant les données de la science et éviter, s'il était possible, les énormes dépenses d'entretien qu'ont occasionnées les grands ouvrages de cette nature, proposa un concours public dont le prix fut fixé à cent guinées « pour la meilleure construction des rails, des coussinets et des supports, ainsi que pour le meilleur moyen d'ajuster les rails entre eux et de les assembler avec les coussinets, et ces derniers avec les dés de manière à éviter les défauts qui se sont plus ou moins fait sentir dans les chemins de fer construits jusqu'à ce jour; » indiquant comme résultat à obtenir, eu égard au poids considérable des masses devant être mues sur le chemin de fer par des locomotives à vapeur :

- 1° La forme présentant à la fois le plus de force et d'économie;
- 2° La meilleure construction du coussinet;
- 3° Le meilleur mode d'union entre le rail et le coussinet ainsi qu'entre ce dernier et les dés en pierre ou les traverses en bois; le rail ne devant pas peser moins de 50 livres le yard linéaire (0<sup>m</sup>914).

En conséquence de cet avis un grand nombre de descriptions, de plans et de modèles furent déposés entre les mains de la compagnie pendant la période accordée par le programme; on en reçut d'autres après son expiration; ceux-ci, bien que n'étant pas aptes à obtenir le prix, pouvaient cependant être admis pour l'essai. Le 24 décembre 1834 le conseil des directeurs conclut à l'examen des projets par MM. J. U. Rastrick de Birmingham, Wood de Newcastle, ingénieurs civils; et P. Barlow, de l'Académie militaire de Woolwich. Ces messieurs s'assemblèrent à Londres, et après un examen long et minutieux des divers plans, dessins et descriptions, recommandèrent celui de ces projets qui leur parut mériter la prime que les directeurs accordèrent sur leur

rapport; mais ces messieurs ne purent accomplir comme ils l'auraient désiré la partie de leurs instructions qui leur enjoignait de recommander pour l'essai un ou plusieurs rails, principalement faute de date fixe pour déterminer lesquels des rails proposés seraient les plus forts et conserveraient le mieux leur rigidité sous des fardeaux mobiles, et s'il serait bon dans la pratique de joindre invariablement le rail au coussinet; mais comme on n'avait encore fait sous ce rapport aucune expérience sur le fer malléable, on jugea qu'il valait mieux laisser cette question sans réponse que de recommander sur une simple conjecture un essai dispendieux qui, en fin de compte, aurait pu n'avoir pour résultat que d'en faire reconnaître la fausseté.

L'établissement des lignes de fer permanentes a donné naissance à des méthodes de construction aussi nombreuses que variées : c'est ainsi que les coussinets ont été fixés, tantôt sur des dés en pierre, tantôt sur des traverses en bois, et que quelquefois on a fait porter les rails dans toute leur longueur sur des longuerines, comme cela a eu lieu pour le chemin de Croydon, dont on a vu plus haut la description, page 57, et pour le Great Western railway, dont le rail est représenté en coupe transversale, pl. XXII, fig. 14. Des expériences ont été faites sur chacune de ces méthodes qui a été jugée digne d'être mise à l'épreuve, et il ne paraît pas qu'on soit arrivé à un résultat complètement satisfaisant. Parmi ceux de ces projets qu'on a trouvés le plus dignes de confiance, on peut citer le coussinet proposé par M. G. W. Buck, ingénieur d'une partie du chemin de fer de Londres à Birmingham pour les rails parallèles à double T. Voici la description que M. Buck donne lui-même de ce coussinet :

« On doit d'abord observer que quelle que soit la force du rail le passage des fardeaux qu'il a à supporter ne peut manquer de le faire fléchir entre ses supports; il faut donc (ce qui est essentiel à la conservation de la voie) que le coussinet ne se ressente pas de ce mouvement, et par conséquent l'union du rail avec le coussinet doit pouvoir permettre au rail d'exécuter le mouvement qui résulte de sa flexibilité, tout en s'opposant à tout mouvement latéral ou qui tendrait à l'élever au-dessus de son point d'appui; il faut en même temps qu'il puisse s'allonger ou se raccourcir autant que peut l'exiger la température. On obtient tous ces résultats avec les coussinets repré-

« La fig. 1 est l'élévation ; la fig. 2 est le plan d'un coussinet simple ou intermédiaire ; les fig. 3 et 4 sont l'élévation et le plan d'un coussinet double ou de joint.

« On voit que les élévations des deux coussinets sont identiques. Les parties correspondantes sont désignées par les mêmes lettres de renvoi. Les rails sont représentés en coupe dans les élévations et supprimés dans les plans. Le support du rail dans le coussinet est convexe et élevé au point D de  $\frac{2}{16}$  de pouce ( $0^m 0047$ ) au-dessus du point E, en sorte que rien ne s'oppose aux vibrations. Au reste, cette disposition n'est pas particulière au coussinet dont il s'agit.

« La partie du coussinet la plus rapprochée du bourrelet des roues ne touche le rail qu'en deux points, A et B, de la surface de deux parties saillantes en forme de sphéroïde ; A est en contact avec la tige du rail, et B avec le dessus du champignon inférieur, au point où le plan tangent à sa surface forme avec la verticale un angle de  $50^\circ$ . Le rail est maintenu par une pièce de remplissage en fonte, F, placée entre la joue extérieure du coussinet et le rail. La partie de cette pièce en contact avec le rail a aussi une forme sphéroïde, et ne le touche qu'en un point C, à peu près au milieu de la distance entre A et B.

« Cette pièce a une semelle G posée sur le fond du coussinet et un filet I entrant dans une cavité correspondante du coussinet ; elle est coincée contre le rail au moyen d'une clef en fer H, dont la moitié se loge dans le coussinet et l'autre dans la pièce de remplissage, en sorte que ces deux parties se trouvent maintenues dans leurs positions respectives.

« La manière de poser les rails dans les coussinets est comme il suit : les dés ou les traverses, auxquels les coussinets sont fixés, étant préalablement mis en place, on pose les rails dans les coussinets (la largeur entre A et K étant suffisante pour le passage) ; on introduit ensuite horizontalement les pièces de remplissage, qui sont coincées au moyen des clefs H.

« L'effet produit par le coinçage modéré de la pièce de remplissage est de serrer les rails contre les points A et B, et, par l'action du point B sur la surface inclinée du rail avec laquelle il est en contact, de l'appuyer en même temps sur le fond du coussinet au point D. Maintenant il doit être évident que tant que la clef reste en place le rail est complètement fixé latéralement et verticalement, qu'il pourra obéir sans obstacle aux mouvements qui s'opéreront longitudinalement par

suite des variations de température, et que les vibrations du rail ne produiront qu'un très-léger frottement aux points A, B, C.

« Une entaille est faite dans la face extérieure de la tête de chaque clef, afin de pouvoir l'extraire au moyen d'un levier.

« Le coussinet double ou coussinet de joint ne diffère du coussinet simple ou intermédiaire que parce qu'il est plus grand, afin de recevoir une pièce de remplissage double avec deux clefs et deux saillies qui serrent chacune l'extrémité d'un des rails qui s'y joignent. Je désire faire remarquer que le seul doute que j'ai jusqu'ici entendu élever, quant au succès complet de ce coussinet, est la chance que les clefs se relâchent et sortent de leur logement lorsqu'un convoi passerait avec une grande rapidité; la réponse la plus satisfaisante à cette crainte est que sur le chemin de fer de Londres à Birmingham on a posé, à titre d'essai, sur ces coussinets des rails sur une longueur d'environ 400 yards ( $365^m 72$ ), sur lesquels passaient les convois de voyageurs, à des vitesses excédant généralement 30 milles à l'heure ( $48^{kil} 280^m$ ), sans la moindre apparence que les clefs tendissent à sauter, puisque, au contraire, la plupart d'entre elles se sont rouillées à leur place et les points de contact se sont polis et ont acquis un peu de brillant par suite des vibrations; ce qui indique que ces coussinets répondent complètement au but qu'on s'était proposé.

« Dans un rail pesant 65 livres au yard ( $0^m 914$ ) avec des portées de 4 pieds ( $1^m 22$ ), l'espace parcouru à chaque vibration par la partie du rail en contact avec le point C est de  $\frac{3}{1000}$  de pouce ( $0^m 000076$ ).

« Ces coussinets sont destinés à remplacer ceux généralement employés pour de semblables rails dans lesquels on se sert comme pièces de remplissage de clefs ou coins en bois de 5 pouces ( $0^m 127$ ) à 9 pouces ( $0^m 228$ ) de longueur, et auxquelles on fait les objections suivantes :

« 1° Les clefs en bois sont susceptibles de diminuer de volume pendant la sécheresse, et par conséquent de se relâcher et de sortir de leurs places.

« 2° Au lieu de serrer les rails sur la semelle, elles les soulèvent; il en résulte une secousse qui est produite par le passage d'un fardeau qui fait brusquement descendre le rail jusque sur la semelle.

« 3° Dans les coussinets de joint une des extrémités de la clef tend à descendre par suite de la flexion du rail, tandis que l'autre est élevée, en sorte que l'about du rail contigu, vers lequel s'avance la roue,

est élevée au-dessus du niveau de celui sur lequel elle passe en ce moment, et un choc est produit par le contact de la roue avec l'extrémité du rail ainsi relevée. Cet effet se produit lorsqu'il y a assez de place dans le coussinet pour le jeu du rail; mais lorsqu'il est serré dans le coussinet, celui-ci est ébranlé, le mouvement se communique au dé ou à la traverse, et la route est bientôt hors de service.

« 4° Je pense qu'on doit admettre que les pièces de remplissage en bois sont moins durables que celles en fonte, même en supposant que le bois soit kyanisé. »

*Exemples de changements de voie.*

La planche XXI renferme trois exemples des divers changements de voie dont il a été question plus haut. Le premier de ces modes de changement, qui consiste à mobiliser l'extrémité de la voie unique pour l'adapter à volonté à l'une quelconque de celles auxquelles elle doit communiquer, est représenté par la fig. 1 de cette planche. Cet exemple est tiré des changements de voie des chemins de fer belges. Pl. 21.

Les parties de rail marquées A sont mobiles et servent à mettre en communication la voie fixe B avec celles C au moyen d'une tringle de fer D qui les dirige suivant le besoin sur l'une ou l'autre de ces voies. Cette tringle est mue à l'aide d'une manivelle E, dont les fig. 2 et 3 sont le plan et l'élévation.

La fig. 4 est le plan des changements de voie de Stephenson; les fig. 5 et 6 sont deux coupes longitudinale et transversale de l'appareil E, fig. 4.

Le changement s'opère au moyen du rail mobile A, qui tourne autour du boulon B. La tringle C, qui relie entre eux le rail et le levier D, fig. 5, communique au premier le mouvement qui le sépare du rail fixe F, lorsque ce levier est arrivé dans la position indiquée en ponctué, et le resserre contre ce rail lorsque le poids G ramène le levier à sa position primitive.

Cela posé, le convoi suivant la voie directe sort des doubles voies sans qu'il soit pris la moindre précaution, le bourrelet des roues suffisant à lui seul pour déranger le rail mobile, qui n'est maintenu que par le contre-poids. Dans le mouvement contraire sur la même voie l'aiguille mobile doit être préalablement séparée du rail fixe; mais

l'oubli de cette précaution n'entraîne d'autre inconvénient que de lancer le convoi sur une voie qu'il ne doit pas suivre.

Un exemple de changement de voie avec rails fixes et contre-rails mobiles est donné dans la fig. 7, qui en est le plan. Les fig. 8 et 9 sont l'élevation et la coupe de la boîte qui renferme l'excentrique, que l'on peut visiter au moyen d'une petite porte; les fig. 10 et 11 en sont deux plans, l'un pris à la hauteur de l'excentrique, l'autre dans la hauteur de la petite porte.

La fig. 12 est le plan d'un croisement de voies dont le cœur et les contre-rails sont fixés avec des vis.

Pl. 22. Dans la planche XXII sont représentés divers modèles de rails tous à champignon, à l'exception d'un seul qui est évidé, représenté par la fig. 14. Ils se divisent en trois classes; divers exemples de ceux de la première sont compris sous les huit premiers numéros. Les fig. 9, 10 et 11 offrent des variétés des rails ondulés, dont chacune de ces figures contient deux coupes, l'une prise au milieu de la portée, l'autre sur le support ou coussinet. Enfin, sous les numéros 12, 13 et 14 sont compris trois rails fixés sur longuerines dans les chemins en bois et fer. Des deux premiers qui sont à champignon le second est le meilleur, vu le peu de hauteur de sa tige, d'où résulte plus de force et moins de propension à se détacher; mais la forme du dernier le rend préférable encore à ce double point de vue, en ce que chaque point de sa surface a un support direct, et que par conséquent l'action sur les points d'attache est encore moindre que dans le précédent, qui a, par les saillies du champignon, plus de tendance au déversement.

Ces rails ont tous été employés à la construction des chemins de fer de la Grande-Bretagne, ainsi qu'on le voit ci-après, dans les renvois des figures.

Première classe.

*Rails parallèles.*

Fig.

- |    |                                                                   |
|----|-------------------------------------------------------------------|
| 1. | Coupe transvers. d'un rail du ch. de fer de Londres à Birmingham. |
| 2. | — — — de Clarence.                                                |
| 3. | — — — de Dublin à Kingstown.                                      |
| 4. | — — — de Leeds à Selby.                                           |
| 5. | — — — de Manchester à Liverpool.                                  |

6. Coupe transvers. d'un rail du ch. de fer de Greenwich.  
 7. — — — de Whitby à Pickering.  
 8. — — — de Newton à Warrington.

Deuxième classe.

*Rails ondulés.*

9. Coupe transvers. d'un rail du ch. de fer de Londres à Birmingham.  
 10. — — — de Stanhope.  
 11. — — — de Darlington.

Troisième classe.

*Rails sur longuerines.*

12. Coupe transvers. d'un rail du ch. de fer de Manchester à Bolton.  
 13. — — — de Croydon.  
 14. — — — le Great Western.

*Détail des plates-formes tournantes du chemin de Londres.  
 à Birmingham.*

Les plates-formes tournantes du chemin de fer de Londres à Birmingham, représentées en détail par les fig. 1, 2, 3 et 4 de la pl. XXIII, Pl. 25. sont en fonte et ont 12 pieds anglais (3<sup>m</sup>656) de diamètre.

La fig. 1 donne, par moitiés, le plan supérieur de la plate-forme avec le grillage en fonte, et abstraction faite de ce grillage ainsi que des plans inclinés W'; la fig. 2 est un plan de l'anneau extérieur et des galets; la fig. 3 est une coupe de l'ensemble, et la fig. 4 est l'élévation d'une partie de l'anneau extérieur.

La table repose sur un pivot central A, fig. 3, et sur huit galets en fonte, tournant sur des essieux en fer partant d'un anneau aussi en fer D, qui tourne autour du pivot central. Cette table est entourée d'un anneau en fonte EE de 12 pieds 7 pouces (3<sup>m</sup>833) de diamètre extérieur, et de 18 pouces  $\frac{1}{2}$  (0<sup>m</sup>469) de hauteur; le rail circulaire des galets FF est fondu avec cet anneau. Le diamètre intérieur de ce rail est de 11 pieds 3 pouces (3<sup>m</sup>428), et sa largeur de 1 pouce  $\frac{1}{2}$  (0<sup>m</sup>038). L'anneau extérieur est fondu en deux morceaux, réunis au moyen de rebords ou épaulements serrés l'un contre l'autre par trois boulons à écrou de 1 pouce (0<sup>m</sup>025) de diamètre, marqués GG sur les dessins.

Le plateau se compose de quatre traverses principales marquées II, se coupant à angle droit et ayant au milieu de leur portée 9 pouces (0<sup>m</sup>229) d'épaisseur verticale, et 6 pouces  $\frac{3}{4}$  (0<sup>m</sup>171) à leurs extrémités; de quatre autres traverses partant de la pièce centrale et placées suivant les diagonales du carré formé par les premières; ces traverses, marquées KK, ont 8 pouces  $\frac{1}{4}$  (0<sup>m</sup>209) d'épaisseur verticale à leur départ de la pièce centrale. On a soin de ménager dans les traverses principales des trous de  $\frac{1}{4}$  de pouce (0<sup>m</sup>109) de diamètre, au moyen desquels on fixe les rails sur la table. A l'extrémité de ces traverses principales se trouve le rail circulaire MM portant sur les galets. Quatre trous sont réservés dans la pièce centrale pour recevoir les écrous de 1 pouce  $\frac{1}{4}$  (0<sup>m</sup>031) qui servent à établir le plateau sur le pivot central. Enfin, lorsque cette plaque tournante est terminée, on place des plaques en fonte à jour, indiquées dans une partie de la fig. 1, sur les vides que laissent entre elles les traverses principales.

Les huit galets BB sur lesquels se meut la table ont 10 pouces (0<sup>m</sup>254) de diamètre, et portent à leur centre un trou capable de recevoir un axe de  $\frac{3}{4}$  de pouce (0<sup>m</sup>019) de diamètre. Ces galets se meuvent sur leur axe entre deux anneaux PP de  $\frac{5}{8}$  de pouce (0<sup>m</sup>016) d'épaisseur et de 2 pouces (0<sup>m</sup>051) de hauteur, maintenus par des écrous QQ. L'extrémité centrale des axes est vissée dans un anneau D de 1 pouce (0<sup>m</sup>025) d'épaisseur et de 5 pouces (0<sup>m</sup>127) de diamètre intérieur susceptible de se mouvoir autour du collier de la semelle R du pivot.

Cette semelle centrale est percée d'un trou de 3 pouces (0<sup>m</sup>076) de diamètre, et de 5 pouces (0<sup>m</sup>127) de profondeur; au fond se trouve une crapaudine en cuivre de 2 pouces (0<sup>m</sup>051) d'épaisseur, sur laquelle tourne le pivot. Le collier qui reçoit l'anneau D et cet anneau lui-même sont tournés. La semelle est fondue avec quatre trous de 1 pouce (0<sup>m</sup>025) de diamètre, qui servent à la fixer sur une forte croix en fer. Dans les premières constructions de ce genre, on établissait la semelle sur un large dé en pierre qui remplaçait alors la croix en usage aujourd'hui. Le pivot central A est en fonte; sa longueur est de 13 pouces (0<sup>m</sup>329) y compris la tête, qui a 1 pouce (0<sup>m</sup>025) d'épaisseur et 10 (0<sup>m</sup>254) de diamètre. La partie du pivot qui entre dans la semelle a 3 pouces (0<sup>m</sup>076) de diamètre, et cette partie est tournée et arrondie à son extrémité. La partie supérieure jusqu'au-dessous de la tête a 4 pouces (0<sup>m</sup>102) de diamètre, et est percée d'un canal oblique, de manière à porter l'huile nécessaire

dans la semelle entre les parties en contact. La table est posée sur le pivot au moyen de quatre vis de 1 pouce  $\frac{1}{4}$  (0<sup>m</sup>032) de diamètre, de telle manière qu'elle puisse être élevée ou abaissée à volonté ; à cet effet, les têtes des vis sont renversées et se trouvent à la partie inférieure de l'anneau. On fixe sur la table, à la distance voulue, qui est aussi celle des traverses principales, deux lignes de rails ou voies qui se coupent à angles droits ; ces rails W sont en fer de 2 pouces (0<sup>m</sup>050) d'épaisseur. Des plans inclinés W' en fer sont placés aux intersections des rails, pour porter les bourrelets des roues au point où les rails sont interrompus. Un loquet est fixé à la table, et des gâches y sont ménagées sur le bord de l'anneau extérieur, pour le recevoir et maintenir la table dans les diverses positions qu'elle doit prendre. (*Lire Rondelet, tome II, page 245.*)

## DES BRIQUES.

*Voir Rondelet, tome I, page 94, et tome II, page 270.*)

*De la fabrication et de l'emploi des briques crues.*

Quoique Rondelet ait donné sur la fabrication et l'emploi de la brique des explications qui peuvent paraître suffisantes, nous croyons néanmoins qu'il n'est pas inutile de noter quelques observations faites dans la *Revue de l'architecture* par M. Potier, lieutenant général du génie en Russie, sur les constructions en briques crues, depuis des siècles en usage chez les peuplades du midi de cet empire.

« Ces constructions, dit l'auteur de cette notice, résistent à des automes très-humides, à des froids de 25° à 28° Réaumur, qui durent des mois entiers et sont quelquefois alternés de dégels. »

Ces circonstances défavorables, jointes au long usage de ce mode de construction, qui s'est perpétué de génération en génération, suffisent bien, ce nous semble, pour en faire reconnaître la solidité.

A ces preuves M. Potier en ajoute encore qu'il a pu recueillir lui-même sur des bâtiments élevés par lui dans sa propriété près d'Odessa : ainsi, un soubassement de cette nature, dont les murs ont 3 mètres de hauteur sur 1 mètre d'épaisseur, sur lequel il a élevé un moulin à quatre étages et à trois paires de meules, supporte depuis vingt ans cette énorme charge sans en paraître fatigué.

Un autre exemple qui peut donner toute sécurité sous le rapport de la liaison des parties qui constituent ce genre de maçonnerie, c'est que sur un développement de murs de façade de plus de 4,000 mètres aucune partie n'a été ébranlée par un violent tremblement de terre, dont les oscillations horizontales ont été évaluées à 5 (0<sup>m</sup>135) ou 6 pouces (1<sup>m</sup>162) ; tandis que dans les environs les édifices en pierre et autres de construction ordinaire chez nous ont eu à souffrir des avaries plus ou moins considérables. La force de cohésion devient tellement grande au bout de quelques années d'existence, qu'on peut suivant l'auteur percer des baies dans des murs de cette nature sans établir de supports pour la plate-bande supérieure. Enfin, soumis à l'épreuve du feu par un accident arrivé à une vaste maison d'habitation et à une bergerie, des murs construits de cette manière ont été retrouvés intacts après l'incendie, et ont servi, comme si on venait de les élever, à la réédification de ces bâtiments.

Ces avantages sous le rapport de la solidité ne sont pas les seuls que paraisse présenter ce mode de construction ; il joint encore à l'économie la propriété d'être un abri très-efficace contre l'humidité, la chaleur et le froid, et par conséquent très-salubre.

Après avoir justifié l'addition que nous avons cru devoir faire à notre auteur par les avantages que nous venons de signaler, nous allons indiquer les moyens employés pour la confection et la pose des briques.

Ces briques sont un composé de terre et de paille ou de toute autre substance végétale, telle que foin, herbe, feuilles, roseaux, etc., etc. Elles ont l'avantage de pouvoir se faire avec toutes les terres, à l'exclusion seulement de celles qui sont trop sablonneuses, et n'exigent, pour le mélange, que de vieille paille ou de vieux foin, à peu près sans valeur.

Après avoir enlevé la couche de terre végétale jusqu'à environ 0<sup>m</sup>33 de profondeur sur une étendue de 5 à 6 mètres de diamètre, bêché la surface découverte à un bon fer de bêche de profondeur, et versé la quantité d'eau nécessaire pour convertir en boue très-épaisse la terre remuée, que l'on fait piétiner par un cheval ou un bœuf, etc., jusqu'à ce que l'eau soit uniformément absorbée, l'on ajoute les matières végétales qui doivent lier cette pâte, et dont la quantité se détermine par la nature de la terre employée.

L'opération du piétinement recommence jusqu'à l'entière absorption

d'une nouvelle quantité d'eau que l'on ajoute pour faciliter le mélange. Ordinairement l'opération du piétinement recommence une fois chacun des deux jours suivants, jusqu'à ce que l'eau versée soit absorbée comme précédemment. Au reste, la température influe beaucoup sur le temps que doit durer cette préparation, qui dans les grandes chaleurs se termine quelquefois en un jour. En général, on reconnaît qu'elle est suffisante, à une légère odeur de pourriture qui s'exhale de ce mélange, et qui indique un commencement de décomposition des matières végétales.

Lorsque la terre est ainsi préparée, on la tasse fortement dans des moules, dont la longueur et la largeur varient suivant le besoin, mais dont l'épaisseur doit être d'à peu près 0<sup>m</sup>20, pour donner des briques d'une épaisseur constante de 0<sup>m</sup>16 ; ils sont ordinairement à deux compartiments, comme on le voit par la fig. 9, pl. XXIV ; puis on enlève le moule verticalement, et les briques restent sur le terrain. Lorsque toute la terre préparée est moulée, on donne un second fer de bêche dans le même trou, et l'on agit comme précédemment. Les briques sont alors retournées jusqu'à ce qu'elles soient sèches ; puis, si on ne les emploie pas immédiatement, on les met en piles ; en cet état elles résistent très-bien aux intempéries des saisons.

Pl. 24.

Si le sol sur lequel les fondations doivent être établies est très-humide, elles s'exécutent en pierre et chaux ; sinon les briques elles-mêmes peuvent être employées, et la seule précaution à prendre consiste à protéger le pied du mur à l'extérieur par un petit talus, comme on le voit en A, fig. 11. L'auteur de la notice sur ce genre de construction conseille de donner aux murs qui doivent s'élever à deux étages 1 mètre d'épaisseur au rez-de-chaussée, et de 0<sup>m</sup>60 à 0<sup>m</sup>75 si les murs ne s'élèvent que d'un étage, dimensions qui, bien entendu, sont encore subordonnées à la largeur du bâtiment, au poids plus ou moins considérable dont ils seront chargés, et à la nature plus ou moins argileuse de la terre dont les briques sont formées. La force de cohésion étant peu considérable dans une terre peu argileuse nécessitera naturellement une plus grande épaisseur dans les murs.

Le mortier qui s'emploie pour poser ces briques s'obtient comme les briques elles-mêmes, mais on peut se dispenser d'ajouter à la terre des matières végétales.

L'emploi de ces matériaux nécessite de la part du constructeur toute

l'attention possible, pour régulariser le tassement, qui est très-considérable dans le mois qui suit la construction ; il résulterait d'un défaut de précaution sous ce rapport des ruptures ou autres accidents qui, s'ils ne détruiraient pas complètement l'édifice, pourraient en compromettre sérieusement la solidité.

La régularité de la formation contribue beaucoup à la régularité du mouvement qui se manifeste dans l'édifice ; il faut donc que ces murs s'élèvent horizontalement par assise.

On commence par préparer la place que doit occuper la brique qui va se poser, en couvrant toutes les surfaces avec lesquelles elle doit se trouver en contact d'une couche de mortier de 0<sup>m</sup>02 ou 0<sup>m</sup>03 d'épaisseur ; on mouille la brique pour la faire adhérer plus fortement avec le mortier, et, l'ayant posée horizontalement, on la fait glisser à sa place en pressant fortement, de manière à faire refluer le mortier à l'extérieur des joints, afin qu'il ne reste aucun vide entre les briques contiguës. Il est nécessaire aussi d'établir sur tous les murs, au niveau du dessus et du dessous des fenêtres une espèce de grillage continu, formé de poutrelles d'environ 0<sup>m</sup>10 de large sur 5 de hauteur, assemblées au moyen de clous, comme on le voit fig. 12 ; cette disposition a pour but de régulariser la charge que les murs ont à supporter, et d'en rendre toutes les parties solidaires comme le font les chaînages dans nos constructions ordinaires.

Les plafonds et le recrépissage des murs à l'intérieur des bâtiments d'habitation s'exécutent au moyen du mortier dont il a été question ci-dessus : seulement, on y mélange, soit des balles de céréales, soit du crottin de cheval ou de mouton, des bouses de vache, des fumiers très-consommés, ou des terreaux, mais en petite quantité. Si la terre employée est très-argileuse, l'expérience apprend à y mélanger, en proportion convenable, des terres sablonneuses ou du sable. Ces recrépissages sont aussi beaux et plus solides que ceux en mortier de chaux ou en plâtre et peuvent être très-minces.

Pour l'extérieur on se contente de bien mouiller la surface du mur et de refaire avec ce mortier les joints, puis on égalise le tout à l'aide d'une planche avec poignée représentée fig. 10.

On peut protéger les murs contre les pluies, etc., en les peignant extérieurement.

1° Avec des goudrons à chaud ;

- 2° Avec des huiles à chaud ;
- 3° Avec des couleurs à l'huile ;
- 4° Avec des couleurs au lait ;
- 5° Avec une espèce de vernis très-dur, très-solide, composé de cendres de bois tamisées, de chaux vive tamisée et d'huile ; ce vernis est d'un ton gris très-agréable.

*Des murs en briques.*

Nous avons cru devoir joindre à ce qui précède sur l'emploi des briques quelques exemples de diverses dispositions d'un usage fréquent dans la Toscane ; ces combinaisons, représentées par les huit premières figures de la pl. XXIV, et qui peuvent subir de nombreuses variations, nous ont paru avoir le double avantage de pouvoir être appliquées utilement et de se présenter en même temps sous des aspects agréables. Les exemples choisis sont appliqués à des séchoirs, appuis, etc. Les fig. 4 et 5 sont deux coupes faites suivant AB et CD, fig. 3 ; la fig. 7 est une coupe suivant AB, fig. 6.

Quoique généralement la brique ne soit employée que comme remplissage, c'est-à-dire conjointement avec la pierre, celle-ci formant les parties principales, telles qu'angles de murs, corniches, bandeaux, chambranles, etc., on trouve cependant des édifices entièrement en briques. Nous avons choisi comme exemple de ce genre de construction le temple du dieu Ridicule, élevé au temps d'Auguste. Ce temple, dans lequel la brique est partout apparente, et où cependant une assez large part est réservée à la décoration, est construit avec le plus grand soin ; les joints y sont à peine apparents : on en trouve la raison dans la configuration même des briques qui le composent. Ces briques sont concaves sur leur lit, en sorte que le mortier s'y trouve enfermé, et qu'à l'extérieur elles paraissent juxtaposées.

Cette disposition, qui dans un grand édifice serait vicieuse, en ce sens que la charge étant considérable et se reportant principalement sur les arêtes les briserait, ce qui occasionnerait des tassements et peut-être même la ruine de l'édifice ; cette disposition, disons-nous, a pour avantage, dans une construction comme celle dont il s'agit, tout en étant d'un meilleur effet, de remplacer en quelque sorte les goujons en fer, en s'opposant aux mouvements latéraux des briques les unes sur les autres.

Les fig. 13 et 14 sont l'élévation postérieure et le plan de cet édifice.

*De la construction en poteries des cloisons et des murs de refend.*

Outre l'emploi qu'on a fait des poteries dans la construction des voûtes et des planchers, comme on le verra plus tard par les planches LXIII et LXIV, on en fait des cloisons et même des murs de refend; elles joignent, dans le premier cas, à l'avantage d'être incombustibles, celui d'intercepter les sons; et dans les deux, celui d'être beaucoup plus légères que les constructions ordinaires qu'elles remplacent.

Pl. 25. La fig. 1 de la pl. XXV représente en plan et en élévation des cloisons de deux espèces. La partie A est une cloison légère formée de poteries posées de champ; elles ont 0<sup>m</sup>16 de diamètre sur 0<sup>m</sup>05 d'épaisseur. Comme dans les planchers, on divise les poteries des cloisons en formant des compartiments : seulement, dans ce cas, on obtient ces compartiments au moyen de poteaux et de traverses en bois : ou bien encore, on supprime ces poteaux et ces traverses, l'on y substitue des huisseries en brique, ou même on les construit en poteries et briques alternées; ainsi faites, ces cloisons sont incombustibles, et des cheminées peuvent leur être adossées.

Dans les cloisons de construction ordinaire, les bois, que l'humidité du plâtre fait gonfler, se retirent et gauchissent; il en résulte des fissures, qui donnent passage aux sons; les cloisons en poteries ne sont point sujettes à ces inconvénients, et forment un obstacle très-efficace à la transmission des sons.

La fig. 2 est un détail perspectif des poteries employées à la construction des cloisons légères.

Ce sont des cloisons de cette espèce qui forment toutes les distributions des bâtiments d'administration à la manutention des vivres de la guerre; ces cloisons, y compris l'enduit de plâtre qu'elles ont reçu de part et d'autre, n'ont pas plus de 0<sup>m</sup>08 d'épaisseur.

M. Eck, qui a lui-même établi des cloisons de ce genre, a remarqué qu'elles avaient la propriété d'absorber les sons et de s'opposer à leur transmission d'une pièce à l'autre.

La partie B représente, en plan et en élévation, une cloison ordinaire

faite de poteries, dont la base forme alternativement le plan supérieur et le plan inférieur de l'assise.

La fig. 3 est la coupe d'une des lanternes éclairant les galeries qui conduisent de la salle des Conférences et du salon de la Paix à la salle des séances de la Chambre des députés. Les cloisons qui forment les parois de ces lanternes étaient nécessitées par la distance qui sépare le plafond des galeries, de la terrasse; on a eu recours, pour ne point surcharger le plafond, aux poteries, que l'on a établies entre quatre montants en fer.

La fig. 4 est une élévation perspective de la poterie ordinaire servant à la confection de ces cloisons; les fig. 5 et 6 sont deux plans de ses extrémités.

Quant au poids des cloisons en poteries, comparé à celui des cloisons en briques et des cloisons en bois et plâtre, M. Eck établit leur rapport comme ci-après :

4 mètres superficiels de cloisons pèsent, enduit compris :

En poteries, sur une épaisseur de 0 <sup>m</sup> 08.....	299 <sup>k</sup> 04
En briques..... de 0 <sup>m</sup> 13.....	948 <sup>k</sup> 00
En bois et plâtre..... de 0 <sup>m</sup> 08.....	522 <sup>k</sup> 75

On peut encore se servir de poteries lorsqu'on se trouve dans la nécessité absolue d'élever un mur de refend en porte-à-faux. Certes ce système est essentiellement vicieux, mais si l'emploi des poteries n'en détruit pas les inconvénients, au moins il les atténue considérablement; dans tous les cas, si cette érection doit se faire sur un plancher, il faut préalablement établir deux fermes en fer accouplées, formant ensemble une épaisseur égale à celle du mur et remplir l'intervalle qui les sépare par un arc de briques; puis l'extradosser de niveau pour placer la première assise de poteries.

Si le mur doit recevoir des planchers, il convient de régulariser la charge en intercalant entre les assises de poteries des assises de briques, comme on le voit fig. 7. Si le mur, au contraire, n'a point de charge à porter, les poteries n'auront pas besoin d'auxiliaire; on pourra donc supprimer les assises de briques.

Les baies de porte et de fenêtre peuvent se faire en briques: quant aux coffres de cheminée et aux languettes, elles se font soit en briques de champ, soit en poteries cylindriques de 0<sup>m</sup>05 de hauteur, et on

n'a point à redouter les crevasses, comme cela a lieu lorsqu'on n'emploie que le plâtre dans ces constructions.

La fig. 7 est l'élevation d'un mur construit par assises alternées de briques et de poteries; la fig. 8 en est une coupe par un plan horizontal dans la hauteur de la cheminée; la fig. 9 en est une coupe horizontale faite au-dessus de la cheminée.

Ce mode de construction des murs de refend a déjà été mis à l'épreuve; on l'a appliqué dans divers monuments publics, entre autres au palais du quai d'Orsay, où l'on a élevé, au-dessus du grand salon de réception, une partie de mur en poteries formant interruption dans un pan de bois pour recevoir les cheminées dont les tuyaux sont en briques; tout le reste est en poterie sur une hauteur de 13<sup>m</sup>; et malgré la charge qu'ont à supporter les poteries inférieures, elles ne paraissent encore avoir nullement souffert, non plus que le plancher sur lequel elles reposent.

Il a été aussi construit de ces murs de refend au Palais-Royal lors de la restauration de cet édifice.

L'avantage qui résulte de ce mode de construction, quand il s'agit d'élever les murs en porte-à-faux sur des planchers, peut s'étendre aussi à la surélévation des murs pour lesquels la maçonnerie ordinaire serait une charge trop considérable, et sous ce point de vue encore on en a tiré un parti avantageux. C'est ainsi que le théâtre du Palais-Royal a été séparé des propriétés voisines.

Comme pour les cloisons, M. Eck établit ainsi qu'il suit les rapports de poids qui existent entre les diverses natures de matériaux employés à la construction des murs de refend.

4 mètres superficiels de mur pèsent, enduit compris :

En poteries, sur une épaisseur de 0 <sup>m</sup> 24.....	940 <sup>k</sup> 00
En briques et poteries..... de 0 <sup>m</sup> 24.....	1,170 <sup>k</sup> 75
En moellons..... de 0 <sup>m</sup> 325.....	3,070 <sup>k</sup> 00

*Des tuyaux de cheminée.*

Les tuyaux de cheminée, comme on les a généralement construits jusqu'ici, présentent entre autres inconvénients graves, celui de ne point atteindre le but auquel ils sont destinés; en effet, les grandes dimensions du rectangle de leur section horizontale donnent à échauffer

une colonne d'air trop considérable pour que l'ascension soit rapide et que la combustion qui résulte de l'activité du courant s'opère convenablement. A cette combustion imparfaite s'ajoute encore la déperdition du calorique, qui s'échappe inévitablement par cette voie largement ouverte, en sorte qu'en effet le chauffage des pièces, qui est le but, est loin de se trouver réalisé par ce mode de construction. Si l'on ajoute à cela les inconvénients de cette lente ascension de la fumée qui se trouve souvent refoulée par le vent jusque dans les appartements, et ceux qui résultent de la construction même au point de vue de la solidité, on aura la valeur de ce système.

Il se présente deux cas dans la construction de ces tuyaux : ou ils sont adossés aux murs, ou contenus dans leur épaisseur.

Les tuyaux adossés sont composés de languettes de face et de languettes costières, ou de refend, construites soit en briques à plat, soit en briques de champ, soit enfin en plâtre seulement; en briques à plat elles ont, y compris les enduits dont il est nécessaire de les revêtir à l'intérieur et à l'extérieur, environ 0<sup>m</sup>13 d'épaisseur. Les languettes construites de cette manière présentent de la solidité; mais comme elles entraînent une dépense plus considérable et occupent plus de place que les cloisons en briques de champ, on leur substitue celles-ci, dont l'épaisseur n'est que de 0<sup>m</sup>08, enduits compris. Quoique la solidité soit déjà beaucoup moindre que dans le cas de l'emploi des briques à plat, on économise encore en faisant ces languettes simplement en plâtre; elles ont alors de 0<sup>m</sup>05 à 0<sup>m</sup>06 d'épaisseur, et sont moins fortes que les précédentes.

Les tuyaux pratiqués dans l'épaisseur des murs les affaiblissent en les divisant, et en outre, lorsqu'il est nécessaire de les dévoyer, il en résulte de porte-à-faux très-préjudiciables à la solidité.

Un autre inconvénient, c'est que l'action du feu sur le plâtre tend à en détruire la cohésion, et rend par conséquent dangereux l'emploi des languettes de cette nature.

Ce sont ces considérations qui ont amené M. Gourlier à faire subir à ce mode de construction diverses modifications essentielles, pour lesquelles il a obtenu un brevet d'invention en date du 19 mai 1825. Depuis, en 1830, il a publié sur ce sujet un ouvrage ayant pour titre : *Essai sur la construction des tuyaux de cheminée et autres*. La matière qu'il a choisie comme la plus propre à la construction des

tuyaux de cheminée est la terre cuite, en raison de son inaltérabilité à la chaleur et de la facilité avec laquelle on lui donne les formes nécessaires. La pierre de construction étant le plus souvent de nature calcaire, par conséquent susceptible de se détériorer à la chaleur, ne peut être employée à cet usage, et d'ailleurs la pierre, ne fût-elle pas de nature calcaire, occasionnerait une forte dépense en raison des tailles et évidements indispensables.

Quant au plâtre, il est peut-être de tous les matériaux le moins propre à cet usage, bien qu'il y ait été souvent employé. En effet, la pluie et le bistre le détériorent, le feu le calcine et en détruit la cohésion; en outre, il se forme dans les languettes en plâtre des crevasses qui peuvent occasionner des accidents graves, et pour la réparation desquelles on se trouve dans la nécessité de donner aux tuyaux des dimensions suffisantes pour qu'un homme ou au moins un enfant y puisse pénétrer.

Les inconvénients des tuyaux en fonte enfermés dans l'épaisseur des murs sont de diviser ces murs, surtout lorsque plusieurs de ces tuyaux se trouvent réunis, comme cela est souvent nécessaire. En outre, ne pouvant se prêter aux tassements qu'éprouvent les maçonneries, ils se rompent souvent, et ne peuvent que très-difficilement être réparés. Enfin, ils sont oxydables, et l'humidité des maçonneries les attaque à l'extérieur, tandis que le bistre agit de même à l'intérieur.

Employé à l'extérieur des murs, ils les chargent considérablement, et sont sujets aux mouvements de dilatation et aux autres inconvénients inhérents à leur nature, parmi lesquels on peut citer celui d'être très-bons conducteurs du fluide électrique; c'est pourquoi, considérant d'ailleurs les dépenses considérables, qu'ils occasionnent, on se convaincra que la nature de la fonte ne peut assurer à cette matière la préférence pour la construction des tuyaux de cheminée.

Le choix de la matière à employer étant fait, il reste à déterminer les dimensions et la forme des tuyaux, ainsi que la combinaison des éléments qui doivent les composer.

Des tuyaux trop grands sont gênants, augmentent la dépense, et cela d'une manière fâcheuse, puisque ce surcroît de dépense est la conséquence de l'excès de dimensions qui fait que les cheminées fument et que la combustion ne s'y opère qu'imparfaitement.

Il est reconnu que des tuyaux de 0<sup>m</sup>22 à 0<sup>m</sup>25 de diamètre suffisent

pour nos foyers ordinaires. Cette mesure se trouve d'ailleurs convenable, puisqu'en y ajoutant les épaisseurs des cloisons de face elle correspond à l'épaisseur ordinaire des murs.

Les dimensions de ces tuyaux étant déterminées, l'auteur en considère la forme, et conclut à l'adoption de celle circulaire pour la section horizontale. Cette forme, en effet, offre plus de solidité, donne moins de surface que toute autre à périmètre égal, par conséquent moins de frottement et moins de prise à la suie, en même temps qu'elle rend l'opération du ramonage plus facile et plus sûre.

Les principes posés par M. Gourlier pour la construction des tuyaux renfermés à l'intérieur des murs consistent :

« 1° A réserver pour chaque tuyau un vide cylindrique ou se rapprochant autant que possible de cette forme, et dont la surface pourra, dans la plupart des cas, être réduite à l'équivalent d'un carré ou même d'un cercle de 0<sup>m</sup>22 à 0<sup>m</sup>25 de côté ou de diamètre ;

« 2° A faire en sorte que les parois du tuyau soient formées directement par la terre cuite même ;

« 3° Enfin, à conserver au mur autant de solidité que possible. »

Pour fixer les idées sur la construction de ces tuyaux, nous en donnons divers exemples : la fig. 10, pl. XXV, représente les deux assises alternatives qui forment un tuyau isolé ; la première A se compose de quatre briques formant ensemble un carré dont le côté est égal à l'épaisseur du mur. Un des angles de chacune de ces briques est supprimé pour former un quart de cercle, en sorte qu'il reste au centre de l'assise le vide cylindrique du tuyau. La deuxième B se compose de quatre briques dont les joints correspondent au milieu des douelles des briques de l'assise précédente ; deux de ces briques forment parement sur le mur ; les angles des deux autres forment des harpes qui relient la maçonnerie du tuyau à celle du mur ; par cette disposition les tuyaux diminuent l'épaisseur du mur, mais ne le divisent pas.

La fig. 11 représente deux tuyaux accouplés : A est la première assise, B la seconde ; elles s'alternent comme dans le cas précédent, et les briques dont ils sont formés sont en partie semblables à celles dont il a été question dans l'exemple précédent, quant à la forme et à la disposition.

Lorsque l'épaisseur des murs le permet, on peut doubler le nombre des tuyaux, comme on le voit en A et B, fig. 12, et l'on peut réduire un

peu l'épaisseur qu'ils occupent en faisant correspondre les tuyaux d'un côté au milieu des intervalles des tuyaux de l'autre côté. Cette disposition est représentée en A et B, fig. 13.

Ces briques sont ordinairement établies de manière à donner aux murs, pour un seul rang de tuyaux, une épaisseur d'environ 46 centimètres, non compris les enduits, ce qui est à peu près l'épaisseur des murs de refend dans lesquels on ménage ces tuyaux; le diamètre du vide est d'environ 0<sup>m</sup>25; on fabrique cependant de ces briques d'un plus petit modèle, qui ne donnent qu'environ 0<sup>m</sup>40 d'épaisseur de mur.

On doit autant que possible faire monter directement ces tuyaux, et alors ils peuvent commencer immédiatement au-dessus du manteau, comme on le voit en A, fig. 14. On peut cependant aussi les reporter, suivant le besoin, soit à droite, soit à gauche, au moyen d'un évasement oblique qui met en communication la cheminée et son tuyau. C'est par ce moyen que l'on peut superposer des cheminées verticalement les unes aux autres, comme on le voit en BB, fig. 14, et que l'on peut diminuer la dépense en réunissant, comme dans les fig. 11, 12, 13, pour ne former qu'un seul corps, plusieurs tuyaux, qui sans cette faculté se seraient trouvés isolés et auraient conséquemment coûté plus cher, etc., etc.

Lorsque les tuyaux ont atteint le plancher des combles ou leur surface, on ne les construit qu'avec les briques qui forment le tuyau, qui doivent être alors bien cuites, pour qu'il ne soit pas nécessaire de les revêtir d'un enduit de plâtre ou de mortier, et qui peuvent être du petit modèle, et ne donner à la souche que 0<sup>m</sup>40 d'épaisseur.

La plinthe ou couronnement de la souche s'exécute au moyen de deux assises de briques qui ne diffèrent de celles de la souche que par la saillie qu'elles portent; celle supérieure formant biseau pour l'écoulement des eaux, celle inférieure portant larmier.

La fig. 15 est le plan d'une des assises de la souche;

La fig. 16 en est une élévation;

La fig. 17 est le plan de l'assise supérieure de la plinthe;

La fig. 18 est le plan de l'assise inférieure;

La fig. 19 est la coupe faite suivant le grand axe de la souche.

En cet état, les tuyaux ne sont à l'abri ni du vent ni de la pluie. Pour éviter l'emploi des mitres et tuyaux dont les fumistes se servent

habituellement, bien que les ouragans en puissent déterminer la chute, M. Gourlier propose de les remplacer par l'exhaussement de la plinthe sur de petits tasseaux en briques, dont les intervalles formeraient autant d'issues par lesquelles la fumée sortirait de tel ou tel côté, suivant la direction du vent.

La fig. 20 est un plan pris dans la hauteur des tasseaux indiqués en A; B est une mince cloison en brique qui a pour but d'empêcher la fumée sortant d'un des tuyaux de pénétrer dans un autre;

La fig. 21 est une coupe faite suivant le grand axe de la souche;

La fig. 22 en est le plan supérieur.

Quoique l'auteur pense qu'en garnissant de bon mastic ou de bitume les deux assises de la plinthe, on obtienne un résultat très-satisfaisant, il propose encore, comme préférable à celle-ci, une disposition qui consiste à élever successivement au-dessus l'une de l'autre les extrémité des tuyaux d'une même souche de la hauteur nécessaire à l'ouverture d'évacuation de la fumée.

Cette disposition est représentée par les fig. 23 et 24, qui sont : la première, la coupe suivant l'axe longitudinal de la souche; la deuxième, le plan supérieur de cette souche : pour qu'on en tire tout le parti possible, il faut que les gradins soient exposés au nord ou à l'est, afin que les ouvertures soient à l'abri du soleil et des vents soufflant des points opposés qui sont les plus violents. En outre, on profite ainsi de l'avantage que présente les tuyaux isolés en donnant la possibilité de les couvrir d'une plinthe en pierre d'un seul morceau, et par là d'éviter l'inconvénient des joints dans cette partie.

M. Gourlier, après avoir proposé comme préférables les tuyaux à section circulaire, a été amené à modifier cette forme, principalement en raison de l'impossibilité dans laquelle on se trouvait quelquefois de donner, dans des murs de peu d'épaisseur, une capacité suffisante aux tuyaux des cheminées destinées à chauffer certaines pièces ou certains locaux tels que cuisines, buanderies, etc., ainsi que pour des raisons de simplicité de fabrication et d'exécution.

Il a pensé que les tuyaux de section oblongue ou de forme carrée à angles arrondis joignaient aux avantages déjà énoncés au sujet des tuyaux à base circulaire, celui de simplifier la fabrication en réduisant le nombre des échantillons des briques à employer, tout en permettant de varier les dimensions des tuyaux.

Les tuyaux A, B, C, fig. 1, pl. XXVI, sont établis sur une épaisseur de mur de 0<sup>m</sup>46, et formés simplement de deux échantillons de briques, *a*, *b*, auxquelles on ajoute pour les deux derniers des briques *c* de forme ordinaire.

La variété *d*, fig. 2, qui peut servir comme tuyaux de poêle, s'obtient au moyen des demi-briques *d* et d'un quatrième échantillon *e*.

Si les tuyaux à construire sont isolés ou à découvert comme au-dessus des combles, ou formant une ouverture de baie, on les construit à l'aide des briques de forme ordinaire, avec le seul échantillon *f*, fig. 3 et 4.

Nous pensons que ces exemples suffiront et qu'on en déduira facilement, d'après ce qui a été dit au sujet des tuyaux à base circulaire, les dispositions qui pourraient résulter d'une épaisseur de mur capable de recevoir un double rang de tuyaux.

Les raccordements obliques B (voir la fig. 14 de la planche précédente) entre les foyers et les tuyaux verticaux doivent être construits en briques, et les angles arrondis.

En raison de la moindre épaisseur des briques arrondies, on a pu porter leur hauteur d'assise au double de celles des briques circulaires, c'est-à-dire à 0<sup>m</sup>15, ce qui équivaut à la hauteur moyenne des assises de moellon; en outre la longueur de ces briques a été augmentée de manière qu'elle formât toute l'épaisseur du mur. Il en résulte que les joints verticaux n'existent plus dans les languettes, et qu'il n'y a plus de communication possible d'un tuyau à un autre; la fig. 9 est un exemple de cette innovation.

Malgré les inconvénients qui résultent du dévoiement des tuyaux, pour satisfaire à toutes les exigences, il se fait de ces briques qui peuvent par leur forme se prêter facilement à ce genre de travail; elles sont représentées dans la fig. 10.

On peut construire les souches de cheminée au-dessus du toit, en briques faites exprès et n'ayant qu'une épaisseur de languette de face de 0<sup>m</sup>08; on peut en user de la même manière lorsque l'épaisseur des murs dans lesquels doivent passer les tuyaux ne permet pas de leur donner le vide intérieur nécessaire pour que les languettes conservent leur épaisseur ordinaire, qui est d'environ 0<sup>m</sup>10 pour les faces et de 0<sup>m</sup>07 pour celles de refend.

Quant au couronnement des souches, il s'exécute comme il vient d'être dit pour les tuyaux à base circulaire; soit conformément aux

fig. 5 et 6, qui sont, l'une, la coupe suivant la ligne EF, fig. 6 ; l'autre, le plan supérieur de cette souche ; soit conformément à celles 7 et 8, qui sont l'élévation et le plan supérieur d'une souche construite en gradins.

Avec des briques cintrées l'appareil change d'une assise à l'autre, tandis qu'avec les briques à angles arrondis il est constamment le même ; que dans les cas les plus ordinaires deux échantillons de ces briques suffisent, et que par conséquent leur fabrication et leur mise en œuvre sont moins coûteuses. Cependant, si l'on compare ce mode de construction avec celui précédemment suivi, soit que l'on fit les tuyaux en plâtre, soit qu'on les élevât en briques, l'avantage au point de vue de la dépense reste évidemment à ces derniers, si l'on ne compare que le prix de revient ; mais si l'on compense par la solidité du premier l'excédant de la dépense qu'il occasionne, on trouvera peut-être fort peu de différence, si même il en existe aucune.

Pour les tuyaux adossés aux murs, ils sont, quant à la forme du vide, en tout semblables à ceux faisant partie des murs ; ils ont, d'autre part, quelque analogie avec les boisseaux en terre cuite ou en fonte déjà employés à cet usage, et ne sont en réalité composés eux-mêmes que de boisseaux de terre cuite, mais modifiés de manière à offrir toutes les garanties désirables de solidité et de stabilité. Leur épaisseur varie de 0<sup>m</sup>03 à 0<sup>m</sup>04, suivant la qualité de la terre employée à leur fabrication ; il faut qu'elle donne une solidité assez grande pour qu'on n'ait point à craindre que ces boisseaux puissent être brisés dans l'opération du ramonage ou par un choc extérieur, ou par le feu ; mais il faut aussi qu'on évite tout surcroît de force, qui aurait pour résultat de charger d'un poids, sinon inutile, au moins superflu, les murs auxquels ils sont adossés, ainsi que les planchers et les manteaux sur lesquels ils reposent.

Par leur forme extérieure, ces tuyaux sont en contact, soit avec les murs, soit entre eux, suivant des surfaces planes qui en assurent la stabilité (voir les fig. 11 et 16) ; ils sont formés, comme nous l'avons dit, de boisseaux qui s'assemblent, comme on le voit par la fig. 13, de manière à ne point former d'interruption dans les surfaces. Dans cette construction il n'existe point de joints verticaux ; et il est avantageux de donner toute la hauteur possible aux boisseaux, de manière à diminuer le nombre de ceux horizontaux.

Ces tuyaux, outre qu'ils sont supportés par le manteau de la cheminée et les planchers, sont encore reliés entre eux de distance en distance

par de petits crampons pour lesquels des entailles sont pratiquées dans les boisseaux, et ils sont maintenus contre le mur au moyen de ceintures en fer mince.

La surface extérieure des tuyaux devant être couverte par un enduit général en plâtre, des stries ou cannelures y sont pratiquées pour faciliter l'adhérence; quant à la surface intérieure, elle doit être unie et ne point recevoir d'enduit.

La fig. 11 est le plan de tuyaux adossés de section circulaire à l'intérieur; les faces de contact sont obtenues par la forme octogonale extérieure.

La fig. 12 est le plan supérieur de ces tuyaux.

La fig. 13 en est la coupe, et fait voir l'assemblage des boisseaux ainsi que le mode de liaison des tuyaux avec le mur.

La fig. 14 est l'élévation d'une souche au-dessus d'un comble dans laquelle on n'a pas indiqué l'enduit en plâtre qui abrite le joint vertical entre les tuyaux, et qui doit être peint à l'huile pour résister aux pluies. On voit dans cette figure comment sont disposés les orifices d'évacuation pour empêcher que la fumée d'un tuyau ne pénètre dans un tuyau voisin.

Les fig. 15 et 16 sont deux plans; l'un pris au-dessus et l'autre dans la hauteur de tuyaux de forme carrée à angles arrondis.

L'établissement de ces tuyaux de cheminée de petite dimension entraîne l'obligation, qui d'ailleurs est imposée à Paris par un règlement de voirie, de préparer un moyen de communication sûre et facile entre l'étage supérieur de la maison et l'orifice des souches de cheminée, afin que les ouvriers qui ne peuvent plus opérer le ramonage qu'à l'aide d'une corde, et dont l'un par conséquent doit être à l'extrémité supérieure des tuyaux, tandis que l'autre agit en sens inverse à l'extrémité opposée ne s'y trouvent point en danger. Cette communication s'établit soit au moyen d'une terrasse, d'une échelle ou d'un pont en fer, etc.

A tout ce qui précède sur la construction des tuyaux de cheminée, M. Gourlier a joint quelques considérations sur la construction des cheminées elles-mêmes. Si l'on se borne, dans la construction d'une cheminée, à établir un foyer en communication avec un tuyau d'évacuation pour la fumée, l'air, appelé par le feu et nécessaire à son alimentation, y arrivera par toutes les ouvertures de la pièce, et formera des vents coulis d'un effet glacial.

Pour remédier à cet inconvénient, il faut d'abord ménager dans la construction des murs des ouvertures que l'on puisse mettre en communication avec le foyer, puis établir dans la hauteur du foyer et du raccordement une enveloppe métallique, soit en tôle, soit en cuivre, isolée des murs dans toute sa hauteur. Par ce moyen, l'air extérieur débouchant dans la partie inférieure de cet isolement s'échauffe en même temps qu'il empêche les murs d'absorber le calorique, et se répand dans la pièce par des ouvertures ménagées à la partie supérieure de l'enveloppe extérieure. On remplace ainsi l'air attiré par le feu, et cela par de l'air chaud qui vient à son tour faciliter la combustion, en sorte que la ventilation s'effectue dans la pièce; ce qui n'a pas lieu lorsque l'air destiné à l'alimentation arrive du dehors directement sur le foyer, comme cela se pratiquait habituellement autrefois. On peut encore ajouter un avantage à ce système en plaçant au-dessus du foyer une trappe mobile pour fermer le tuyau, soit lorsque le feu viendrait à y prendre, soit en toute autre circonstance.

Les fig. 17 et 18 sont deux exemples de ce mode de construction des cheminées; le premier disposé d'après l'hypothèse d'un tuyau compris dans l'épaisseur du mur; le second dans celle d'un tuyau adossé. Dans la fig. 17, E est le plan de la cheminée dans la hauteur du foyer; F en est une coupe suivant la largeur; G en est le plan pris à la partie supérieure du raccordement; H en est une coupe suivant la profondeur; I en est une autre coupe suivant la largeur, en supposant le raccordement oblique; J est un plan pris à la partie supérieure de ce raccordement.

Des détails analogues aux précédents sont représentés, fig. 18, en K, L, M, N, O.

M. Courtois jeune a modifié les tuyaux inventés par M. Gourlier en leur donnant une forme oblongue au lieu d'une forme carrée à angles arrondis, et en laissant sur les faces de joint des rainures qui se correspondent, afin que le mortier ou ciment qui doit les unir y forme un obstacle qui empêche toute communication soit avec l'extérieur, soit entre les tuyaux contigus. Il faut deux assises de ces briques pour égaler en hauteur une assise de moellon. Des échantillons de ces briques sont aussi préparés pour entrer dans la construction des tuyaux dévoyés.

Ce système est représenté par les fig. 19 et 20, qui sont deux assises superposées l'une à l'autre.

Dans le système Fonrouge les assises des briques ont la hauteur de celles en moellon, et se distinguent des autres par l'absence de tout joint vertical, chaque brique formant tout un tambour du tuyau.

Les fig. 21 et 22 représentent deux assises superposées; A et B sont les briques formant tête de mur ou dosseret.

La fig. 23 en est une élévation en perspective.

La fig. 24 est une perspective d'un arrachement de tuyaux verticaux.

La fig. 25 est une élévation géométrale de tuyaux droits et à diverses inclinaisons; la teinte claire indique les languettes; celle plus foncée indique l'emplacement d'un scellement dans le mur. Des briques creuses dans le même système sont préparées pour les raccords; leur hauteur est de 0<sup>m</sup>06.

La fig. 26 est une perspective de tuyaux droits et dévoyés.

La fig. 27 est une élévation de tuyaux adossés; en A sont des rainures carrées qui peuvent recevoir des tringles en fer dont le scellement dans le mur suffit au maintien de tout le système.

La fig. 28 est le plan de deux assises superposées de tuyaux adossés. (*Lire Rondelet, tome II, page 272.*)

#### *Du mortier.*

(*Voir Rondelet tome I, page 115, et tome II, page 272.*)

Les recherches de M. Vicat sur la nature et la qualité des mortiers et ciments et sur les éléments qui les composent sont venues dissiper les ténèbres qui couvraient encore ce point important de l'art de bâtir; sans essayer de présenter ici toutes les faces de cette question, nous allons signaler quelques résultats principaux, renvoyant à l'excellent ouvrage de M. Vicat, intitulé : *Résumé sur les mortiers et ciments calcaires*, ceux qui désireraient faire une étude plus approfondie de cet intéressant sujet.

#### *De la chaux.*

D'après cet auteur les chaux peuvent se diviser en cinq catégories :

- 1° Les chaux grasses;
- 2° Les chaux maigres;

- 3° Les chaux moyennement hydrauliques;
- 4° Les chaux hydrauliques;
- 5° Les chaux éminemment hydrauliques.

Ces diverses espèces de chaux se distinguent par le foisonnement et les effets qui résultent de leur immersion après qu'elles ont été éteintes. Pour les éprouver, on doit les prendre dans toute leur vivacité, et, après les avoir trempées pendant 5 ou 6 secondes dans une eau pure, les laisser égoutter et les placer dans un vase ou mortier, puis attendre que l'effervescence se manifeste. Dès que la chaux soumise à l'expérience commence à se fendiller, on lui fait aspirer de l'eau en la versant de manière qu'elle coule au fond du vase sans tomber sur la chaux; on remue en même temps le mélange avec une spatule, et, s'il est nécessaire, on y ajoute assez d'eau pour l'amener à forte consistance argileuse, en ayant grand soin de n'en point ajouter davantage, de peur de noyer la chaux.

Lorsque l'extinction est terminée, c'est-à-dire lorsque la chaux a acquis un refroidissement complet, on la pilonne de nouveau, et on en forme une pâte aussi ferme que possible; mais, s'il est nécessaire, on ajoute de l'eau pour qu'elle ait un degré de ductilité égal à celui de l'argile prête à être mise en œuvre pour la fabrication de la poterie.

Arrivée à ce point, on met la pâte dans un vase plus haut que large dont on frappe le fond, pour la tasser et la niveler de manière qu'elle n'emplisse pas le vase, puis on l'immerge immédiatement.

Les signes caractéristiques sont, pour les chaux grasses : foisonnement ou augmentation de volume par l'extinction ordinaire jusqu'au double du volume primitif et même au delà : consistance toujours la même après plusieurs années d'immersion; dissolution complète dans une eau pure fréquemment renouvelée.

Pour les chaux maigres : foisonnement peu sensible ou nul : consistance nulle; dissolution partielle dans une eau pure.

Pour les chaux moyennement hydrauliques : foisonnement faible; prise au bout de quinze à vingt jours d'immersion; dissolution très-difficile dans l'eau.

Pour les chaux hydrauliques : foisonnement faible; prise au bout de six ou huit jours d'immersion; insolubilité dans l'eau après six mois.

Pour les chaux éminemment hydrauliques : foisonnement faible;

prise au bout de deux à quatre jours d'immersion; insolubilité après un mois.

*Des chaux artificielles.*

Les recherches faites sur la nature des diverses espèces de chaux, en amenant la connaissance des éléments qui la constituent, ont amené en même temps à former des composés jouissant des propriétés des chaux naturelles; c'est ainsi que l'on a imité la chaux hydraulique naturelle, soit en mêlant à de la chaux grasse éteinte une certaine quantité d'argile et faisant cuire le mélange, ce qui forme ce qu'on appelle la chaux artificielle de double cuisson, soit en mêlant l'argile à des substances calcaires très-tendres (telles que la craie ou les tufs, par exemple). Quoique ce dernier moyen donne peut-être un résultat un peu moins bon sous le rapport de la qualité, il est cependant le plus généralement employé comme le moins dispendieux. C'est cette dernière méthode, qui chaque jour donne des résultats de plus en plus satisfaisants, sur laquelle est basée la fabrication de chaux artificielle dans l'établissement monté à Meudon, près Paris, par MM. Brian et Saint-Léger. La chaux qu'on y fait se compose de craie du pays et d'argile de Vaugirard.

Le rapport des parties qui composent le mélange varie nécessairement avec la nature des matériaux employés; et l'on conçoit que maître du rapport de ces éléments entre eux, on le soit, par conséquent, d'obtenir une chaux d'une énergie plus ou moins grande. A Meudon, l'argile entre pour un cinquième dans le composé, dont la craie forme le reste.

Lorsque les matières sont bien mélangées et forment une bouillie claire, elles acquièrent dans des bassins dont la surface est relativement grande, le degré de dessiccation nécessaire au moulage; et cette opération terminée, les solides obtenus sont mis au séchoir jusqu'à ce que la dessiccation soit suffisante pour qu'on puisse procéder à la cuisson.

Ces chaux hydrauliques artificielles, qui s'emploient dans les localités dépourvues de calcaire argileux, valent à Paris de 70 à 74 francs le mètre cube; en province celles de double cuisson ne reviennent moyennement qu'à 40 francs; les autres ne doivent pas valoir au delà de 30 francs.

*De l'extinction.*

Trois procédés principaux sont en usage pour l'extinction de la chaux : le premier, le plus répandu, consiste à jeter sous une quantité d'eau considérable la chaux vive sortant du four; en cet état elle se fond en une bouillie, qui doit être très-épaisse; mais si la chaux a été éventée, elle devient paresseuse et ne s'éteint que lentement.

Il peut arriver que la chaux, privée, dans quelques parties du bassin, de la quantité d'eau nécessaire, s'éteigne à sec; il faut dans ce cas ramener l'eau dans cette partie de manière qu'elle se trouve aspirée par la chaux, et non verser de l'eau dessus, sous peine de ne la voir s'éteindre qu'imparfaitement.

Au lieu de jeter la chaux sous l'eau nécessaire, on arriverait peut-être plus sûrement au but en la plaçant d'abord dans le bassin de manière que sa surface soit horizontale, et en faisant progressivement monter l'eau dans le fond du bassin jusqu'à ce qu'elle arrive à couvrir la chaux.

On doit éviter avec soin un abus commun, et qui cependant détruit les qualités de la chaux; cet abus consiste dans l'emploi d'une trop grande quantité d'eau, ce qui réduit la chaux éteinte à l'état de bouillie claire; tandis qu'elle doit au contraire conserver la consistance d'une pâte.

Le deuxième procédé consiste à plonger la chaux vive dans l'eau et à l'y laisser cinq ou six secondes avant de la retirer. Il faut préalablement réduire les morceaux à la grosseur d'une forte noix, et lorsque la chaux est retirée la placer immédiatement, soit dans des futailles, soit dans des encaissements, où elle continue à s'échauffer par l'humidité qu'elle conserve par son entassement, et se réduit en poudre.

Le troisième procédé consiste à étendre en couches minces de 0<sup>m</sup>02, par exemple, la chaux vive; ainsi exposée, dans un lieu abrité, à l'action lente et continue de l'atmosphère, elle se réduit en poudre très-fine.

Ces trois procédés portent les noms d'*extinction ordinaire*, *extinction par immersion* et *extinction spontanée*.

Les observations de M. Vicat sur les effets de ces divers modes d'extinction l'ont amené à présenter l'ordre suivant des valeurs relatives des moyens d'extinction pour les chaux grasses, et moyennement

hydrauliques : d'abord l'*extinction spontanée* ; puis l'*extinction par immersion* ; enfin l'*extinction ordinaire*. Cet ordre est inverse pour les chaux hydrauliques et éminemment hydrauliques , pour lesquelles l'*extinction ordinaire* est préférable ; puis l'*extinction par immersion* ; enfin l'*extinction spontanée*.

On conserve la chaux grasse éteinte par le procédé ordinaire en la plaçant dans des fosses peu perméables et en la couvrant d'une couche de trente à quarante centimètres de terre fraîche ou de sable. La propriété qu'ont les chaux hydrauliques de durcir promptement empêche de les conserver de cette manière ; on est alors obligé ou de les conserver vives , ce que l'on peut faire pendant cinq ou six mois , ou de les éteindre par immersion ; dans le premier cas , on étend sur le sol du hangar où l'approvisionnement doit être placé une couche de 0<sup>m</sup>15 à 0<sup>m</sup>20 d'épaisseur de chaux réduite en poudre par immersion ; puis on élève dessus le monceau de chaux vive , en la serrant le plus possible ; s'il est isolé , on en recouvre les talus de chaux venant d'être immergée , laquelle , se réduisant en poudre , remplit les interstices des pierres de chaux vive et les met à l'abri de l'atmosphère et de l'humidité.

Dans le second cas , on la conserve dans des futailles dans lesquelles on la place après l'immersion , ou dans des sacs de toile. Dans cet état on peut la faire voyager sans altération bien sensible.

#### *De la composition des mortiers et ciments.*

Après cet aperçu rapide des diverses espèces de chaux , nous allons passer en revue les matières qui entrent principalement avec elles dans la composition des mortiers et ciments.

Le mortier est un composé de chaux et de sables d'espèces variées : les arènes , les psammites , les argiles , les pouzzolanes naturelles et artificielles concourent avec la chaux à la formation des ciments.

Dans les tableaux suivants est désignée par les mots *très-énergique* toute substance qui , mêlée à consistance argileuse à de la chaux grasse , éteinte par le procédé ordinaire , produit un mortier ou ciment capable : 1<sup>o</sup> de faire prise du premier au troisième jour après l'immersion ; 2<sup>o</sup> d'acquérir après un an la dureté de la bonne brique ; 3<sup>o</sup> de donner une poussière sous la scie à ressort.

Est qualifiée d'*énergique* toute substance qui , dans les mêmes cir-

constances que ci-dessus, produira un mortier ou ciment capable 1° de faire prise du quatrième au huitième jour; 2° d'acquérir, après un an d'immersion, la dureté de la pierre très-tendre; 3° de donner une poussière humide sous la scie à ressort.

Est appelée *peu énergique* toute substance qui dans les mêmes circonstances produira un mortier ou ciment capable 1° de faire prise du dixième au vingtième jour; 2° d'acquérir, après un an d'immersion, la dureté du savon sec; 3° d'empâter la scie.

Enfin est appelée *inerte* toute substance qui, mélangée en proportion convenable dans la chaux grasse en pâte, ne changera rien à la manière dont cette chaux se comporte immergée sans mélange.

L'expérience a fait reconnaître :

1° Que les sables proprement dits sont généralement des matières *inertes*;

2° Que les arènes, les psammites et les argiles sont ordinairement *peu énergiques* et rarement *énergiques*;

3° Que les pouzzolanes naturelles ou artificielles peuvent être *très-énergiques*, simplement *énergiques* ou *peu énergiques*;

En général, ces matières ne portant pas d'indices visibles de leurs propriétés, il faut recourir à l'expérience pour les reconnaître; cependant on peut, jusqu'à certain point, s'en assurer; ainsi, on a remarqué :

1° Que sauf les sables calcaires, les matières reconnues inertes sont médiocrement attaquées par les acides, et n'ont aucune action sur l'eau de chaux;

2° Que la plupart des matières reconnues *peu énergiques* sont médiocrement attaquées par les acides et ramènent à l'état de pureté une petite quantité d'eau de chaux;

3° Que la plupart des matières reconnues *très-énergiques* sont fortement attaquées par les acides et ramènent à l'état de pureté une assez grande quantité d'eau de chaux.

Les pouzzolanes dont l'aspect vitreux, la dureté du grain, etc., annoncent une grande cohésion, peuvent être regardées comme *peu énergiques*.

Comme on a suppléé à l'absence des chaux hydrauliques, dans certaines localités, par un mélange de matières qui avaient été reconnues exister, dans de certaines proportions, dans les calcaires fournissant les chaux hydrauliques, de même on a composé des produits artificiels

qui peuvent remplacer à peu de frais les pouzzolanes naturelles avec des qualités au moins équivalentes.

M. Vicat a renfermé dans les deux tableaux que nous reproduisons ci-après le résultat des connaissances acquises sur les convenances réciproques des ingrédients qui peuvent constituer des mortiers et ciments capables d'acquiescer une grande dureté, soit qu'on les destine à être immergés ou placés au-dessous du sol, ou dans des lieux constamment humides, soit qu'ils doivent avoir à résister en plein air, à la pluie, aux chaleurs et aux fortes gelées.

*Pour obtenir des mortiers ou ciments de la première de ces catégories il faut combiner :*

AVEC LES CHAUX			
Grasses.	Moyennement hydrauliques.	Hydrauliques.	Éminemment hydrauliques.
Les pouzzolanes naturelles ou artificielles très-énergiques.	Les pouzzolanes naturelles ou artificielles simplement énergiques; Les pouzzolanes naturelles ou artificielles très-énergiques tempérées par environ moitié sable ou autres matières inertes; Les arènes et les psammites énergiques.	Les pouzzolanes naturelles ou artificielles peu énergiques; Les pouzzolanes naturelles ou artificielles énergiques tempérées par un mélange d'environ moitié sable; Les arènes et les psammites peu énergiques.	Les matières inertes, telles que les sables quartzeux ou calcaires; Les laitiers, scories, etc.

*Pour obtenir des mortiers ou ciments de la seconde de ces catégories, il faut combiner :*

AVEC LES CHAUX			
Grasses.	Moyennement hydrauliques.	Hydrauliques.	Éminemment hydrauliques.
Aucun ingrédient ne peut atteindre le but.	Aucun ingrédient ne peut atteindre complètement le but.	Les sables quelconques bien purs; Les poussières quartzeuses; Les poussières provenant des pierres calcaires dures ou d'autres matières inertes.	Les sables quelconques bien purs; Les poussières quartzeuses; Les poussières provenant des pierres calcaires dures ou d'autres matières inertes.

Les ingrédients dont se composent les mortiers étant déterminés quant à leur nature, il reste à donner un aperçu de la quantité relative pour laquelle ils doivent entrer dans le mélange. De tous les ingrédients connus, les arènes, les psammites et les argiles paraissent être les moins avides de chaux; réduits en poudre sèche et mesurés ainsi, ils exigent par unité de volume, savoir: en chaux grasse éteinte en pâte forte par le procédé ordinaire, de 0,15 à 0,20; en chaux moyennement hydraulique, de 0,20 à 0,25; et en chaux hydraulique, de 0,25 à 0,30.

Les pouzzolanes énergiques et très-énergiques demandent dans les mêmes circonstances: en chaux grasse, de 0,30 à 0,50; en chaux moyennement hydraulique, de 0,40 à 0,60.

Les sables quartzeux ou calcaires: en chaux hydraulique ou éminemment hydraulique, de 0,50 à 0,66.

S'il s'agit de chaux grasse et pouzzolane devant former un mortier destiné à lier des matériaux, il faudra, comme dans le cas d'un mélange de chaux hydrauliques ou éminemment hydrauliques avec des sables quartzeux ou calcaires, pécher plutôt par excès que par défaut de chaux; mais si la chaux grasse et les pouzzolanes ne doivent fonctionner qu'isolément, il vaut mieux pécher par défaut que par excès.

Si l'on considère les mortiers dans lesquels le sable est employé pour former le mélange, il résulte d'expériences faites qu'outre la proportion, qui est très-importante pour la qualité du mortier, la grosseur du sable ne doit pas être regardée comme sans influence dans cette question.

Désignons par la dénomination de gros sable celui dont la grosseur se trouve comprise entre 0<sup>m</sup>0015 et 0<sup>m</sup>003; par celle de sable fin celui dont la grosseur se trouve comprise entre 0<sup>m</sup>0005 et 0<sup>m</sup>001; par celle de poussière toute substance solide de même nature dont les particules n'atteignent jamais un cinquième de millimètre.

Cela posé, l'ordre de préférence doit être établi comme ci-après: pour les chaux éminemment hydrauliques et simplement hydrauliques: 1<sup>o</sup> les sables fins, 2<sup>o</sup> les sables mélangés, 3<sup>o</sup> les gros sables.

Bien qu'employées à l'air, les chaux moyennement hydrauliques, et encore moins les chaux grasses, ne puissent donner un résultat satisfaisant, l'ordre de dimension des sables n'en est pas moins indiqué pour elles ainsi qu'il suit; pour les chaux *moyennement hydrauliques*: 1<sup>o</sup> les sables mélangés, 2<sup>o</sup> les sables fins, 3<sup>o</sup> les gros sables.

Pour les chaux grasses : 1<sup>o</sup> les gros sables , 2<sup>o</sup> les sables mélangés , 3<sup>o</sup> les sables fins.

Quant à la proportion du sable, elle varie suivant les divers procédés d'extinction dont il a été question.

Il est reconnu que la résistance des mortiers à chaux simplement hydraulique éteinte par le procédé ordinaire va croissant jusqu'à 180 parties de sable pour 100 de chaux en pâte forte, et décroît au delà; si l'extinction a eu lieu par immersion ou spontanément, la résistance n'augmente que jusqu'à 170 parties de sable, et diminue au delà.

Pour les chaux grasses éteintes par le procédé ordinaire, la résistance croît jusqu'à 240 parties de sable pour 100 de chaux en pâte forte, et décroît indéfiniment au delà; avec les mêmes chaux éteintes par immersion ou spontanément, l'augmentation de résistance ne va que jusqu'à 220 parties de sable pour 100 de chaux.

Si les ciments calcaires et mortiers sont soumis à l'influence constante d'une terre humide, la résistance des mortiers à chaux très-grasse éteinte par le procédé ordinaire décroît continuellement à compter de 50 parties de sable; si l'extinction a été faite par immersion, la résistance est uniforme de 50 à 130 parties de sable, et décroît indéfiniment au delà; avec l'extinction spontanée, la résistance est uniforme entre 50 et 200 parties de sable, puis décroît au delà.

Pour les chaux hydrauliques de toute extinction, l'augmentation de la résistance a lieu jusqu'à 90 parties de sable: elle devient stationnaire entre ce chiffre et celui de 240 parties de sable.

#### *Dé la manipulation.*

Avant d'opérer le mélange des ingrédients qui doivent constituer le mortier, il faut, quel qu'ait été le mode d'extinction de la chaux, qu'elle soit ramenée à l'état de pâte bien homogène de consistance argileuse, comme il a été dit plus haut. On conçoit toutefois qu'elle pourra être un peu plus molle s'il s'agit d'un mélange d'une poussière absorbante à grains impalpables que s'il s'agit de sable.

Les chaux éteintes par immersion ou spontanément peuvent toujours être ramenées à l'état de pâte solide, puisqu'on les prend à l'état pulvérulent. Quant à l'extinction ordinaire des chaux grasses, il faut qu'elle ait été pratiquée de manière qu'on puisse toujours obtenir ce résultat, c'est-à-dire avec le moins d'eau possible.

L'extinction ordinaire, qui est la préférable pour les chaux hydrauliques, ne doit se faire qu'au fur et à mesure des besoins, vu la promptitude de la prise. On doit l'éteindre dans deux bassins, afin qu'elle ait le temps de se diviser dans l'un pendant qu'on l'emploie dans l'autre.

Après vingt-quatre heures la fermeté de la chaux est déjà telle qu'on ne peut la diviser sans pioche, ou au moins sans une pelle tranchante. Cependant, quoiqu'il paraisse impossible d'opérer le mélange du sable sans addition d'eau, ce qui à la vérité ne pourrait s'obtenir à l'aide du rabot, on la ramène facilement à l'état de pâte convenable en la battant verticalement avec des massettes en fonte, fixées au bout de manches en bois. On peut ensuite y mêler le sable sans addition d'eau, ce qui est indispensable pour obtenir un mortier solide, mais ce que les maçons évitent, comme plus pénible, en ajoutant assez d'eau pour que le mélange qu'ils ont l'habitude de faire ne demande que le quart du temps qu'il faudrait pour l'exécuter avec la chaux ayant consistance argileuse, ainsi qu'on doit le faire, sous peine d'obtenir des mortiers dont la résistance se trouve diminuée de moitié, des deux tiers et même des quatre cinquièmes.

Il faut avant d'ajouter le sable que la chaux soit complètement éteinte, c'est-à-dire que tout travail ait cessé; ce dont on peut s'assurer par le refroidissement qui survient après l'effervescence.

Lorsque le mortier est entièrement confectionné, on ajoute, si l'on veut faire du béton, la pierraille ou les cailloux qui doivent le constituer, et le mélange s'effectue encore à l'aide des pilons ou massettes dont il vient d'être parlé, en battant avec force et vitesse.

Lorsque la trituration du mortier a amené le mélange à sa perfection, une plus longue manipulation devient nuisible aux chaux hydrauliques et éminemment hydrauliques, par le renouvellement des contacts avec l'air qui les détériore, tandis qu'il améliore les chaux grasses; d'où il résulte que les mortiers à chaux grasse doivent être corroyés le plus longtemps possible, tandis qu'au contraire les mortiers à chaux hydraulique ne doivent l'être qu'autant qu'il est nécessaire pour que la chaux adhère à chaque grain de sable et l'enveloppe entièrement.

Il faut que le mortier soit fabriqué à couvert, soit pour éviter une dessiccation trop rapide dans la saison des chaleurs, soit pour les préserver des pluies, qui en anéantiraient les qualités. Lorsqu'on cons-

truit dans la saison des chaleurs, il convient d'entretenir l'humidité des mortiers en arrosant les maçonneries, et cela surtout si l'on emploie des chaux hydrauliques, afin que le mortier conserve quelque temps l'eau nécessaire à sa solidification.

Comme il a été dit précédemment, le mortier doit être ferme, et ne peut par conséquent être employé avec des matériaux secs et absorbants : on se trouve donc dans la nécessité de tenir ces matériaux dans un état complet et permanent d'imbibition; le secret d'une bonne manipulation et d'un bon emploi est tout entier dans ce précepte : *Mortier ferme et matériaux imbibés*; précepte directement opposé à l'habitude des maçons, qui lient entre eux des *matériaux secs* avec du *mortier noyé*.

Il faut aussi éviter d'introduire après coup du mortier entre les pierres, en en mettant d'abord en assez grande quantité pour que les à-côté se garnissent d'eux-mêmes, quand on bat pour faire prendre assiette.

La main du maçon ne serait bientôt qu'une plaie s'il ne prenait quelques précautions pour se garantir de l'action de la chaux. Il suffit pour éviter cet accident de se tremper les doigts plusieurs fois par jour dans un goudron liquide, qui forme un gant imperméable.

*De l'emploi en immersion.*

( Voir Rondelet, tome IV, page 98. )

L'immersion du béton doit se faire avant qu'il ait acquis de la consistance; autrement, il s'émiette et perd la plupart de ses propriétés; cependant, si la dessiccation s'est effectuée rapidement sous l'influence du soleil ou du vent, on peut sans inconvénient ramener le mélange à son état primitif en le battant de nouveau avec addition de l'eau nécessaire.

L'immersion se fait par couches successives qui ne doivent pas dépasser 0<sup>m</sup>40 d'épaisseur. A mesure que chaque couche s'avance dans l'encaissement, elle chasse devant elle une bouillie sans consistance, qui si elle restait entre les couches du béton diviserait la masse, n'étant elle-même composée que de chaux noyée, incapable de faire prise. Il est donc essentiel que cette bouillie soit enlevée au fur et à mesure de sa production.

Dans une eau courante, on n'a pour arriver à ce résultat d'autre précaution à prendre que de ménager de distance en distance des trous

dans l'encaissement, de manière qu'elle puisse s'échapper sans que le béton lui-même y trouve un passage.

Dans une eau stagnante on ne peut la faire disparaître qu'au moyen de pompes placées aux extrémités de l'encaissement, ou, s'il a une issue, en la chassant au moyen du balai ; ce qui suppose qu'une nouvelle couche n'est superposée que lorsque celle qui doit la recevoir a fait prise.

Sauf cette précaution on ne doit rien faire pour la consolidation du béton que de le laisser se tasser de lui-même, et si, à la rigueur, on peut soumettre chaque couche à une compression sans choc, on ne peut sans le délayer et l'appauvrir lui faire subir la massivation.

Bien qu'en général il ne faille pas que le béton ait acquis de la solidité avant l'immersion, cependant, lorsqu'on le met en œuvre dans une enceinte épuisée, on peut en doubler la résistance future en lui laissant acquérir avant d'introduire l'eau dans l'enceinte un certain degré de résistance, sans aller toutefois jusqu'à la dessiccation, qui se caractérise par la teinte blanche. En agissant de la même manière à l'égard des maçonneries exécutées dans les mêmes circonstances, on obtient le même résultat pour les mortiers et ciments qui y sont employés.

Il est estientiel de faire remarquer que les mortiers ou ciments en contact avec une eau agitée s'amollissent au lieu de se solidifier s'ils ne sont formés de chaux grasse et de pouzzolane très-énergique, ou de chaux hydraulique et éminemment hydraulique. Bien que ce phénomène ait encore lieu dans une eau tranquille, les chaux grasses peuvent cependant y être employées en combinaison avec des pouzzolanes peu énergiques, puisque cet amollissement non-seulement a un terme, mais que les parties molles s'y affermissent avec le temps.

#### *De l'emploi du béton.*

Depuis quelques années l'usage du béton s'est répandu au point que cette espèce de maçonnerie a été considérée comme possédant assez de qualités pour être employée en remplacement de toute autre. M. Lebrun, architecte à Montauban, a émis cette opinion dans un ouvrage intitulé : *Traité pratique de l'art de bâtir en béton*. Après avoir passé en revue les éléments qui constituent le béton, et avoir indiqué les qualités de ces éléments et les proportions nécessaires pour obtenir un bon résultat, l'auteur indique les procédés employés par divers savants pour l'extinction des chaux hydrauliques.

Il traite ensuite de la constitution, de la manipulation et de l'emploi des mortiers hydrauliques et bétons, et énumère les principales applications qui peuvent en être faites dans les travaux publics et particuliers; puis il cite les applications qu'il en a faites lui-même. Les travaux qu'il a fait exécuter sont d'abord un vaste édifice communal, dont les maçonneries inférieures sont en béton jusqu'à 0<sup>m</sup>50 au-dessus du sol extérieur; il est résulté de cela que le rez-de-chaussée de ce bâtiment, ainsi que les murs, qui habituellement pompent l'humidité des terres, en sont entièrement exempts; il a construit, en outre, deux ponts, l'un dans la commune de Villemade, l'autre à Castel-Sarrazin; deux maisons d'école, un temple protestant, etc.; enfin, le pont de Grizolles, qui traverse le canal latéral à la Garonne; les dimensions de ce pont sont, entre les têtes, 5<sup>m</sup>; il a 12<sup>m</sup> d'ouverture, et l'arc de la voûte est de 60 degrés; deux banquettes en maçonnerie sont construites pour le halage.

Les archivoltés de tête sont en briques; les angles des culées, le couronnement des chemins de halage, les bornes et les bahuts des parapets sont en pierre de taille de Sept-Fonds.

Malgré les qualités que possède le béton, nous ne pouvons nous associer à la manière de voir de M. Lebrun, et nous nous en tenons à croire que s'il peut servir à la construction des murs en élévation il n'offre d'avantages bien réels qu'employé en encaissement dans les fondations, qu'il régularise en quelque sorte sous le rapport de la résistance, puisque lorsqu'il a acquis de la consistance toutes les parties du sol sur lequel il repose deviennent solidaires, ayant à résister à la compression d'une masse unique sans division. D'un autre côté, l'humidité n'altérant point ses qualités, et sa nature étant même d'y présenter un obstacle impénétrable, on pourra s'en servir convenablement toutes les fois qu'il s'agira de constructions en contact avec l'eau, par exemple pour former des digues, des bassins devant soit retenir les eaux, soit les empêcher de s'introduire dans leur enceinte; il sera donc convenable de l'employer à la construction des fosses d'aisances, des citernes, des glaciers, des silos, des aqueducs, des aires, etc., etc. Quant aux voûtes, nous pensons que des voûtes de cave qui n'ont pas de grandes charges à supporter, ou d'autres de petite dimension, peuvent être construites en béton; mais, loin de nous appuyer pour la construction des voûtes de grande dimension sur cette raison, que la force de cohésion dans une masse de béton est telle que cette masse peut être considérée comme

une seule pierre, nous croyons, par cette raison même, que le béton est impropre à cet usage, comme le serait en effet une pierre unique, et qu'il faut lui préférer au contraire, dans ce cas, toute autre espèce de maçonnerie.

Pour la construction des jetées on emploie des pierres factices, ou blocs de béton de grande dimension, que l'on jette à la mer lorsqu'ils ont acquis la consistance nécessaire. Des divers moyens en usage pour l'immersion des bétons frais, celui proposé par Bélidor est considéré comme celui qu'on doit préférer (1).

Nous donnons, d'après l'ouvrage de M. Lebrun, un moyen de construction des murs en élévation en cubes de béton par assises régulières, et un exemple de construction de voûtes au moyen d'un cintre particulier.

Rondelet, dans son *Traité de l'art de bâtir*, indique un mode de construction en pisé au moyen de banches (2); cette méthode s'applique aussi à la construction des murs en béton, ainsi que l'indique M. Lebrun dans son *Traité pratique de l'art de bâtir en béton*, dans lequel il expose les procédés à suivre pour employer cette maçonnerie en remplacement de toute autre; mais comme les bétons sont exposés à un peu de retrait par suite de leur dessiccation, il en résulte qu'il est difficile de construire des murs d'une longueur considérable sans être exposé à les voir se lézarder.

C'est par suite de cette remarque que M. Lebrun a pensé qu'il était possible d'assimiler les constructions en béton à celles en pierres et en briques, qui ne sont pas sujettes à cet inconvénient à cause de la répartition du retrait sur un grand nombre de joints. A cet effet, il propose un nouveau système d'encaissement pour le moulage des murs en béton, par lequel il obtient en réalité, des pierres factices de dimensions arbitraires.

Son procédé consiste à arraser les fondations au niveau du sol et à leur superposer une assise ou carrelage de briques de mince épaisseur, parfaitement de niveau, et débordant de chaque côté de 5 à 6 centimètres. Cette opération terminée, on divise régulièrement la longueur du mur suivant celle que l'on croit devoir donner aux pierres factices, puis on élève perpendiculairement aux parements du mur des cloisons dont la longueur est égale à son épaisseur, en leur donnant la hauteur

(1) Voir Rondelet, tome IV, p. 98.

(2) Voir Rondelet, tome I, p. 103.

attribuée aux assises. Ce carrelage et ces cloisons doivent être posés en mortier de chaux.

On élève ensuite à la hauteur des cloisons transversales, sur la saillie de l'assise horizontale de briques, des cloisons longitudinales que l'on se contente de poser en bon plâtre, de manière que les parements intérieurs de ces cloisons de face correspondent exactement aux parements de la partie de mur déjà élevée; puis on remplit toutes ces cases de béton que l'on massive avec soin, et que l'on presse à l'aide de la spatule contre les cloisons de parement du mur.

Alors on établit la nouvelle assise horizontale de briques comme on a fait la première, et l'on démolit les deux cloisons longitudinales, dont les briques doivent continuer à être employées au même usage jusqu'à l'achèvement de la construction. On procède ensuite pour toutes les assises supérieures comme il vient d'être dit, avec la seule attention de faire correspondre les cloisons transversales ou joints aux milieux des pierres de l'assise précédente, et la construction terminée, lorsque le béton a acquis assez de consistance, on abat les saillies des assises horizontales de briques.

pl. 27. La fig. 1 de la pl. XXVII est un exemple de ce mode de construction, qui peut être surtout avantageux s'il s'agit de murs de soutènement ou de rempart, auxquels l'application de la construction à l'aide des banches est difficile, sinon impossible, vu leur épaisseur et les terres qui leur sont adossées.

Après ce qui précède sur la méthode à suivre pour la construction d'un mur par ce procédé, nous croyons que l'inspection de la fig. 2 suffira pour en faire comprendre l'application au cas dont il s'agit, c'est-à-dire à la construction d'un mur de soutènement.

Pour la construction des voûtes de cave et autres situées en contre-bas du sol, après avoir tracé sur le terrain l'emplacement des murs avec l'épaisseur voulue, qui est naturellement plus grande que celle des murs en élévation, on fait les fouilles qui doivent descendre jusqu'à 0<sup>m</sup>30 ou 0<sup>m</sup>40 au-dessous du sol de la cave, en ayant soin que la face intérieure de la tranchée soit verticale et régulière, afin que la surface du béton qui y sera moulé reproduise cet aplomb et cette régularité lorsque les terres qui auront servi de forme seront enlevées; puis on jette le béton dans les tranchées, et on le massive par couchés de 0<sup>m</sup>25 à 0<sup>m</sup>30, afin que tous les interstices se remplissent exactement. On pro-

cède ainsi jusqu'à ce que le béton ait atteint la hauteur de naissance.

Cependant, si le terrain sur lequel on opère n'était pas de nature à pouvoir se dresser assez régulièrement et assez d'aplomb, on formerait la paroi intérieure à l'aide de planches que l'on pourrait enlever et remplacer au fur et à mesure par de la terre que l'on pilonnerait entre le parement de la maçonnerie et le massif.

Arrivé à la naissance, on modèle le terrain compris entre les murs, suivant la forme que l'on veut donner à la voûte, on le bat fortement à la demoiselle, pour qu'il ne cède point sous la charge, et on l'égalise avec soin, après quoi l'on place le béton sur cette partie en le massivant comme précédemment, et ce n'est que lorsqu'il est reconnu que le béton a fait une prise suffisante que l'on déblaye l'intérieur des caves en enlevant les terres par les ouvertures qu'il a été nécessaire de ménager dans la voûte.

La fig. 3 est un exemple de ce mode de construction. La ligne A B représente le sol de la cave, et la ligne CD l'extrados de la voûte.

Les changements de forme auxquels sont sujets les cintres en bois, les embarras qu'ils causent dans certains cas et la dépense à laquelle ils entraînent ont amené M. Lebrun à l'application à cet usage d'un mode de construction déjà connu, mais qui n'avait point encore été employé de cette manière; c'est pour cette innovation que cet architecte a obtenu, le 9 septembre 1840, un brevet qui lui en assure le bénéfice.

Ayant eu l'occasion d'éprouver des cintres suivant ce système, lors de la construction de la voûte du pont de Grizolles, il a reconnu qu'ils ne sont sujets à aucun affaissement; qu'ils n'entraînent point d'embarras qui puissent gêner la circulation; qu'ils offrent enfin une économie qu'il évalue aux trois quarts du prix des cintres en charpente.

On connaît d'ailleurs la force de ces voûtes (1); il suffit de rappeler ici qu'en 1834 une voûte de ce genre fut construite avec du ciment de Vassy, et que, bien qu'elle ne fût composée que de deux épaisseurs de brique, elle ne s'affaissa en aucun point, malgré la charge de 3,029 kil. qu'elle avait à supporter par mètre superficiel.

L'auteur de l'emploi de ces voûtes à former des cintres les établit de la manière suivante :

Il place d'abord aux naissances des bandeaux *a*, fig. 4, en pierre ou en

(1) Voir Rondelet, tome II, p. 283.

brique, dont la saillie qui reçoit le cintre en brique est abattue après la démolition de ce cintre.

Quant à la forme, la plus convenable à donner à ces voûtes est celle en arc de cercle, et il suffit, pour guider les poseurs dans le travail, d'établir sur des poteaux de légers cintres en planches doubles, espacés de 3 à 4 mètres, et maintenus latéralement par des entretoises et la sablière ou chapeau des poteaux, comme on le voit par les fig. 4 et 5, qui sont : l'une, la coupe transversale de la moitié de la voûte ; l'autre, un arrachement de la coupe longitudinale suivant l'axe.

Les briques que cet architecte conseille d'employer de préférence sont celles de marne; elles doivent être bien cuites, avoir leurs joints parallèles, et ne pas excéder 0<sup>m</sup>40 sur 0<sup>m</sup>20 et 0<sup>m</sup>06, ni être moindres de 0<sup>m</sup>20 sur 0<sup>m</sup>10 et 0<sup>m</sup>05, être enfin en rapport avec le diamètre de la voûte.

Il pense que jusqu'à 8 mètres d'ouverture deux épaisseurs de briques doivent être suffisantes; qu'il faut de cette dimension à 12, trois épaisseurs; de 12 à 18, quatre; enfin de 18 à 25, cinq.

La fig. 6 est un détail de la manière dont se posent les briques. La construction de la voûte se commence sur un des cintres, aux deux naissances à la fois; les briques se disposent de manière à former des harpes, comme on le voit, en *b*, *c*. On conçoit que lorsqu'une portion de voûte de trois ou quatre briques de largeur a été ainsi complétée, le reste s'accroche facilement à la partie déjà construite, en se dirigeant d'ailleurs, pour la formation de la surface, sur les entretoises qui relient les cintres. L'assise supérieure de la voûte, ou épaisseur de brique formant l'extrados, doit être maçonnée en mortier hydraulique, ou en ciment, afin que l'humidité du béton qui doit lui être superposé ne puisse détériorer les joints des assises inférieures, qui sont maçonnées en plâtre. La deuxième assise peut être posée en même temps que la première; mais on doit toujours avoir soin de la poser à joints croisés, comme on le voit indiqué en ponctué dans la fig. 6, et prendre la même précaution pour toutes les assises qui doivent former le cintre. En général, il faut que le plâtre et le mortier ne soient pas ménagés dans les lits et joints, afin qu'il ne reste point de vides; c'est pour cette raison aussi que dans la pose les briques doivent être frappées légèrement au marteau et horizontalement, afin qu'elles remplissent aussi exactement que possible la place qui leur est réservée. La même précaution

doit être observée pour les briques des assises supérieures, sur lesquelles on doit en même temps agir par pression, afin que les assises qui doivent former le cintre soient liées entre elles et ne fassent qu'une seule et même voûte.

Le cintre terminé, on enduit son extrados d'une couche de terre argileuse de 0<sup>m</sup>02 à 0<sup>m</sup>03 d'épaisseur, servant non-seulement à régulariser la courbe qui doit former l'intrados de la maçonnerie, mais encore à isoler le cintre de la construction permanente, afin que la démolition du premier s'exécute facilement et sans que la surface intrados de la voûte en soit altérée.

Au bout de quelques mois, lorsque les bétons ont acquis la consistance nécessaire, on opère la démolition du cintre, qui se conçoit assez sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans de longues explications à ce sujet. Il suffit de dire que l'on démolit successivement toutes les assises ou épaisseurs de briques qui forment le cintre, en procédant dans un ordre inverse à celui suivi dans la construction; c'est-à-dire que l'on commence à ouvrir la voûte à la clef. Cette démolition s'opère en détachant successivement les briques une à une, afin de pouvoir les réemployer.

*Reprise en sous-œuvre exécutée à l'arsenal de Sa Majesté Britannique, à Chatham.*

Nous donnons les fig. 7 et 8 pour aider à l'intelligence des travaux de reprise en sous-œuvre exécutés au long magasin de l'arsenal de Sa Majesté Britannique, à Chatham, en 1834, par l'architecte George Taylor.

Des mouvements considérables se manifestaient depuis plusieurs années dans les murs et les planchers de ce magasin, long de 540 pieds anglais (164<sup>m</sup>60), large de 50 (15<sup>m</sup>24), et qui contenait dans ses cinq étages des approvisionnements considérables de toutes natures. Presque tous les arcs des murs extérieurs étaient déformés par suite du tassement des pieds-droits. On avait pris des mesures, telles que l'étalement, pour prévenir la chute des murs, qui dans quelques parties étaient de 10 pouces (0<sup>m</sup>25) en surplomb, et qui dans d'autres avaient éprouvé des tassements très-considérables, jusqu'à 9 pouces (0<sup>m</sup>23) dans un endroit. Ainsi que les murs, les planchers avaient dû être soutenus pour pouvoir continuer à supporter les poids considérables des objets emmagasinés, qui consistent en câbles, cordages, voiles et autres fourni-

tures navales empilées dans toute la hauteur des étages. Cet étayement des planchers fut fait dans le but de soulager les murs d'enveloppe ; mais, ces murs continuant à céder malgré ce soulagement, il se trouva que la plupart des solives furent séparées de 2, 3 et 4 pouces (0<sup>m</sup>05, 0<sup>m</sup>07 et 0<sup>m</sup>10) de leurs portées dans les murs ; et comme elles avaient été étayées dans le milieu, elles se courbèrent sous le poids, et furent même, en quelques endroits rompues.

On supposait généralement que les murs du bâtiment étaient établis sur des pilots et sur un grillage (*sleepers of timber*) ; mais on ne connaissait pas la nature précise des fondations.

En 1834, l'état des bâtiments empira au point d'être considéré comme dangereux ; on était généralement d'avis qu'on n'avait plus qu'à démolir pour reconstruire. Cependant il se présentait deux objections très-notables à l'adoption de cette mesure : la première était l'énorme dépense qu'elle entraînerait, et qui était estimée devoir s'élever à 70,000 liv. sterl. (1,764,000 fr.) ; la seconde était les difficultés et la dépense du déménagement des approvisionnements et le défaut de lieu convenable pour les emmagasiner durant la reconstruction. Ces considérations amenèrent à tenter de maintenir le bâtiment au moyen d'une reprise des murs en sous-œuvre.

L'architecte était d'avis qu'on devait adopter le système suivi à la douane avec tant de succès, sous la direction de M. Robert Smirke, par M. Baker, consistant à établir une fondation de béton descendant jusqu'au sol solide et montant jusqu'à trois ou quatre pieds (0<sup>m</sup>91 ou 1<sup>m</sup>22) au-dessus du pied du mur. M. Baker proposa de faire ces 3 ou 4 pieds en briques et ciment. Cet espace était considéré comme nécessaire pour que le poseur pût travailler avec soin et s'assurer que chaque brique était convenablement posée. Dans ce projet, cette construction en briques composait la plus grande partie du chiffre de la dépense prévue.

M. Baker, sous la direction de l'architecte, fit des fouilles en divers endroits, pour reconnaître la nature et l'état des fondations, afin d'établir le chiffre de la dépense totale. On trouva que les murs reposaient généralement sur un grillage en pièces de charpente en chêne d'un très-fort équarrissage, couvert de planches. Ces bois, généralement pourris, avaient occasionné des tassements en rapport avec leur état plus ou moins mauvais. Il fut reconnu que la profondeur moyenne à laquelle

dévaient atteindre les fondations était de 15 pieds ( $4^m57$ ), et les calculs furent établis sur cette base. Le devis de M. Baker s'élevait à 8,800 liv. sterl. (221,760 fr.). L'architecte, pensant qu'on pourrait éviter le surcroît de dépense occasionné par la maçonnerie de briques et de ciment en la remplaçant par du béton pressé au moyen de fortes vis jusqu'au-dessous du mur, fit part de son idée à M. Baker, qui, ne considérant point ce travail comme devant présenter assez de solidité, refusa de l'exécuter.

Cette somme ayant paru très-forte au conseil d'amirauté, on s'adressa à un autre entrepreneur, M. Ranger, qui proposa d'exécuter ces travaux pour la somme de 3,300 liv. sterl. (83,160 fr.) On jugea prudent de ne s'engager que pour un pavillon d'extrémité à titre d'essai; le devis de ce travail à exécuter dans la partie la plus mauvaise s'éleva à 600 liv. sterl. (15,120 fr.).

On commença les travaux par l'angle nord-ouest, qui paraissait dans le plus mauvais état, ayant éprouvé un tassement de 9 pouces ( $0^m23$ ), et étant de 10 pouces ( $0^m25$ ) en surplomb.

On fit des fouilles des deux côtés du mur jusqu'à 2 pieds ( $0^m61$ ) au-dessous des pièces de charpente, afin de pouvoir les extraire. La profondeur était en cet endroit de 16 pieds ( $4^m87$ ). Les bois enlevés sur une longueur de 6 pieds (1,82), on trouva la maçonnerie du pied du mur, épais de 7 pieds ( $2^m13$ ), bien liée et présentant une surface assez unie; le lit devant recevoir le béton était de nature crayeuse solide. On forma un encaissement en planches pour recevoir le béton, qui était préparé sur le sol, et que l'on versait dans des conduits qui l'apportaient dans l'encaissement.

Le béton a été préparé suivant la méthode pour laquelle M. Ranger a obtenu un brevet; cette méthode consiste à former un mélange de la chaux de meilleure qualité, récemment et également cuite, et de terre fraîche réduite en poudre très-fine et purgée de toute matière étrangère. Le mélange s'opère au moyen de l'eau chaude, dans la proportion d'environ  $\frac{1}{7}$  de chaux pour 6 de gravier de rivière; au bout de quelques minutes, ce béton conserve la forme du moule dans lequel on le jette; sa solidification s'effectue si promptement qu'on peut élever à une hauteur quelconque, et sans interrompre les travaux, le bâtiment à la construction duquel il est employé.

Lorsque le béton est arrivé dans l'encaissement à 1 pied ( $0^m30$ ) de

distance du mur, on l'a couvert d'une assise de larges ardoises bien établies dans un lit de mortier, et on a placé dessus un fort cadre en fer de 1 pied (0<sup>m</sup>30) de hauteur, ayant la largeur du mur et 4 pieds (1<sup>m</sup>22) de longueur, garni de deux fortes vis de chaque côté, au moyen desquelles on peut agir très-fortement sur les traverses mobiles (*voir* la figure 8).

On amena le béton entre ces deux côtés mobiles, puis l'on serra avec force jusqu'à ce qu'il atteignît le dessous du mur, de manière à former une masse de 9 pouces (0<sup>m</sup>23) environ de largeur, qui au bout de quelques minutes fut assez ferme pour qu'on pût retirer l'appareil sans qu'elle perdît sa forme; l'opération recommença de part et d'autre jusqu'à ce que le béton fût ainsi comprimé dans toute l'épaisseur du mur. La même opération ayant été continuée ainsi dans la direction de l'angle nord-ouest, on s'aperçut que la fondation devenait de plus en plus mauvaise, et s'inclinait de plus en plus vers la rivière; on trouva aussi une plus grande quantité de bois, et les apparences étaient tellement peu satisfaisantes que l'architecte, quoique les murs fussent solidement étayés, considérant la reprise en sous-œuvre dans cette partie comme trop dangereuse, conseilla la démolition du mur de face, sur une longueur d'environ 40 pieds (12<sup>m</sup>19). Cette démolition fut ordonnée et exécutée avec une précipitation imprudente pendant l'absence de l'architecte, en sorte que au bout de trois jours le béton récemment placé eut à soutenir tout le poids du mur, haut de 60 pieds (18<sup>m</sup>29), et d'une épaisseur moyenne de 4 pieds 6 pouces (1<sup>m</sup>37). Cependant le béton ne céda point, et cette imprudente épreuve servit au moins à faire ressortir la bonté de la matière en même temps que celle de la méthode employée. Les fouilles faites pour la reconstruction de cet angle de la partie du mur de face firent découvrir des pièces de charpente entassées sur une hauteur de 9 pieds (2<sup>m</sup>74), et on fut obligé de creuser jusqu'à 20 pieds (6<sup>m</sup>10) de profondeur pour obtenir une fondation solide. La reconstruction de cette partie en ciment fut une opération facile, et tout le reste du magasin fut repris en sous-œuvre, comme il a été dit ci-dessus; cette opération s'acheva d'une manière satisfaisante dans l'espace de quatre mois, sans qu'il en résultât d'inconvénients pour le service par le déménagement des approvisionnements. Ces travaux ont pris une marche régulière lorsque les hommes en ont eu acquis l'habitude. L'envahissement des eaux et plusieurs autres difficultés locales sont survenues dans le cours des travaux; mais elles ont été toutes surmontées.

A l'extrémité orientale du bâtiment, tous les murs de face et de refend reposaient sur des pilots, dont les têtes et les chapeaux commençaient à se détériorer dans les parties exposées alternativement à l'humidité et à la sécheresse; mais les parties inférieures de ces pilots, qui n'étaient pas sujettes à ces variations, étant restées saines, ne furent point extraites, en sorte que le béton leur fut superposé.

L'architecte, M. G. Taylor, considère l'épreuve de ce mode de reprise en sous-œuvre comme d'autant plus satisfaisante que ce travail a été accompli en une saison, et que malgré les profondeurs auxquelles les fondations ont dû en certains points être établies, la dépense n'a pas excédé la moitié du chiffre d'estimation prévu pour l'exécution suivant la première méthode proposée, qui était présumée devoir porter la durée des travaux à deux ans.

La fig. 7 représente une coupe du mur et des fondations telles qu'elles ont été trouvées en faisant les fouilles.

La fig. 8 est une coupe expliquant la manière dont s'est opérée la reprise en sous-œuvre au moyen du béton.

A indique le béton serré entre les côtés mobiles B.

B indique les côtés mobiles qui se retirent et entre lesquels on comprime le béton au moyen de vis E.

C, conduits dans lesquels on jette le béton préparé sur le sol supérieur, et au moyen desquels il arrive, soit dans l'encaissement, soit entre les côtés mobiles qui servent à le comprimer.

D, côtés du cadre qui se démontent et permettent de le déplacer par morceaux lorsqu'une longueur de béton est terminée, pour le reporter ailleurs. (*Lire Rondelet, tome II, page 279.*)

#### CONSTRUCTION DES VOUTES EN MAÇONNERIE.

(*Voir Rondelet, tome II, page 279.*)

#### *Des tunnels.*

La nécessité d'établir les canaux ainsi que les chemins de fer suivant des surfaces peu inclinées a souvent forcé, pour éviter des allongements de route qui eussent occasionné d'énormes dépenses de temps et d'argent, à pratiquer, à travers les élévations de terrain qui faisaient obstacle à leur passage, des conduits voûtés portant le nom de tunnels.

Une des plus considérables de ces avenues souterraines, tant sous le rapport des dimensions que sous celui des difficultés qui sont survenues durant l'exécution, a été construite à Londres sous la Tamise par le célèbre ingénieur J. Brunel. Depuis que les chemins de fer se sont multipliés, le nombre de ces avenues, en raison de cette augmentation, s'est lui-même de beaucoup accru.

Nous ajoutons quelques détails de ces constructions à ce que Rondelet, en sa section 3 du Livre IV de son *Traité de l'art de bâtir*, a déjà donné sur les voûtes.

*Nouveau tunnel de Harecastle, dans le Staffordshire.*

L'ancien tunnel exécuté à Harecastle, dans le Staffordshire, par le célèbre Brindley, fut formé d'un arc demi-circulaire en briques dont la naissance est au niveau de l'eau. Ce tunnel, n'ayant que 10 pieds anglais de largeur (3<sup>m</sup>05) et étant par conséquent dépourvu de chemin de halage, est devenu insuffisant par suite de l'augmentation du commerce sur ce canal et des retards occasionnés par l'absence de ce chemin. On a jugé nécessaire de construire un nouveau tunnel à côté de l'ancien, et l'exécution en a été confiée à M. James Potter, sous la surveillance de M. Telfort.

Pl. 28. La pl. XXVIII renferme des coupes où sont indiqués les divers rayons de la courbe et le cintre qui a servi à son exécution, ainsi que des détails du chemin de halage, qui est entièrement en pierre, à l'exception du pavage, qui est en briques dures.

La fig. 1 est une coupe suivant l'axe du tunnel, faisant voir l'élévation du chemin de halage; la fig. 2 est le plan du dessus de ce chemin; la fig. 3 est une coupe transversale du tunnel et du chemin de halage; la fig. 4 est une autre coupe transversale avec le cintre qui a servi à l'exécution.

*Tunnel du canal joignant la Tamise à la rivière de Medway.*

L'entrée de ce canal est, par la Tamise, à l'est de Gravesend, dans la paroisse de Milton. La distance de cette entrée au tunnel est d'environ 4 milles  $\frac{3}{4}$  (7<sup>kil</sup>.644): la longueur du tunnel est de 2 milles  $\frac{1}{4}$  (3<sup>kil</sup>.621), et la longueur totale du canal depuis son entrée sur la Tamise jusqu'à son extrémité sur la Medway est d'environ 7 milles (11<sup>kil</sup>.265). On abrège la

distance, au moyen de ce canal, de 40 à 50 milles (64<sup>kil.</sup>372 à 80<sup>kil.</sup>465), et l'on évite les dangers fréquents qui se rencontraient dans ce parcours.

Plusieurs tentatives infructueuses avaient été faites avant l'année 1829, époque à laquelle les directeurs de cette entreprise approuvèrent le plan de M. Clark, et le chargèrent de cet important travail.

De grandes difficultés se rencontrèrent, et pour le tracé du tunnel, qui passe sous un terrain dont la surface, couverte de broussailles, est extrêmement onduleuse, comme on le voit par la fig. 1 de la pl. XXIX, et pour son exécution, par la nature du terrain, composé de craie, ce qui d'abord avait paru favorable, et qui, pour éviter les accidents, obligea à prendre les plus grandes précautions et entraîna dans des dépenses considérables. Dans l'origine on avait eu le projet de porter au milieu la largeur du tunnel jusqu'à 50 pieds (15<sup>m</sup>24) sur une longueur de 200 (60<sup>m</sup>95), pour permettre le passage des bateaux marchant dans des directions opposées; les administrateurs y renoncèrent, vu la grande dépense qui en aurait été la conséquence : cependant la nécessité de cette gare d'évitement fut bientôt reconnue, mais l'on se contenta de la faire à ciel ouvert, en choisissant pour cela la vallée la plus profonde, qui se trouve vers le milieu du tunnel.

Pl. 29.

La fig. 1 est une coupe longitudinale de ce tunnel : A est l'entrée du côté de Higham ; B est celle de Friendsbury ; CC sont les puits ; D est la gare d'évitement à ciel ouvert, dont la fig. 2 est le plan et les fig. 3 et 4 deux coupes, l'une longitudinale, l'autre transversale.

La fig. 5 est une élévation de l'entrée du tunnel à Friendsbury.

La fig. 6 en est une coupe faisant voir le cintre ; la fig. 7 en est une autre coupe près de l'entrée ; la fig. 8 est l'élévation d'un fragment du chemin de halage ; la fig. 9 est l'élévation, et la fig. 10 le profil d'un des supports en fonte de l'appui de ce chemin.

### *Des ponts.*

(Voir Rondelet, tome IV, page 331.)

La pl. XXX représente quelques projections de deux ponts construits sur le chemin de fer de Londres à Southampton.

Pl. 30.

La fig. 1 est l'élévation d'un de ces ponts jeté sur le chemin de fer.

La fig. 2 en est une coupe longitudinale, et la fig. 3 une coupe transversale.

La fig. 4 en est le plan inférieur, et la fig. 5 le plan supérieur.

La fig. 6 est l'élevation d'un pont sur lequel passe le chemin de fer. A indique la ligne du niveau des rails, B celle du niveau du sol; la fig. 7 en est une coupe longitudinale; la fig. 8 en est une coupe sur CD, fig. 9; cette dernière figure en est le plan supérieur, et la fig. 10 est le plan de ses fondations.

*Viaduc de Wharnclyffe.*

Pl. 31. La planche XXXI représente le plan, l'élevation et des coupes du viaduc de Warhnclyffe, l'un des principaux ouvrages du Great Western railway, dont la construction a été confiée au célèbre ingénieur J.-K. Brunel.

Les arches sont elliptiques, les piles consistent chacune en deux massifs piliers carrés.

Les murs en aile (wing walls) sont droits, et l'espace qui les sépare, et qui est creux, est couvert par un arc transversal partant d'un mur à l'autre; ces murs sont inclinés dans la direction de la poussée de l'arc.

Longueur totale du viaduc y compris les murs latéraux (wing walls).....pieds anglais 900 (274<sup>m</sup>31).

Dimensions des arches.....	{	corde.....	70 (21 <sup>m</sup> 33).
		flèche.....	17 (5 <sup>m</sup> 18).

Largeur entre les parapets.....	30 (9 <sup>m</sup> 14).
---------------------------------	-------------------------

Au décintrement les arches descendirent de 1 pouce  $\frac{3}{4}$  (0<sup>m</sup>044) à 2 pouces  $\frac{3}{4}$  (0<sup>m</sup>069). Les espaces entre les arches sont traversés par de petits murs longitudinaux.

Ce viaduc, qui a reçu le nom de Warncliffe en reconnaissance des services rendus à la compagnie par le lord de ce nom, a été commencé en février 1836 et terminé vers la fin de l'été de l'année suivante.

La fig. 1 en est l'élevation.

La fig. 2 en est un plan pris, dans la partie A, à la hauteur des fondations; dans la partie B, au-dessus du parquet.

La fig. 3 est la coupe longitudinale d'une des arches, faisant voir le cintre qui a servi à sa construction: la fig. 4 en est la coupe transversale.

Les fig. 5, 6 et 7 sont des coupes suivant AB, CD et EF, fig. 3.

*Pont de Maidenhead.*

Ce pont, l'une des plus importantes constructions du Great Western railway, est établi à Maidenhead sur la Tamise; ce travail hardi est représenté planche XXXII par diverses projections. Il se compose de deux arches de 128 pieds (39<sup>m</sup>00) d'ouverture chacune, avec pile intermédiaire de 30 pieds (9<sup>m</sup>14) de largeur. Cette construction est presque entièrement en briques, il y entre très-peu de pierre. Les arches sont les plus grandes qui soient construites entièrement en briques.

Pl. 32.

La fig. 1 est une élévation de ce pont; la fig. 2 en est le plan supérieur d'une part, et pris de l'autre à hauteur des naissances.

La fig. 3 en est une coupe longitudinale; les fig. 4, 5 et 6 en sont des coupes transversales suivant AB, CD et EF, fig. 3. (*Lire Rondelet, tome IV, page 281.*)

## DES VOUTES EN BRIQUES.

(*Voir Rondelet, tome II, page 281.*)

*Voûtes en briques à crochets.*

Les voûtes formées en briques posées de plat et maçonnées en plâtre dont traite Rondelet au ch. 2 de la sect. 3 du liv. IV peuvent être construites, grâce à la force de cohésion du plâtre, avec une flèche assez courte; mais on est obligé de les laisser ouvertes à la clef jusqu'à ce que le plâtre soit arrivé à la limite de son expansion. Pour obvier aux inconvénients qui pourraient résulter de cette propriété du plâtre, M. d'Oliver, capitaine du génie, a imaginé de construire ces voûtes avec des briques qui fissent elles-mêmes obstacle à cette force; et pour cela il leur a donné la forme que l'on voit pl. XXIV, fig. 15. Dans la construction des voûtes, ces briques se superposent, comme on le voit par la fig. 16, qui en est une coupe, et la fig. 17, qui en est un plan représentant des briques inférieures et celles de recouvrement. Il résulte de cette disposition que l'augmentation du volume de chaque joint, au lieu de s'ajouter, comme dans les voûtes ordinaires, à leur développement, se trouve limité; ainsi, si l'on considère le joint A, l'effet de la force d'expansion du plâtre sera anéanti par les crochets de la brique de recouvrement; mais les joints B offrant une résistance égale à

l'effort de A, le triple effort se reporte tout entier sur la face interne des crochets de la brique supérieure, et tend à les casser; cependant, comme une force égale s'exerce par la même cause sur la face externe de ces mêmes crochets, l'équilibre n'est pas détruit, en sorte qu'on n'a point à redouter la rupture.

On comprend aisément qu'avec des voûtes construites en briques ordinaires posées de plat, cette force d'expansion du plâtre, si ces voûtes n'ont des butées suffisantes pour y résister, n'ajoute que peu de chose à leur solidité par la pression, puisqu'on a grand soin de leur laisser la faculté de s'étendre, afin d'éviter les effets de cette pression. Au contraire, avec les briques à crochets cette force s'applique uniquement à resserrer les joints sans rien ajouter au développement de la voûte; en sorte qu'elle est sans inconvénient pour les pieds-droits qui la supportent, tandis qu'elle donne à la voûte une grande solidité par l'étroite union de ses parties.

Dans le cas où le plâtre ne serait pas de bonne qualité, on pourrait craindre que la pression qu'il exercerait dans les joints ne fût pas une garantie suffisante de solidité, vu leur peu d'épaisseur et conséquemment leur peu de pression; il serait alors convenable, pour augmenter cette dernière, de donner plus d'épaisseur aux joints en faisant les briques plus larges, comme on le voit fig. 18, et l'on pourrait ainsi, dans ce cas, suppléer à la mauvaise qualité du plâtre; ce qui n'aurait pas lieu en employant des briques ordinaires. (*Lire Rondelet, tome II, page 298.*)

#### CHARPENTE.

(*Voir Rondelet, tome III, page 1.*)

#### *Des assemblages.*

Rondelet a recherché dans son introduction au livre V de son *Traité de l'art de bâtir*, intitulé *Charpente*, l'origine probable de cet art et les causes de son perfectionnement. On a pu se convaincre, d'après les considérations qui y sont exprimées, de la nécessité de l'union des diverses pièces de bois qui composent tout ou partie d'un bâtiment suivant leurs positions respectives et les efforts auxquels elles ont à résister; ainsi, par exemple, si une pièce exerce sur une

autre un unique et constant effort, il faut lui opposer un obstacle permanent, pour obtenir la stabilité nécessaire; cet obstacle, on le trouve dans les bois eux-mêmes, au moyen de certaines combinaisons de leurs points de rencontre, que l'on nomme *assemblages*. Rondelet ne s'étant point étendu sur ce sujet, nous avons cru devoir y consacrer les quelques pages suivantes, qui si elles ne forment pas un recueil complet de tous les assemblages en usage, renferment cependant les principaux, et peuvent, ce nous semble, remplir la lacune qui existe dans l'ouvrage de cet auteur, et trouver leur place entre l'article *Charpente* et le chapitre premier de la première section, qui traite des combles à deux pentes.

*Assemblages à tenon et mortaise.*

L'assemblage représenté par la fig. 1 de la pl. XXXIII est l'assemblage simple à tenon et mortaise de deux pièces de bois dont les axes se rencontrent à angle droit, abstraction faite de leur position dans l'espace; la projection horizontale des deux parties de cet assemblage est représentée en A et B; A' et B' en représentent une coupe sur *a b*. Pl. 55.

Le tenon est taillé suivant le fil du bois; il est égal au tiers de l'épaisseur de la pièce et situé dans son milieu. La mortaise est semblablement disposée; il en résulte que les épaisseurs de bois qui restent au-dessus et au-dessous de cette dernière, et qu'on nomme les jouées, sont chacune égale à l'épaisseur du tenon, afin que la résistance soit la même de part et d'autre. C'est pour le même motif que le trou destiné à recevoir la cheville d'assemblage est situé au tiers de la longueur du tenon, à partir de sa racine, et dans l'axe de sa largeur qu'on nomme joue. Cette cheville cylindrique, et d'un diamètre ordinairement égal au quart de l'épaisseur du tenon, doit être de bois dur et de fil; cependant il ne faut jamais la considérer comme partie constituante de l'assemblage; elle ne doit servir réellement qu'à faciliter le travail; une charpente posée doit se maintenir sans le secours des chevilles, puisque, si elles avaient quelque utilité, la rupture de l'une d'elles pourrait occasionner la destruction de toute la charpente. Néanmoins, malgré ces considérations, on les laisse dans les assemblages, en ayant soin de les couper à fleur des parements des pièces.

Il est bon de faire observer que, bien que l'exactitude rigoureuse soit préférable à toutes les précautions que l'on peut prendre dans

l'exécution, la difficulté d'obtenir ce résultat amène naturellement à choisir un terme moyen présentant la plus grande solidité possible jointe à une exécution certaine; ainsi, dans l'assemblage dont il s'agit, il faudrait que la mortaise et le tenon fussent égaux, afin que le bout de celui-ci portât sur le fond de la mortaise en même temps que les épaulements du tenon sur les jouées qui en sont la portée; et comme il peut arriver que le tenon soit un peu trop long et porte seul, on le fait tout d'abord un peu plus court que la mortaise, pour faire porter de préférence les épaulements du tenon.

S'il s'agissait de deux pièces dont le plan des axes fût horizontal, à l'assemblage ci-dessus décrit il faudrait préférer celui expliqué par la fig. 2, et les assembler par *entailles à mi-bois*; car on obtiendrait ainsi une force qui serait à celle de la fig. 1 dans le rapport de  $\frac{1}{2}$  à  $\frac{1}{3}$  ou de 3 à 2. Cependant si la pièce A venait à se courber suffisamment pour que la cohésion des fibres fût moindre que leur force d'élasticité, il s'ensuivrait une séparation entre celles qui portent et celles qui sont supportées, c'est-à-dire que la pièce se fendrait au-dessous du tenon. Dans ce cas, les pièces elles-mêmes ne présentant aucune résistance à cette force qui tend à séparer la partie inférieure de celle supérieure de la pièce portant le tenon, l'on a recours au fer, que l'on peut employer de diverses manières, soit en maintenant ces deux parties près de la racine du tenon, par un boulon qui traverse la pièce verticalement; soit en la serrant au même point, au moyen de liens ou frettes, comme pl. XXXV, fig. 9, 10 et 11; soit encore, et ce qui est préférable, en faisant porter la pièce elle-même dans un étrier fixé sur celle qui reçoit le tenon. (*Voir les assemblages des pièces principales d'un plancher, pl. XXXVI, fig. 9 et 10.*)

Les parties A' et B', fig. 2, représentent celles A et B coupées suivant le plan *a b*.

L'assemblage fig. 3 est disposé de manière à faire disparaître cet inconvénient sans le concours du fer, au moyen d'un *tenon à contre-fort* B, qui porte dans la mortaise de la pièce A. Ces deux pièces sont coupées par un plan vertical suivant l'axe de celle portant le tenon.

Lorsque des deux pièces à assembler l'une est verticale et l'autre horizontale, pour que le tenon n'ait pas à supporter tout le poids de la pièce horizontale, on les assemble à *embrèvement*, comme on le voit dans la fig. 4 par le plan A et le profil A' des pièces assemblées. Cet

embrèvement consiste en une entaille faite au poteau, suivant un plan incliné, sur l'occupation de la pièce horizontale, à partir de la partie supérieure de la mortaise, et qui se termine à un plan horizontal de coupe au niveau de sa partie inférieure. Les épaulements aux deux côtés du tenon ont la même inclinaison que le plan de l'embrèvement, avec lequel ils doivent coïncider. Par cette disposition on ajoute à la force du tenon celle de l'about d'embrèvement, qui a ordinairement une largeur égale au quart de la longueur du tenon, et on prévient la dépression qui pourrait s'opérer à sa racine sous une forte charge.

Si au lieu d'être horizontale la pièce à assembler dans le poteau est inclinée, comme dans la fig. 5, qui présente en A le profil de l'assemblage, et en A' la face de la mortaise, et qu'elle soit destinée à résister à un effort de pression, on applique l'assemblage à embrèvement dont il vient d'être question, avec cette différence que l'embrèvement dont l'about est encore horizontal a une inclinaison inverse de celle du précédent.

Il peut arriver que le poteau soit d'un équarrissage plus fort que la pièce qui s'y assemble; dans ce cas l'*embrèvement* se fait *par encastrement*, c'est-à-dire qu'il reste de chaque côté deux joues, chacune d'une épaisseur égale à la moitié de la différence d'épaisseur des deux pièces.

Lorsque la jonction a lieu sous un angle très-aigu, l'occupation de l'une des pièces sur l'autre est très-longue, et l'*embrèvement* se fait ordinairement à *crans*, comme on le voit fig. 6. A représente la projection de cet assemblage sur un plan parallèle aux faces de parement; A' est la projection de la mortaise sur un plan vertical perpendiculaire à celui des axes.

On remarque que le plan de l'about d'embrèvement *ab* est incliné par rapport aux deux pièces; cette inclinaison est la même pour chacune d'elles, puisque ce plan divise l'angle obtus qu'elles forment entre elles en deux parties égales; les fibres de ces pièces étant occupées sous le même angle offrent donc la même résistance aussi bien pour le second about *a'b'* que pour le premier, puisqu'ils sont égaux et que leurs plans sont parallèles.

Bien que cette disposition soit celle qui offre le plus de solidité par la manière dont les fibres se rencontrent, elle n'est pas toujours sans inconvénient: ainsi, par exemple, dans le cas d'un embrèvement sim-

ple, le tenon peut se trouver diminué à tel point qu'il soit préférable de le couper suivant un plan horizontal, comme on le voit dans la fig. 5; mais elle est toujours préférable dans le cas dont il s'agit, ou lorsque, les pièces formant un angle plus aigu, l'occupation de l'une sur l'autre augmente ainsi que le nombre des crans de l'embrèvement.

Les charpentes qui se trouvent exposées aux intempéries des saisons sont plus sujettes que les autres à une prompte détérioration; d'où il résulte qu'on doit autant que possible y éviter les assemblages, puisque c'est par eux que la destruction commence. Il est essentiel que les bois présentent le moins de surface possible en prise aux influences atmosphériques : c'est pourquoi l'on évite de les réduire à de trop petites épaisseurs; on prend surtout le plus grand soin pour mettre les assemblages indispensables à l'abri de l'humidité. Ainsi, lorsqu'on doit assembler une pièce inclinée avec une autre horizontale inférieure, l'*assemblage anglais*, fig. 7, est convenable, en ce que la mortaise est en contre-haut, c'est-à-dire dans l'about de la pièce inclinée, et qu'on évite les inconvénients de l'assemblage ordinaire, inconvénients qui consisteraient en ce que l'eau arriverait facilement dans la mortaise située dans la pièce inférieure, et que par son séjour elle détruirait bientôt le tenon. A désigne la projection de l'assemblage anglais, sur un plan parallèle aux faces de parement; B est le plan de la *semelle*; C en est le profil.

La fig. 8 représente en A, B, C, D les détails de l'assemblage supérieur de la même pièce égale en largeur au *chapeau* qui la couvre. A est la projection de l'assemblage sur un plan parallèle aux faces de parement; B est le plan de la mortaise vue en dessous; C est la projection du tenon sur *ab*; D est la coupe sur *cd*.

L'avantage qu'offre cet assemblage est que la face du dessous de la solive forme le joint apparent des deux pièces, et que l'assemblage à embrèvement se trouvant au-dessus ne peut être atteint par l'eau, qui séjourne tout au plus sur les deux faces étroites de la pièce inclinée qui épaulé l'embrèvement.

C'est cet assemblage qui a été adopté au pont d'Ivry pour la jonction des *contre-fiches* avec les *sous-poutres*. (Voir pl. XLI, fig. 1.)

Si l'équarrissage de ces *contre-fiches* était moindre que celui des *sous-poutres*, un simple embrèvement formerait cet assemblage, qui se trouverait alors complètement à l'abri de l'humidité.

L'assemblage à *tenon et mortaise des pièces équarries* présentant leurs arêtes au lieu de faces de parement, ainsi que celui des *pièces cylindriques*, s'exécute comme on le voit par les fig. 9 et 10, qui montrent cet assemblage pour des pièces de même grosseur; celui des pièces équarries a son profil en A, fig. 9; B est la projection verticale de la mortaise; C est celle du tenon: les mêmes lettres de la fig. 10 désignent les mêmes parties de l'assemblage de deux pièces cylindriques.

Comme il est aisé de déduire de ce peu d'exemples l'assemblage entre des bois de grosseurs différentes, on s'est abstenu de les multiplier.

L'assemblage à tenon et mortaise avec embrèvement s'applique encore dans le cas où, comme cela arrive dans les pans de bois, une pièce inclinée interrompt des poteaux; il prend alors le nom d'assemblage à *oulice*. La fig. 11 exprime un assemblage de cette nature par trois projections, A, B et C; la première est le profil de l'assemblage; la seconde, l'about du poteau; la troisième, la projection de la mortaise sur un plan parallèle à la face d'assemblage.

#### *Assemblage à queue d'aronde.*

Ces assemblages, qui ne sont à proprement parler qu'une variété de ceux à tenon et mortaise, s'emploient lorsque la pièce à assembler doit résister à un effort de traction; cependant l'assemblage à tenon et mortaise peut avoir aussi cette destination lorsque rien ne s'oppose au prolongement des tenons. Les fig. 1 et 2 de la pl. XXXIV représentent deux assemblages de cette nature; la lettre A désigne dans chacune de ces figures la face de ces assemblages. A' en est le profil. Dans la première une simple *clef* passe dans le tenon à fleur de la face verticale de la pièce qu'il a traversée, et résiste à la traction. Toutefois il faut réserver à la partie du tenon qui dépasse cette clef une longueur suffisante pour qu'elle ne puisse être arrachée par l'effort auquel elle doit résister. L'assemblage de la fig. 2 est disposé d'une manière analogue: seulement, au lieu d'un tenon traversant la pièce, il y en a deux, qui s'appliquent dans des entailles sur ses faces de parement. C'est pour maintenir l'écartement de ces tenons que des clavettes taillées en coin traversent la clef. La résistance des extrémités des tenons est assurée par des brides en fer fixées sur les faces inférieure

Pl. 54.

et supérieure; ce qui, tout en dispensant de donner une grande longueur aux tenons, augmente de beaucoup leur solidité.

La fig. 3 représente par trois projections A, A' et B, l'assemblage simple à *queue d'aronde* : A en est le plan, A' montre l'extrémité de la queue d'aronde, et B est une coupe de cet assemblage sur *ab*. On voit que la queue d'aronde a une épaisseur égale à la moitié de celle de la pièce dans laquelle elle est assemblée; son rétrécissement varie suivant les circonstances, mais ordinairement sa racine est égale en largeur aux  $\frac{2}{3}$  de son extrémité. La largeur de la pièce peut n'être pas assez grande pour que la dimension ordinaire de la racine de la queue lui laisse une force suffisante; il faut alors l'augmenter en diminuant le rétrécissement. Il peut arriver aussi que l'effort auquel elle doit résister soit tel qu'on puisse craindre de voir les deux triangles rectangles qui ont le côté incliné pour hypoténuse se détacher; dans ce cas encore il est prudent de diminuer cette inclinaison. Au reste, la contraction qu'éprouve le bois s'exerçant principalement dans le sens de son épaisseur, il en résulte que la largeur de la queue d'aronde peut diminuer, glisser dans l'entaille qu'elle occupe, et par conséquent ne pas résister suffisamment à l'effort auquel on l'a opposée; d'ailleurs il est des cas où cette simple queue, qui supporte la pièce dont elle forme l'extrémité, n'est pas suffisante; on supplée alors à ce défaut en formant cette queue sur la face inférieure de la pièce à assembler, comme on le voit dans la fig. 4. A présente l'extrémité de cette pièce; B est la projection, sur le même plan que celui de la précédente, de la pièce entaillée pour recevoir la queue d'aronde, qui est représentée latéralement en C et projetée en C' sur un plan horizontal inférieur.

Lorsque le plan des axes des deux pièces à assembler est vertical au lieu d'être horizontal, la *queue d'aronde* se trouve alors dans l'*axe* de la pièce, et ne subit de diminution que d'un côté. Cette disposition est représentée par la fig. 5, qui montre en A l'extrémité de la queue d'aronde, vue de profil en A' et projetée sur un plan horizontal inférieur en C.

Pour que l'emmanchement des deux parties qui constituent cet assemblage puisse s'opérer, il faut que la hauteur de la mortaise sur la face d'assemblage soit au moins égale à celle de l'extrémité de la queue d'aronde, qui vient appliquer sa face inclinée sur celle correspondante et semblablement inclinée de la mortaise. L'opération arrivée

à ce point, il reste dans la partie supérieure de la mortaise un vide que l'on remplit par une clef tant soit peu taillée en coin, que l'on introduit par la face d'assemblage et que l'on enfonce avec force, afin de serrer cet assemblage, qui est préférable à ceux indiqués ci-dessus, surtout en ce que s'il vient à se relâcher par la contraction du bois, on peut le resserrer à l'aide de la clef.

*Assemblages d'angle.*

Lorsque deux pièces de bois horizontales formant entre elles un angle doivent s'assembler par leurs extrémités, la méthode la plus simple est de faire, dans ces pièces, des entailles égales à la moitié de leur épaisseur; mais comme le joint apparent n'offre pas une disposition régulière, les deux pièces s'assemblent à onglet dans les cas où cette régularité doit être considérée. Un exemple de cet assemblage est représenté par la fig. 6, dans laquelle A montre le dessus des pièces assemblées, C la projection verticale d'une des pièces dont B' est le dessus, et C la projection verticale de l'autre pièce, dont C' est le dessous.

Au reste, ces assemblages d'angle se compliquent de *tenons*; *mortaises*, *queue d'aronde*, etc.; mais n'ayant pas pensé qu'il fût nécessaire d'entrer dans ces détails, nous nous sommes borné à indiquer dans l'exemple qui précède la condition à laquelle ils sont soumis, celle d'avoir un joint apparent qui divise l'angle des deux pièces en deux parties égales.

*Enture des pièces horizontales.*

Lorsque les deux pièces de bois s'assemblent bout à bout pour n'en former qu'une seule, cet assemblage prend le nom d'*enture*. La plus simple consiste à mettre les abouts des pièces en contact et à placer au-dessus et au-dessous d'autres pièces de moindre épaisseur que l'on boulonne à travers les premières, et qui maintiennent l'assemblage, dont la solidité est empruntée à la force des boulons et à l'adhérence des pièces l'une à l'autre, adhérence qui résulte elle-même de la pression qu'exercent ces boulons.

Malgré l'inconvénient qu'il peut y avoir à reporter ainsi tout l'effort

sur les seuls boulons, cette enture est peut-être le plus solide des assemblages de cette nature; car s'il y avait d'un côté avantage à soulager les boulons soit en assemblant ces pièces auxiliaires à crans avec les autres, soit en interposant des clefs dans les joints, n'y aurait-il pas en même temps un inconvénient plus grand à diminuer ainsi l'épaisseur des bois?

Au reste, bien que cette enture offre une grande solidité, on n'en est pas moins obligé souvent, pour faire disparaître l'irrégularité qu'occasionnent les pièces auxiliaires, d'avoir recours à des assemblages qui en unissant les pièces n'en augmentent pas le volume, afin qu'elles puissent paraître n'en former qu'une. C'est ce qu'on s'est proposé dans les exemples qui suivent: la fig. 7 représente, par deux projections verticale et horizontale A et A', le plus simple de ces assemblages, qui n'est autre chose qu'un assemblage par *entailles longitudinales à mi-bois*, dont la solidité dépend entièrement des boulons qui traversent des bandes de fer qui en supportent les têtes et les écrous, et dont les extrémités recourbées s'encastrent dans le bois. La fonction principale de ces bandes est de s'opposer à l'écartement de l'assemblage, au mouvement de torsion qu'il imprimerait aux boulons, et de restreindre l'action de ceux-ci à l'effort qu'ils ont à supporter suivant leur longueur.

Dans la fig. 8 la pression des boulons n'agissant pas perpendiculairement aux faces d'assemblage, il en résulte que cette pression même tend à les faire glisser l'un sur l'autre et à désunir l'assemblage; cependant il a sur le précédent l'avantage de laisser aux bois plus de force là où s'exerce le plus grand effort.

L'assemblage fig. 8 est combiné de telle sorte qu'il peut se maintenir de lui-même; cependant l'addition des boulons ajoute beaucoup à sa force et en fait une enture excellente. Les abouts sont *en coupe* et *brisés*; et pour ces deux raisons, en supposant les pièces maintenues longitudinalement l'une contre l'autre, il ne peut s'opérer dans cet assemblage ni mouvement vertical ni mouvement horizontal; et comme cette hypothèse se trouve réalisée par l'addition de la clef *a*, qui assure la stabilité longitudinale supposée, cet assemblage est invariable.

Cette clef s'applique après l'assemblage des pièces, et les serre pour faire porter leur diverses parties; c'est pour cela qu'elle est en deux morceaux glissant l'un sur l'autre suivant la diagonale d'un rectangle, afin que la pression soit égale sur toute la largeur des pièces.

Le même résultat est obtenu dans l'assemblage représenté par divers détails, fig. 10. A est la projection verticale, et A' la projection horizontale de cet assemblage; B est l'about de l'une des pièces, et C sa portée dans l'autre.

Les tenons d'about s'opposent au mouvement vertical; le mouvement horizontal trouve un obstacle dans la saillie *a* de la mortaise, saillie qui s'encastre dans l'intervalle correspondant des deux tenons. Il est à observer qu'à cause de cette saillie la mise en joint s'exécute par deux mouvements: le premier, vertical, pour appliquer l'une contre l'autre les faces de joint des deux pièces; le second, longitudinal, pour les faire glisser l'une sur l'autre. Pour que le premier de ces mouvements soit possible, il faut que la largeur de l'intervalle occupé par la clef soit au moins égale à la somme des longueurs des tenons d'about. La clef réclamée par le vide inévitable lors de la mise en joint sert, comme dans l'exemple précédent, à faire porter toutes les parties l'une sur l'autre et à s'opposer à tout mouvement longitudinal tendant à les séparer.

La fig. 11 représente un assemblage qui renferme le même principe que celui exprimé par la fig. 8, avec cet avantage que la pression des boulons s'exerce perpendiculairement aux surfaces de coupe, et par conséquent ne tend point à désunir l'assemblage, maintenu d'ailleurs par des clefs qui, n'ayant qu'à résister à l'effort de traction et non à serrer l'assemblage, sont simples. Outre l'avantage de cet assemblage sur celui déjà indiqué, sous le rapport de la solidité, il doit encore lui être préféré comme étant d'une expédition plus simple et plus facile.

La fig. 1, planche XXXV, représente par deux projections A et A' une enture qui, plus qu'aucune de celles qui précèdent, peut résister à un effort transversal agissant de haut en bas. En effet, en supposant les pièces portées par leurs extrémités, si l'effort en question s'exerce sur l'enture, toutes les fibres au-dessous de l'axe auront à résister à un effort de traction; celles au-dessus, au contraire, auront à résister à un effort de compression. On conçoit alors que les abouts carrés des parties supérieures des pièces soient préférables à quelque coupe inclinée que ce soit; on conçoit également que dans cet exemple toute la force de la partie inférieure dépende des boulons et des bandes de fer qu'ils traversent.

Pl. 55.

L'enture fig. 2 diffère de la précédente en ce que, par sa disposition, qui a permis d'ajouter une clef qui maintient les pièces en joint, les boulons et les bandes n'ont plus à soutenir tout l'effort de traction, puisqu'une partie de cet effort est reportée sur la clef.

La fig. 3 représente par quatre projections un assemblage à *trait de Jupiter simple* avec abouts en coupe et brisés. A désigne la projection verticale ; A' celle horizontale ; B et C sont les deux projections des deux parties de la pièce inférieure de l'assemblage sur le plan de coupe *a b*.

On peut faire des traits de Jupiter qui se composent d'un plus grand nombre d'entailles ; on augmente ainsi la force de l'assemblage pour résister à un effort de traction. Cependant il ne faut pas que le nombre de ces entailles soit trop grand ; car alors, tout en augmentant les difficultés de coupe, on perdrait les avantages qu'on en attendait, par le peu de profondeur des entailles et la faiblesse des clefs.

La fig. 4 est un assemblage à *trait de Jupiter à double clef*, disposé d'ailleurs comme le précédent, mais offrant plus de solidité, ainsi qu'il est aisé de s'en convaincre. La force qui tend à séparer les pièces agit sur la clef ; et comme cette dernière est susceptible de résister à une pression plus grande que celle que peuvent supporter les parties qui l'exercent, et que la force de ces parties consiste uniquement dans la cohésion des fibres sur la surface *cd*, en comparant les deux exemples fig. 3 et 4, on voit que dans le premier la ligne *cd*, qui représente la surface de cohésion, et par conséquent la résistance, est plus courte que la somme des lignes *ab* et *cd* que représente cette même résistance dans le second ; et ce résultat est rigoureusement vrai en pratique, puisqu'on peut à l'aide des clefs serrer également les entailles.

Il n'en est pas ainsi dans l'exemple fig. 5 d'un *trait de Jupiter à triple entaille et à clef unique* ; il faudrait une exactitude rigoureuse pour que la pression de la clef s'exerçât également sur chacun des abouts des pièces : c'est ce qui rend cette enture difficile à bien exécuter.

La fig. 6 représente en A deux pièces de bois assemblées à endents dans toute leur longueur de manière à n'en former qu'une. Cette disposition a pour but de résister à la flexion plus que ne pourrait le faire une pièce unique du même équarrissage. En effet, si les deux pièces sont simplement posées l'une sur l'autre, sans être assemblées, et que celle inférieure porte sur ses extrémités, l'on voit les deux pièces

se courber sous une charge placée au milieu de leur portée, et la pièce supérieure glisser sur celle inférieure, en sorte que les abouts de la première dépassent les abouts de celle-ci. Il en résulte que si ces pièces sont assemblées comme en A' et qu'elles soient chargées, le poids qui tendra à courber celle inférieure tendra en même temps à en resserrer les endents; mais ils seront maintenus par ceux de l'autre pièce, qui, par un effort contraire, s'opposeront à la flexion.

Il est bien entendu que dans ce cas, comme dans celui des entures qui précèdent et qui suivent, on consolide les assemblages par des ferrures, quoiqu'on se soit contenté de les indiquer seulement dans quelques exemples. Les deux pièces dont nous venons de parler sont traversées par des boulons qui les empêchent de se séparer, et l'on conçoit, d'après la fonction de celle supérieure, qu'elle peut être en deux morceaux, comme l'indique la ligne ponctuée qui la divise dans son milieu.

Il serait inutile d'ajouter que les endents indiqués en B donneraient un résultat contraire à celui qu'on obtient par l'assemblage dont on vient de lire l'explication, si de semblables fautes n'avaient été commises; mais cette remarque ne sera pas superflue si elle peut en prévenir le renouvellement.

#### *Entures des pièces verticales.*

Le moyen le plus simple qu'on emploie pour enter deux pièces de bois verticales est aussi le moins solide; il se trouve représenté par la fig. 7. A est la pièce supérieure qui porte le tenon, B la pièce inférieure qui le reçoit dans une *fausse tenaille*; A' est le profil de la première, B' représente l'about de la deuxième.

On se sert surtout de cet assemblage lorsqu'on ne peut ajouter à la somme des longueurs des pièces celle de la partie saillante des assemblages de la nature de ceux qui suivent, c'est-à-dire lorsqu'on ne peut élever l'une au-dessus de l'autre pour l'emmanchement, ce qui ajouterait en effet à la longueur totale les saillies, qui après la pose trouvent leur place dans les vides pratiqués dans les pièces elles-mêmes.

Ainsi, dans l'exemple dont il s'agit il suffirait pour opérer la mise en joint d'élever l'about de la pièce A au niveau de celui de la pièce B,

puisque la mise en joint s'opérerait en introduisant latéralement le tenon dans la fausse tenaille, qui n'est autre chose qu'une mortaise ouverte d'un côté.

Il n'en serait pas ainsi pour l'assemblage des pièces A et B, fig. 8, formant une enture à *tenailles réciproques*; il est évident que dans la superposition la longueur totale se trouverait augmentée d'au moins la longueur d'un tenon.

Dans la même fig. 8 les deux pièces A et B montrent leurs abouts en A' et B'.

L'enture par *quartiers* des deux pièces A et B de la fig. 9 est expliquée par la coupe A' faite sur la diagonale de la pièce A, et par B' montrant l'about de la pièce qui doit la recevoir.

La fig. 10 est une enture par *quartiers avec tenons en chevrons*; en A les deux pièces assemblées sont vues sur l'angle; B est l'about de l'une d'elles.

La fig. 11 est une enture à *enfouchement en fausse coupe*; les deux pièces assemblées sont vues sur l'angle en A et B; A' montre celle A désassemblée et B' l'about de celle B. (*Lire Rondelet, tome III, page 9.*)

#### *Des planchers.*

(*Voir Rondelet, tome III, page 88.*)

Pl. 56. Nous donnons dans les fig. 1 et 2 de la pl. XXXVI un exemple des planchers en maçonnerie et charpente qu'on construisait jadis le plus souvent pour séparer complètement les étages inférieurs, destinés au service, de ceux supérieurs formant l'habitation. Ces planchers, composés de solives, dont les intervalles étaient remplis par de petites voûtes plates en briques ou en moellons, offraient l'avantage de ne point transmettre les sons et de ne pas livrer passage aux odeurs qui s'échappent, soit des cuisines, soit des écuries.

On avait soin, dans la construction de ces planchers, dont l'inconvénient était de charger les murs d'un poids considérable, d'enduire d'un mortier de terre grasse les faces des solives qui devaient se trouver enclavées dans les maçonneries, afin d'éviter le contact du bois avec la chaux qui entraînait dans la composition du mur.

La fig. 1 est une coupe d'un plancher de cette nature par un plan perpendiculaire aux solives.

La fig. 2 en est une autre coupe suivant le plan *a b*.

On voit par ces figures que les maçonneries étaient couvertes d'une aire sur laquelle se posaient à plat les briques formant le carrelage.

Il existe en Angleterre des planchers qui ne diffèrent de celui dont il vient d'être question, qu'en ce que les solives sont en fonte creuse au lieu d'être en bois.

Lorsque la portée des solives d'un plancher est assez grande pour qu'on puisse craindre que les vibrations qui seraient le résultat de sa flexibilité ne fissent fendre le plafond qui se trouverait sur leur face inférieure, on fait deux planchers distincts (*voir* les fig. 3 et 4); celui supérieur est formé des solives qui portent le plancher de pied; celui inférieur se compose de solives, qui n'ayant qu'à supporter le plafond, sont d'un équarrissage moindre que celui des solives du plancher supérieur entre lesquelles elles sont placées.

Lorsqu'au lieu de lattes en chêne de fente on emploie des planches fendues pour former le lattis de plafond, on peut donner aux solives qui le portent un écartement double de celui des solives du plancher de pied.

La fig. 3 est une coupe d'un plancher de ce genre par un plan perpendiculaire à la direction des solives.

La fig. 4 est une coupe sur A B.

*a* désigne le plancher de pied; *b*, les solives qui le supportent; *c*, celles qui reçoivent le lattis du plafond; *d* indique le lattis en planches fendues; et *e*, le plafond.

La fig. 5 est la coupe perpendiculaire aux solives d'un plancher; la fig. 5 en est le plan.

Ce plancher se compose de solives sur lesquelles on établit une aire en planche de toute largeur *a* que l'on cloue sur chaque solive de manière à les empêcher de se voiler. Au-dessus de ce premier plancher on en pose un second, qui est le plancher de pied et qui porte sur des lambourdes *b*. Ce plancher est formé de frises *c*, ou planches sciées suivant leur longueur; le vide égal à l'épaisseur des lambourdes qui sépare les deux aires est rempli soit par du mortier, soit par de la mousse, pour empêcher la transmission du son. Dans ce dernier cas on bourre fortement la mousse à mesure qu'on pose les frises; dans le premier on attend pour le poser que l'humidité du mortier qui remplit les vides soit en grande partie évaporée, pour que les planches ne soient pas soumises à son

action; mais il ne faut pas qu'il soit arrivé à parfaite dessiccation, de peur qu'il ne se fende sous les coups du marteau lors de la pose du plancher de pied.

On assemble ordinairement des planches à rainure et languette, afin que la poussière d'un étage ne puisse descendre dans l'autre à travers le plancher. Lorsqu'il est formé de deux aires, comme dans le cas qui nous occupe, on peut se contenter d'assembler les frises de celles supérieures à plat joint.

Nous avons indiqué en *d*, fig. 5 et 6, les augets ou remplissages en plâtre qu'on établit dans certains cas entre les solives, pour assourdir les planchers et les rendre imperméables aux odeurs. Lorsqu'un plancher doit être hourdé de cette manière, on commence par former les augets qui s'attachent aux faces des solives au moyen de clous dont elles ont été préalablement lardées, et l'on ne pose les planches ou le lattis supérieur qu'après cette opération : le plâtre du plafond passe dans les intervalles du lattis et s'attache à ce hourdage.

Lorsque rien ne s'oppose à ce que les solives soient apparentes, on peut remplacer le hourdage en augets par un hourdage en entrevous, qui atteint le même but avec un poids moindre. La fig. 7 est une coupe perpendiculaire aux solives d'un plancher de cette nature; la fig. 8 en est le plan; on y voit les solives et le hourdage, le lattis, puis l'aire, et par-dessus le carrelage.

Pour que les plafonds entre les solives adhèrent suffisamment, on est dans l'usage de garnir de clous les faces des solives, ou bien encore, ce qui est préférable, de pratiquer dans les solives une rainure dans laquelle chaque plafond puisse être porté de chaque côté.

#### *Enchevêtrures.*

La fig. 9 est le plan d'une enchevêtrure dont la fig. 10 est la coupe faite entre deux bandes de trémie *d*, perpendiculairement aux solives.

Deux solives d'enchevêtrure *a*, placées de chaque côté de la cheminée, reçoivent les assemblages du chevêtre *b* et des linçoirs *c*, auxquels aboutissent les solives de remplissage. Ces assemblages sont soulagés par des étriers en fer fixés par des clous sur les solives d'enchevêtrure, beaucoup plus fortes que celles de remplissage, puisqu'elles ont à porter la charge de tout le plancher. L'espace vide, circonscrit par le mur,

les solives d'enchevêtrement et les chevêtres, est rempli par des bandes de trémie *d*, qui portent sur les enchevêtrements, et qui sont soulagées par un barreau de fer scellé d'un bout dans le mur et coudé de l'autre pour s'appuyer sur le chevêtre; de petits barreaux de fer croisent les bandes de trémie et forment avec elles un grillage qui reçoit la maçonnerie, d'une épaisseur égale à celle des solives.

*Plancher de la Chambre des notaires à Paris.*

Ce plancher a été établi en 1840 par M. Lahure, architecte, sur une des pièces principales du bâtiment de la Chambre des notaires, en remplacement d'un plancher qui, quoiqu'il eût été construit tout en chêne, n'avait compté que vingt-cinq années d'existence. On ne peut attribuer ce dépérissement si rapide qu'au manque d'air, et à l'échauffement des bois qui en est résulté. En effet, les poutres avaient leurs portées dans les murs, et les intervalles des solives étaient hourdés en augets, en sorte que les bois se trouvaient ainsi enfermés par les murs, le hourdage et l'aire supérieure; ce qui en a déterminé la ruine.

Le nouveau plancher offre cela de remarquable qu'il comporte des modifications qui font disparaître ces causes de destruction. La plus importante consiste en ce que tous les bois sont isolés de la maçonnerie. Les solives du plancher sont assemblées dans les sablières reposant sur des corbeaux en fer scellés dans les murs.

La fig. 1 de la planche XXXVII est une partie du plan de ce plancher, de 7 mètres de largeur sur 12 de longueur.

Pl. 57.

La fig. 2 est, sur une plus grande échelle, le plan de la trémie; la fig. 3 en est une coupe sur *ab*; la fig. 4 une autre coupe sur *cd*; et enfin la fig. 5 une troisième coupe sur l'axe *ef*.

La fig. 6 contient en *a* une partie de la sablière avec la mortaise qui reçoit le tenon de la solive *b*, dont on voit le profil en *c* et l'about en *e*; la partie marquée *n* est la coupe de l'assemblage par un plan vertical passant par l'axe de la solive.

Les fig. 7 et 8 font voir en profil et en plan l'assemblage des sablières avec les solives qui en maintiennent l'écartement.

La fig. 9 est une coupe du plancher faite perpendiculairement aux solives; cette coupe fait voir l'arrangement du plancher de pied, des entrevous et du plafond.

Les fig. 10, 11, 12 et 13 sont des détails de planchers sans assemblage, dans lesquels les pièces s'entre-soutiennent au moyen de sabots en fonte qui reçoivent leurs extrémités. Ce système offre l'avantage de ne point affaiblir les pièces, puisqu'elles ne sont point entaillées, et par conséquent permet de donner plus de légèreté aux planchers; mais il ne peut être convenablement employé que dans les circonstances ordinaires, c'est-à-dire lorsque les charges à supporter ne sont point considérables, ce que l'on conçoit au reste aisément, puisque les sabots sont en fonte, et doivent résister à un effort de traction.

La fig. 10 est une coupe d'une poutre; elle fait voir le profil des sabots qui reçoivent les chevêtres; la fig. 11 est la face de cette poutre faisant voir la face du sabot.

La fig. 12 est la coupe d'un chevêtre montrant le profil des sabots qui reçoivent les solives; la fig. 13 est la face du chevêtre faisant voir la face du sabot. (*Livre Rondelet tome, III, page 73.*)

#### DES PONTS EN CHARPENTE.

##### *Des passerelles.*

(*Voir Rondelet, tome III, page 88.*)

Les passerelles sont des ponts trop étroits pour que des voitures y puissent passer; les plus simples sont composées de deux madriers épais, et n'ont de garde-corps que d'un côté. La portée de ces madriers ne s'étendant pas au delà de 4<sup>m</sup>,50, leur force suffit pour le passage des piétons.

Il y a des passerelles de construction assez solide pour permettre le passage des bestiaux; dans ce cas, les madriers formant le plancher sont quelquefois fixés sur des longerons, et des garde-corps sont établis de chaque côté.

Pl. 58. Les fig. 1, 2 et 3 de la pl. XXXVIII sont l'élévation, la coupe et le plan d'une petite passerelle des plus simples.

Les fig. 4, 5 et 6 sont l'élévation, la coupe et le plan d'une passerelle d'une plus grande portée.

On voit par la fig. 5 que les poteaux qui la supportent sont inclinés de manière à assurer la stabilité et à pouvoir résister à un courant d'eau.

La fig. 7 est l'élévation d'une passerelle formée de deux fermes en sapin ; elle est établie sur le canal de navigation d'Utrecht , et sert au passage des piétons et des chevaux ; son plancher n'est formé que de madriers, très-épais il est vrai, mais qui ne sont soutenus que par des poutrelles qui divisent leur portée. La fig. 8 est la coupe de cette passerelle sur le plan AB.

Un autre passerelle du canal d'Utrecht est représentée en élévation par la fig. 9 ; la fig. 10 en est une coupe sur CD. Cette passerelle, supportée par deux croix de Saint-André, est construite en bois de sapin.

La fig. 11 est l'élévation d'une grande passerelle construite à Vrach, dans le Wurtemberg ; elle sert, comme les deux précédentes, au passage des piétons et des bestiaux ; mais elle est plus large, et son plancher porte sur des longerons. La fig. 12 en est la coupe sur LF.

#### *Ponceaux de Prusse.*

Il existe en Prusse de petits ponts qui rattachent l'une à l'autre des parties de route interrompues soit par des ruisseaux, soit par des routes inférieures, soit autrement ; ces ponceaux ont donc à supporter d'assez lourds fardeaux. Ils doivent leur grande solidité aux doubles longerons de tête qui sont rendus solidaires au moyen de boulons.

La fig. 1 de la pl. XXXIX est l'élévation d'un de ces ponceaux ; la fig. 2 en est la coupe sur le plan AB, fig. 1. On voit que les culées sont formées chacune par une cloison de madriers sur champ, qui soutient les terres, et qui est maintenue par une file de pieux *a* surmontés d'un chapeau *b* sur lequel posent les longerons *d* et *d'*, égaux en nombre aux pieux. Le plancher est établi sur ces longerons ; ceux de tête *d* sont doublés par d'autres supérieurs *d''*, soutenus par des cales au-dessus du plancher. Une solive intermédiaire *e*, rattachée par de forts boulons, comme les chapeaux des pieux, aux doubles longerons de tête, soulage ceux intermédiaires au milieu de leur portée.

Pl. 59.

#### *Ponts sur palées simples.*

La fig. 3 est une projection verticale d'une travée d'un pont moderne ; la fig. 4 en est une coupe sur le plan AB, fig. 3.

Ce pont est établi sur des palées formées d'une seule file de pieux *a* ;

ces pieux sont au nombre de cinq (*voir fig. 4*); les trois du milieu sont verticaux; ceux des extrémités sont inclinés en sens contraire, pour donner plus de stabilité à la palée, et par là s'opposer aux oscillations du pont.

Le chapeau *b* qui couvre la palée reçoit les têtes des pieux dans des entailles, et maintient ainsi leur écartement, qui d'ailleurs est déterminé par la moise en écharpe *c*, dont la fonction principale est d'opposer une plus grande résistance du côté du courant de l'eau.

Des sous-longerons *d* s'assemblent par entailles réciproques sur le chapeau, au-dessus des pieux, et donnent plus d'assiette aux longerons, qu'ils soulagent et qui s'assemblent en fausses coupes au-dessus de chaque palée.

Le garde-corps est établi sur des poutrelles qui croisent les longerons sur lesquels elles sont entaillées; ces poutrelles reçoivent les montants *e* du garde-corps, ainsi que les contre-fiches qui s'opposent à son déversement, et qui servent en même temps de chasse-roues à l'intérieur; des *lisses f* coiffent les montants, qui sont reliés entre eux par des *sous-lisses h*.

Le plancher se compose de madriers jointifs qui remplissent les intervalles entre les poutres, dont ils affleurent le dessus, et qui sont recouverts par un doublage en planches qu'on peut, lorsqu'il est usé, remplacer facilement et à peu de frais.

#### *Ponts d'une seule travée sur longerons alternés.*

Il arrive quelquefois que les bois dont on peut disposer pour faire des longerons ne sont pas d'une longueur suffisante pour atteindre les deux culées; dans ce cas, on forme des longerons de deux pièces, en les alternant et en les reliant par des moises.

La fig. 5 est l'élévation d'un pont de cette nature.

La coupe sur *uv* est représentée par la fig. 6; un fragment de celle sur *xy* est représenté fig. 7. On voit par cette dernière comment les longerons sont juxtaposés et maintenus par les moises. L'élévation et la coupe font assez comprendre les autres dispositions.

Nous donnons dans les figures suivantes d'autres combinaisons qu'on emploie aussi pour suppléer au défaut de longueur des bois, et qui offrent plus de solidité que la précédente, avec laquelle elles ont

néanmoins quelque rapport : comme dans celle-ci, les deux parties dont se compose chaque longeron du pont, représenté en élévation fig. 8, et en coupe sur  $xy$  fig. 9, se croisent; mais, au lieu d'être horizontales et serrées par des moises, elles sont inclinées et séparées, après leur croisement, par des solives transversales qui les empêchent de descendre. Les longerons ainsi formés reçoivent des traverses qui portent les solives du plancher. Ces solives sont doubles sur les deux têtes du pont et moisent les montants des garde-corps.

Les fig. 10, 11 et 12 présentent la même combinaison appliquée à un pont d'une plus grande portée que le précédent.

La fig. 10 est l'élévation de la moitié de ce pont; la fig. 11 est la moitié de la coupe sur le plan  $xy$  mené suivant l'axe transversal; la fig. 12 est une coupe sur  $uv$  montrant l'arrangement des pièces qui portent le pont. (*Lire Rondelet, tome III, page 88.*)

#### PONTS SUSPENDUS A DES CINTRES.

(*Voir Rondelet, tome III, page 88.*)

##### *Pont de Custrin.*

Ce pont, construit sur l'Oder, à Custrin, se compose de palées formées de trois files de pieux sur les chapeaux desquels posent les longerons du plancher (*voir pl. XL, fig. 1 et 2*). Les deux premiers longerons, sur chaque tête, s'assemblent à entailles réciproques avec trois chantiers  $a$ , qui reçoivent les extrémités des arcs auxquels le plancher est suspendu par des boulons qui traversent les poutrelles transversales  $b$ , situées au-dessous des longerons.

Pl. 40.

Malgré la simplicité de sa charpente, ou plutôt par cette simplicité même, ce pont est d'une grande solidité; au reste, les arcs de chaque travée sont d'un équarrissage qui, joint à leur bon emploi, est bien de nature à faire concevoir qu'il soit capable de supporter de lourds fardeaux.

La fig. 1 est l'élévation d'une travée de ce pont; la fig. 2 en est la coupe transversale suivant AB, fig. 1.

##### *Pont du Necker.*

Ce pont, dont la disposition diffère peu de celle du précédent, est représenté en élévation par la fig. 3; la fig. 4 en est la coupe transversale suivant l'axe AB, fig. 3.

*Pont du Schuylkill.*

Le pont dont il s'agit se compose de cinq travées, dont trois grandes; il est établi à Peter's Island près de Philadelphie: il est à deux voies, et porte d'un côté le chemin de fer de Columbia; de l'autre il sert au passage des voitures ordinaires.

La fig. 5 est la moitié de l'élévation d'une des trois grandes travées; la fig. 6 en est la coupe suivant l'axe transversal; la fig. 7 est la coupe du comble dont ce pont est couvert, suivant l'axe longitudinal.

On voit par ces figures, que nous donnons d'après l'ouvrage de M. Michel Chevalier sur les voies de communication aux États-Unis, que les arcs qui supportent ce pont sont doubles et disposés de manière à moiser tous les montants dont se composent les fermes, au nombre de quatre pour chaque travée.

Les deux fermes intermédiaires ne sont écartées l'une de l'autre que de 1<sup>m</sup>25; cet intervalle sert pour le passage des piétons. (*Lire Rondelet, tome III, page 97.*)

## PONTS SUPPORTÉS PAR DES CINTRES.

(*Voir Rondelet, tome III, page 97.*)

*Pont d'Ivry.*

Le pont d'Ivry, qui traverse la Seine près du confluent de la Marne, a été terminé en 1829; il est dû au talent de M. Emmerly, ingénieur en chef des ponts et chaussées, qui, en 1832, a publié une description détaillée des travaux de toutes natures auxquels a donné lieu sa construction; cette publication est accompagnée de toutes les planches nécessaires à la parfaite explication de cet intéressant ouvrage; Pl. 41. c'est de ce recueil que sont extraites les figures de la pl. XLI.

La fig. 1 représente en A la moitié de l'élévation d'une arche; en B, la moitié de la coupe longitudinale de cette même arche.

La fig. 2 en est le plan supérieur; l'on voit en A la charpente des arcs; en B, les pièces de pont qui forment le solivage du plancher, et les contrevents en fer qui sont indiqués par des lignes ponctuées sur les autres parties de la figure. La fraction marquée C fait voir le premier plancheret le grillage composé des fausses pièces de pont et des longue-

rines qui forment le trottoir; celle marquée D représente le second plancher et les voies en fer destinées au passage des lourdes voitures; enfin, l'on voit en E le pavage en bois disposé de manière à faciliter la marche des chevaux.

La fig. 3 est une coupe transversale de la moitié du pont sur une échelle double de celle des figures précédentes.

La fig. 4 est un fragment d'élévation à la même échelle.

La fig. 5 est une coupe sur *ab*, fig. 6, des coussinets en fonte qui reçoivent le pied des arches; et la fig. 6 en est le plan.

Les fig. 7 et 8 sont deux coupes sur *cd* et *ef*, fig. 6.

Ce pont s'élève, à partir de ses culées, vers son milieu, afin de laisser dans cette dernière partie plus de hauteur aux arches et, par suite, la libre circulation de la rivière. Les naissances des courbes de chaque travée étant situées dans le même plan horizontal, la différence d'élévation du milieu des arches devient celle des flèches de ces mêmes courbes; c'est pourquoi on a été amené à espacer les piles du milieu plus que les autres, de telle sorte que les arches extrêmes ont le moins d'ouverture, et que celle du milieu en a le plus. Les deux pentes du pont sont accordées à leur sommet par un arc de parabole égal à l'ouverture de l'arche du milieu.

Pour éviter le mouvement de torsion qui peut résulter des secousses que les lourds fardeaux font éprouver à un pont, les fermes de celui-ci ont été consolidées chacune par dix moises pendantes et par onze brides en fer; les sept fermes de chaque travée ont été reliées entre elles par seize cours de moises horizontales et par deux cours de contrevents composés d'étrésillons qui, placés diagonalement dans les caissons formés par les arcs et les moises horizontales, s'y maintiennent sans aucun assemblage. Outre ce système de contrevents agissant en poussée, il existe un système de contrevents en fer qui agissent en tirage, et sont fixés sur les pièces de pont formant le solivage.

Les assemblages à tenon et à mortaise ont été rejetés de cette construction, comme offrant, par la réduction des bois et l'étendue de leur surface dans ces parties, une cause de destruction, en donnant prise aux altérations qui résultent de leur contact avec l'air extérieur; les seules pièces assemblées par ce moyen sont les contre-fiches avec les sous-poutres; encore la mortaise est-elle à recouvrement, afin qu'elle se trouve à l'abri de l'humidité. (Voir l'assemblage pl. XXXIII, fig. 8.)

L'expérience a fait reconnaître que les parties tendres des bois se détruisent avant leurs parties dures; il résulte de ce fait un affaiblissement qui, lorsque des pièces exercent les unes sur les autres des pressions longitudinales, entraîne un écrasement ou une pénétration réciproque des fibres qui diminue la somme de leurs longueurs, et devient une cause de ruine. On a cru devoir prévenir cet accident en interposant des plaques de cuivre entre les abouts contigus de trois cours d'arbalétriers courbes qui forment l'intrados ou partie réellement rigide de chacun des arcs.

D'ailleurs les abouts des pièces ont été placés de telle sorte que l'humidité ne peut exercer sur elles une influence fâcheuse. On prend à cet effet diverses précautions qu'il est inutile de rappeler. La méthode qui a été préférée dans le cas dont il s'agit consiste à laisser à l'air une libre circulation autour de ces parties.

La solidité du pont reposant sur les arcs, on n'y a fait ni percements ni entailles quelconques qui pussent les affaiblir; seulement, il est regrettable qu'on ait taillé des pièces de cette importance pour les faire arriver à la courbure convenable, ce qui, en coupant les fils des bois, les rend sujets à éclater: tel est en effet le résultat de ce mode de courbure, qui offre encore l'inconvénient d'occasionner un déchet considérable.

Les longerons sont d'une seule pièce entre leurs portées sur les arcs et sur les piles qu'ils traversent, et sur lesquelles ils sont soutenus par des cales, afin que l'air circule librement sur toutes leurs faces; c'est dans le même but qu'on a réservé autour de leurs portées, dans les culées, une espace de 0<sup>m</sup>01 dont il serait avantageux d'augmenter encore la largeur.

Ces longerons portent un solivage général composé de pièces de pont formant moise, et sur lesquelles sont attachés les contrevents en fer de l'extrados de chaque arche; ces contrevents sont entaillés de leur épaisseur sur le solivage; ils sont fixés dans les piles et les culées, en sorte que les maçonneries deviennent solidaires de la charpente: la pièce de pont qui forme le milieu de chaque arche, ayant à résister à l'action des contrevents, est d'un seul morceau.

Au-dessus de ce premier solivage on en a établi un second, sur ses deux rives, pour élever le trottoir au-dessus de la chaussée; ce solivage se compose de bouts de solive posés immédiatement sur les pièces de pont, qu'ils dépassent suffisamment pour que les fermes de tête

se trouvent abritées des pluies par le jet d'eau qui les conserve. Trois longuerines, dirigées dans le sens longitudinal, croisent ces bouts de solive et s'assemblent avec eux par entailles réciproques, ce qui forme un grillage qui, houlonné avec les pièces de pont, ajoute encore à la stabilité des fermes de tête; ces longuerines sont couvertes de madriers transversaux et jointifs qui forment la surface du trottoir.

Dans la largeur de la chaussée, les pièces de pont sont croisées par des madriers espacés par un intervalle de  $0^m 03$ , égal au tiers de leur épaisseur, afin d'aérer le dessous du plancher supérieur, qui se compose de madriers transversaux et jointifs portant le doublage en fer et bois pour le passage des voitures.

Celui des madriers inférieurs qui se trouve dans l'axe du pont a une épaisseur de  $0^m 13$ ; il est taillé de  $0^m 03$ , et forme moise pour chaque pièce de pont, en sorte que son épaisseur se réduit à  $0^m 10$ , qui est celle commune à tous les madriers de ce plancher.

La chaussée a été divisée en trois voies: celle du milieu, réservée aux voitures attelées par couples, est toute en bois; la partie affectée au passage des roues est formée des madriers dirigés suivant la longueur du pont; ceux formant les voies des chevaux sont en forme de pavés longs, et placés transversalement; enfin, les voies des roues des voitures attelées en flèche, qui doivent suivre les routes latérales, sont composées chacune de 5 bandes de fer longitudinales.

#### *Ponts en treillis.*

Ces ponts, dont l'invention est due à M. Ithiel Town, de New-Haven, architecte à New-York, se composent de deux treillis en planches jointes par des chevilles en bois à leurs points de croisement. Ces treillis forment les deux têtes du pont et sont maintenus à leurs parties supérieure et inférieure par des moises aussi en planches, et sur lesquelles on pose le plancher; si ce dernier est porté par la moise inférieure, on peut, à peu de frais, établir un toit sur celle supérieure; mais généralement on préfère laisser le pont découvert, et placer le plancher au-dessus des treillis, afin de profiter de leur hauteur pour disposer des contrevents qui les maintiennent dans leurs plans verticaux. Le plus grand avantage de ce système de ponts est de présenter une grande rigidité; c'est ce qui le rend surtout préférable pour l'établissement des

chemins de fer, puisque, lorsqu'un pont de cette nature est bien construit, les convois peuvent sans inconvénient conserver leur maximum de vitesse pour le traverser.

Nous donnons pl. XLII, d'après l'ouvrage de M. Michel Chevalier, les détails d'un pont en treillis dans la construction duquel on a obvié aux inconvénients qui s'étaient fait remarquer dans les premiers essais, et qui par conséquent est jusqu'ici l'expression la plus complète de ce système.

*Pont sur le Schuylkill près les écluses de Peacock, chemin de fer de Mount Carbon à Philadelphie.*

Pl. 42. On a représenté dans la fig. 1 de la pl. XLII l'élévation d'une partie de travée de ce pont. En A le treillis est couvert de planches; on les a supposées enlevées en B, afin de laisser voir la construction de la paroi, qui se compose, pour plus de solidité, de deux treillis, disposés de telle manière que les croisements de l'un répondent aux vides de l'autre.

La fig. 2 est une coupe transversale sur *ab*, qui montre les contrevents verticaux.

Des contrevents horizontaux sont établis au-dessus des treillis ainsi qu'à leur partie inférieure: ils sont indiqués dans la fig. 3, qui est un plan sur *cd* fig. 2, et dans la fig. 4, qui est un plan sur *ef*.

Ce pont, commencé en 1839 et terminé en 1840, par M. Robinson, qui avait déjà appliqué ce système à divers autres sur les nombreux chemins de fer qu'il avait construits, est un résumé des améliorations successives introduites dans ces diverses constructions.

#### *De la charpente des fondations.*

On emploie le bois dans les fondations lorsque le terrain sur lequel on doit asseoir un édifice ne présente pas une fermeté suffisante. Le plus souvent pour remédier à cet inconvénient on chasse des pilotis, qui à travers les couches molles vont chercher une couche résistante, ou qui rencontrent dans le frottement des terres un obstacle contre lequel le battage devient impuissant et que ne peut leur faire franchir la charge qu'ils ont à supporter; d'ailleurs, en resserrant les terres, ils les affermissent et forment avec elles une masse compacte et solide; enfin, ces causes

peuvent se trouver unies pour assurer la stabilité de l'édifice auquel le pilotis est destiné à servir de base.

Au reste, sans vouloir entrer ici dans des détails étrangers à l'objet spécial qui nous occupe, nous ferons cependant remarquer qu'il est de la plus grande importance d'étudier sérieusement la nature du sol sur lequel on doit opérer; et pour n'en donner qu'une preuve, disons que si l'on comptait sur la compression pour affermir un terrain argileux, on tomberait dans une grave erreur, puisque dans un sol de cette nature les pilotis en place sont repoussés par ceux qu'on bat.

En général, soit que le terrain permette l'emploi des pilotis, soit que par sa mollesse il l'exclue, on établit un grillage en charpente, qui dans le premier cas porte sur les pilotis, ou qui repose sur le sol dans le second, et qui en assurant au moins la régularité du tassement fait disparaître les chances de dislocation qui pourraient devenir des causes de ruine. Dans tous les cas, il ne faut pas oublier qu'on ne doit employer le bois pour fonder que lorsqu'il doit être constamment couvert d'eau douce : car si le terrain n'était pas assez humide, ou s'il était baigné par les eaux de la mer, les charpentes s'y détruiraient, et leur absence entraînerait la perte de l'édifice, dont le poids n'aurait plus d'autre appui qu'un sol incapable de le supporter.

#### *Des grillages.*

Lorsqu'un grillage doit être établi sur pilotis et que la fondation se fait par épuisement, il est aisé d'en opérer le recépage, et le meilleur moyen qu'on puisse employer pour que les têtes des pieux soient toutes dans le même plan horizontal est de faire arriver l'eau dans l'enceinte du pilotis; il suffit alors de l'y maintenir au même niveau pendant le court espace de temps nécessaire pour marquer les pieux à sa surface : cette opération terminée, l'on trace au moyen du cordon les tenons qui doivent entrer dans les chapeaux ou *longuerines* que l'on établit sur chaque file de pieux. Lorsque les chapeaux sont en place, on les croise par des *traversines* ou *racinaux* au-dessus de chaque file transversale de pieux. Ces chapeaux et ces traversines, qui n'ont pas moins de 0<sup>m</sup>25 d'équarrissage, s'assemblent par entailles peu profondes, vu la charge qu'elles doivent supporter; et lorsque la surface du grillage est nivelée, on pose le plancher, qui se compose de madriers de même force et bien

dressés, après avoir toutefois préalablement rempli les intervalles du grillage d'une bonne maçonnerie.

Si le grillage doit reposer immédiatement sur le sol, on le construit de la même manière; il est, dans ce cas, de la plus grande importance de le charger uniformément en élevant l'édifice assise par assise, afin d'éviter tout affaissement irrégulier. Toutefois l'on ne commence les travaux de maçonnerie, dans un cas comme dans l'autre, qu'après avoir encaissé les fondations dans des cloisons de palplanches, que l'on chasse comme les pilotis, et qui servent à contenir les terres.

Pl. 43. Nous donnons dans la fig. 1 de la pl. XLIII, le plan d'un grillage établi sur pilotis dans une partie duquel sont indiqués les racinaux et les longuerines, dans une autre le remplissage en maçonnerie, puis un arrachement du plancher. Sur un des côtés de ce plan nous avons indiqué la cloison en palplanches *a* qui forme l'encaissement, et les pieux *b* qui la maintiennent à l'aide du chapeau *c*, dont ils sont coiffés, et qui est indiqué dans l'élévation fig. 2 et dans la coupe fig. 3.

Lorsque des pilotis sont destinés à supporter des constructions en charpente telles que des palées de pont, si ces dernières se composent d'une seule file de poteaux, on les établit au-dessus de ces pilotis au moyen de moises qui servent aux uns de chapeaux, et aux autres de sablières, et les uns et les autres sont maintenus en ligne par des bandes de fer boulonnées.

Les fig. 4, 5 et 6 représentent ce mode d'enture en plan, élévation et coupe.

Les fig. 7, 8 et 9 sont les mêmes projections d'une autre disposition, plus solide, ayant le même objet.

On voit que pour donner plus d'assiette à la palée les poteaux dont elle se compose sont établis sur une double file de pilotis entretenus par des moises comme dans l'exemple précédent.

Il serait plus simple pour former les palées de chasser des pieux portant directement la charpente du pont; mais le moyen qui vient d'être indiqué est préférable, en ce que les bois d'une palée, étant dans une certaine partie de leur hauteur alternativement exposés à l'humidité et à la sécheresse, se détériorent, et que comme les pilotis sur lesquels ils reposent sont situés au-dessous de l'étiage, position qui en assure la durée, lorsque le renouvellement des poteaux devient nécessaire, il

s'opère facilement ; ce qui n'aurait pas lieu dans l'hypothèse des poteaux montant de fond.

La fig. 10 est, sur une plus grande échelle, l'extrémité d'un pilotis armé d'un sabot en fonte dont les branches sont en fer forgé.

Le sabot indiqué en plan et en coupe fig 11 a été employé par M. Emmery pour les pilotis du pont d'Ivry. Il diffère du précédent en ce qu'au lieu de s'attacher comme lui, il se fixe au moyen d'une simple tige barbelée qu'on enfonce dans le pieu après en avoir amorcé le trou avec un laceret. On se sert pour introduire la tige d'un chasse-sabot en fer, indiqué en lignes ponctuées sur la coupe ; cette pièce auxiliaire est cylindrique, et porte à l'une de ses extrémités un évidement unique, qui reçoit la pointe du sabot.

Il faut avoir soin de préparer le bout du pilotis de telle sorte qu'il exerce sa pression sur le fond du sabot et non sur sa couronne, sans quoi il serait à craindre qu'il ne le fît éclater.

M. Emmery a remarqué que, quant à la forme, le sabot dont il vient d'être question est assez allongé pour ne point éprouver une trop grande résistance dans les terrains perméables, et cependant assez fort pour traverser les couches dures ; il en recommande l'emploi en signalant l'économie qui en est la conséquence, économie qui équivaut à plus de la moitié du prix des sabots ordinaires.

Les palplanches sont, comme les pieux, susceptibles d'être sabotées, et celles employées dans les fondations du pont d'Ivry ont reçu des sabots ayant pour section droite une ellipse dont la base a pour grand axe leur largeur, et pour petit axe leur épaisseur.

#### *Des brise-glace.*

Les brise-glace, dont le nom suffit pour faire connaître l'emploi, s'établissent en avant des palées des ponts, qu'ils sont destinés à protéger ; ils peuvent même faire partie de ces palées, mais les vibrations qui résultent des chocs auxquels ils sont sujets se communiquant, dans ce cas, au pont l'ébranlent ; en sorte qu'il est préférable de les isoler.

Lorsque les palées sont composées d'une seule file de pieux, le brise-glace représenté en plan et en élévation par les fig. 12 et 13 est suffisant ; mais lorsqu'elles sont plus importantes, les brise-glace devant les couvrir sont disposés comme on le voit par le plan fig. 14

et l'élévation fig. 15, sur une partie de laquelle est indiqué le recouvrement en planches. La pièce inclinée, devant soutenir tous les chocs directs, présente une arête au courant, et est quelquefois défendue par un prisme triangulaire en fonte. (*Lire Rondelet, tome III, page 105.*)

#### DES COMBLES A SURFACES PLANES.

(*Voir Rondelet, tome III, page 114.*)

#### *Formation des combles.*

Les combles les plus simples sont naturellement ceux destinés à couvrir des espaces de peu de largeur; lorsque l'épaisseur d'un bâtiment ne dépasse pas 4 ou 5 mètres, les chevrons seuls suffisent pour supporter les deux pans de son toit; à cet effet, on les assemble à leur extrémité inférieure par embrèvement dans des sablières posées sur les murs, et dont l'écartement est maintenu de distance en distance au moyen de tirants sur lesquels elles sont fixées par des entailles et des boulons. Ordinairement on donne à ces pièces une largeur assez considérable, afin qu'elles offrent entre les liens qui les rattachent l'une à l'autre plus de résistance à la poussée des chevrons, qui tend à les courber dans les intervalles. Ces chevrons sont entaillés à mi-bois dans leur partie supérieure, pour s'assembler entre eux, ceux d'un pan du comble avec leurs correspondants de l'autre pan.

On conçoit qu'une telle simplicité ne peut être admissible que lorsque les chevrons sont assez courts pour ne pas se courber sous le poids de la couverture; il faut pour cela que leur longueur ne dépasse pas 3 mètres: si elle s'étendait au delà, l'on devrait renoncer à ce système, à moins de relier ces chevrons deux à deux par de faux entrants pour en maintenir la rigidité.

Pl. 44. L'exemple donné dans les figures 1 et 2 de la planche XLIV est le cas le plus simple des combles de cette nature; la figure 1 en est la projection sur un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du bâtiment; la figure 2 est la projection d'un pan de ce comble sur un plan vertical A B parallèle à ce même axe, abstraction faite des chevrons de l'autre pan. On a supposé que le lattis que l'on cloue sur les chevrons, pour poser la couverture, serait assez fort pour maintenir leur paral-

lélisme ; mais si, comme cela a lieu pour certaines couvertures, il n'offrait pas assez de solidité, il faudrait alors qu'ils s'assemblent dans un faitage qui les maintînt deux à deux à leurs distances respectives.

La charpente se compliquant en raison de l'augmentation de la largeur des espaces, on a représenté dans la figure 3 une ferme dans laquelle les chevrons ne pourraient plus suffire à porter le toit ; c'est pourquoi ils sont soulagés par des pannes qui les reçoivent au milieu de leur portée, ainsi divisée en deux également, afin que la résistance soit, autant que possible, la même pour tous les points et que les faces du toit ne soient pas déformées ; ce qui serait une cause de destruction.

Tout l'effort de la pesanteur repose maintenant sur le faîte, le poinçon, les deux arbalétriers et l'entrait. Les pannes doivent être invariablement fixées pour maintenir la rigidité des chevrons ; et comme l'effort de celles-ci s'exerce sur les arbalétriers, les liens qui leur sont perpendiculaires au point d'application des pannes s'opposent à leur flexion, et reportent le poids sur le poinçon, qui, ne pouvant descendre, sert encore, au moyen d'une bride en fer, à soulager l'entrait, déjà roidi par la poussée des arbalétriers.

La figure 4 est la projection de deux fermes sur le plan vertical *CD*, fig. 3, abstraction faite des pièces en coupe, excepté de l'entrait. On voit par cette figure que la portée du faîte d'un poinçon sur l'autre est divisée en trois parties égales par les aisseliers assemblés dans le poinçon, et formant avec lui des triangles rectangles isocèles invariables, en sorte que les fermes sont maintenues dans leur position verticale.

La fig. 5 représente un comble plus large que le précédent, et dans lequel les entrails supérieurs et inférieurs sont séparés par un espace libre pour former un étage habitable. La partie supérieure de ce comble présente une disposition analogue à celle indiquée dans l'exemple précédent : l'entrait est établi sur des jambes de force qui en reportent le poids sur l'entrait inférieur ; des blochets sont assemblés dans ces jambes de force au moyen de queues d'aronde, et se lient par entailles réciproques aux sablières, qui, se trouvant ainsi fixées sur les murs, peuvent résister à la poussée des chevrons qui viennent s'y assembler, et dont la portée est divisée en trois parties égales par les pannes. Le trapèze formé par les deux entrails et les jambes de force est maintenu par des moises qui lient l'entrait inférieur et les blochets aux jambes de force.

La fig. 6 est la projection de la moitié du comble sur le plan *EF*, fig. 5.

On voit par la figure 6 que les aisseliers se croisent pour former croix de Saint-André et maintenir les fermes dans leur position verticale en soulageant le faite.

Les deux exemples qui précèdent sont combinés de manière que les portées des diverses pièces qui les composent soient divisées en parties égales, afin que la charge régulière qu'elles ont à supporter n'agisse pas plus sur un point que sur un autre. Cette disposition, qui assure la force des diverses parties, concourt à la conservation de l'ensemble. (*Lire Rondelet, tome III, page 115.*)

*Combles du moyen âge.*

(*Voir Rondelet, tome III, page 119.*)

Ces combles présentent cela de particulier, qu'ordinairement ils ne se composent que de chevrons portant sur des blochets établis sur des sablières; mais leur longueur nécessitant des soutiens qui divisent leur portée, l'ensemble de ces pièces forme réellement une ferme sans entrain.

Cette disposition est la plus simple qui se présente; elle n'a lieu toutefois qu'au cas où la sablière est maintenue suivant sa longueur, et que les murs présentent une solidité telle qu'on n'ait pas à redouter l'effet de la poussée des fermettes. Lorsque les conditions qui viennent d'être indiquées ne se sont pas rencontrées dans les constructions qu'on avait à couvrir, on a substitué aux blochets des entrains, qui ont pour effet de résister à l'écartement des deux cours de sablières; ces entrains ont été placés à des distances telles que la poussée des fermettes ou fermes de *remplage* ne pût faire prendre à la sablière une courbure trop considérable. La présence de l'entrait a nécessité celle d'un poinçon qui vint le soulager dans sa portée; et alors, pour distinguer cette ferme des fermes de *remplage*, on lui a donné le nom de *maîtresse-ferme*.

On conçoit que de telles combinaisons aient permis de donner aux charpentes de ces combles la légèreté qui s'y fait remarquer; chaque chevron porte lui-même sa portion du toit, et par conséquent n'a pas besoin d'une grande force; tandis que dans nos combles modernes, où les fermes sont à des distances assez considérables l'une de l'autre et ont par conséquent une charge assez forte à supporter, puisqu'au poids de la couverture se joint celui des chevrons et des

pannes, on s'est vu forcé de donner aux pièces de bois un équarrissage beaucoup plus fort, ce qui donne un aspect de lourdeur à la charpente.

Quoique les dispositions qui viennent d'être indiquées expriment le caractère distinctif des charpentes du moyen âge, on trouve cependant dans des constructions qui datent de cette époque des exemples de toits portés par des chevrons reposant sur des pannes.

La planche XLV renferme trois exemples de combles qui sont l'expression des trois systèmes dont il s'agit ; ces figures ont été dessinées d'après celles données par le colonel Émy dans son *Traité de l'art de la charpenterie*.

Pl. 45.

*Comble de la salle des Pas-Perdus du palais de justice de Rouen.*

La figure 1 est la coupe transversale de ce comble, qui date de la fin du quinzième siècle ; il est composé de quarante-deux fermes égales et également espacées ; il est terminé à ses deux extrémités par deux pignons qui, avec le revêtement en planches clouées sur les ogives des fermes, servent à maintenir ces dernières dans leur position verticale.

On remarque que dans cet exemple la sablière est maintenue par le mur lui-même, et que les fermes n'ont pas d'entrait ; il faut attribuer cette disposition à la solidité des murs, qui, outre qu'ils ont près de deux mètres d'épaisseur, sont consolidés par des contre-forts surmontés de clochetons massifs, et par conséquent de nature à faire disparaître toute inquiétude sur les résultats de la poussée du comble.

*Comble d'un corps de bâtiment du couvent des Prémonstrées, à Metz.*

La fig. 2 est une coupe transversale de ce comble : elle représente une maîtresse-ferme assemblée dans un entrait, qui est soulagé dans son milieu par un poinçon et entaillé dans sa partie inférieure pour s'assembler avec les sablières et en maintenir l'écartement.

La fig. 3 est la coupe longitudinale du comble suivant l'axe du bâtiment. On voit par cette figure que les maîtresses-fermes ont plus d'épaisseur que les fermettes, et qu'elles reçoivent les aisseliers et les liens qui soulagent le faite, et reportent une partie du poids sur les arcs intermédiaires tout en maintenant les fermes dans leur position verticale.

*Comble de la grange de Meslay.*

La fig. 4 est une coupe transversale du comble de la grange de Meslay, située à 9 kilomètres de Tours. Cette charpente date du commencement du quinzième siècle; elle est toute en châtaignier du plus beau choix, et toutes les pièces en ont été dressées avec le plus grand soin et équarries à vives arêtes.

Ainsi qu'on le voit par cette coupe, chaque arbalétrier est divisé en trois parties; chacune de ces parties supporte une panne dont le poids est reporté sur l'entrait correspondant dans les deux divisions supérieures; la fig. 5 est un fragment de la coupe longitudinale suivant l'axe du bâtiment; la fig. 6 en est le plan. (*Lire Rondelet, tome III, page 122.*)

PRINCIPES DE LA DISPOSITION DES ÉLÉMENTS DES FERMES APPLIQUÉS A LA  
CHARPENTE DES COMBLES DE PLUSIEURS ÉDIFICES.

(*Voir Rondelet, tome III, p. 127.*)

*Ferme du comble du bâtiment de la boucherie du marché des Blancs-Manteaux.*

L'époque du commencement de la construction du marché des Blancs-Manteaux, dont M. Pierre-Jules Delespine fut l'architecte et dont les travaux durèrent dix années, remonte à 1813.

Ce qui distingue le comble dont il s'agit, comme en général ceux des marchés, des combles ordinaires, c'est que pour ces espaces couverts, qui sont en général d'une grandeur considérable, reçoivent dans toutes leurs parties la lumière, de telle sorte qu'aucune d'elles ne soit sensiblement préférable aux autres, et pour que les émanations des denrées trouvent une issue facile, c'est, disons-nous, pour cette double raison que le milieu de ces combles s'élève au-dessus du reste de la toiture, et laisse à l'air un passage égal à la hauteur de la surélévation.

Pl. 46.

Comme on le voit dans la fig. 1, pl. XLVI, le comble que nous avons choisi comme exemple se compose d'un entrait dans lequel s'assemble l'arbalétrier, doublé dans sa partie inférieure par un faux arbalétrier qui s'y assemble également et qui s'aboute à un faux entrait qui en maintient l'écartement. Les pannes s'assemblent dans les arbalétriers qui aboutent

l'un contre l'autre et sont maintenus par la moise-poinçon qui se rattache aux faux entrails et s'élève pour recevoir le faitage. Les extrémités des faux entrails sont rattachées de la même manière à l'entrait, par des moises qui divisent en trois sa portée, et qui sont couronnées par des liernes recevant les chevrons du toit supérieur.

La disposition de ces moises est représentée par la fig. 2, qui est une coupe sur *a b* de la précédente; la fig. 3 est le plan du dessus de l'ensemble de ce comble, dans les assemblages duquel M. Delespine fit interposer des plaques de cuivre, afin d'éviter la pénétration réciproque des fibres des pièces de bois qui a lieu lorsqu'elles se rencontrent sous de fortes charges.

*Comble de l'abattoir de Grenelle.*

La fig. 4 est une des fermes de ce comble, exécuté sur les dessins de M. Gisors, architecte.

L'entrait ainsi que les poteaux de face, qui supportent tout le comble, s'assemblent dans des liernes faisant fonction de pannes; des contre-fiches assemblées dans ces poteaux soulagent l'entrait au point d'application des arbalétriers; d'autres contre-fiches extérieures partent du pied des poteaux pour soutenir l'extrémité des blochets, qui y sont aussi assemblés, et qui portent des pannes à l'aide desquelles les chevrons s'étendent pour donner au toit une saillie considérable.

La fig. 5 est le plan du dessus de ce comble.

*Combles surhaussés de deux bâtiments de filature, exécutés en Suisse.*

Le plus simple de ces combles est représenté par les fig. 1, 2, 3, 4 et 5 de la planche XLVII.

La fig. 1 en est la coupe transversale; la fig. 2 est la coupe d'une des fermes suivant l'axe longitudinal du bâtiment. Les fig. 3, 4 et 5, désignées aussi par les lettres A, B, C, sont diverses coupes faites suivant les plans marqués des mêmes lettres dans la fig. 1.

La fig. 6 représente la ferme la plus compliquée, projetée verticalement sur un plan de coupe transversale; la fig. 7 est la coupe de cette ferme suivant l'axe longitudinal du bâtiment; les fig. 8, 9 et 10, désignées par des lettres, sont des coupes faites suivant les plans marqués des mêmes lettres sur la fig. 6.

On voit que les croix de Saint-André font la solidité de ces fermes, dont elles rendent toutes les pièces solidaires; et il est évident qu'on doit à leur action seule d'avoir pu se dispenser de l'entrait inférieur, auquel on a substitué les blochets que portent les sablières.

Cependant, malgré la bonne disposition de ces fermes, c'est avec raison que Krafft pense qu'il serait possible de supprimer les poteaux montants intermédiaires au premier et au deuxième entrait, ainsi que les liernes qu'ils supportent, et qui augmentent sans nécessité le poids du système.

*Comble du grand magasin aux vivres du Helder, par M. Mandar.*

- Pl. 48. La fig. 1 de la planche XLVIII est une coupe transversale du comble de ce magasin, dont la longueur est de 97<sup>m</sup>45 et la largeur de 19<sup>m</sup>49. La solidité de ce système repose sur l'arc qui se trouve relié aux arbalétriers par des moises, et qui supporte directement le poids de la couverture. La fig. 2 est un fragment de coupe longitudinale de ce même comble suivant l'axe du bâtiment.

#### COMBLES EN BOIS PLATS.

*Ferme d'un comble en Hollande.*

La fig. 3 est une coupe transversale sur ce comble, exécuté en bois plats dont la plus grande largeur est verticale. Il résulte de cette disposition que les combles ainsi construits sont très-légers, quoique solides. Celui dont il est ici question est combiné de telle sorte que l'entrait a pu être supprimé, la poussée des arbalétriers se trouvant détruite par la croix de Saint-André, qui les fixe invariablement l'un à l'autre; cette suppression offre pour avantage de laisser plus de hauteur aux pièces qui se trouvent situées sous les combles disposés suivant ce système.

*Comble d'un hangar rue Hauteville, à Paris.*

La fig. 4 représente la moitié de la ferme de ce comble; il est exécuté en plats-bords ou madriers de sapin. Cet exemple est une appli-

cation du principe exprimé dans la figure précédente, seulement il en diffère en ce que la largeur de l'espace couvert étant plus grande, outre qu'on a donné plus de force aux madriers, on y a ajouté des moises qui embrassent tout le système, afin de maintenir la rigidité des pièces et de les rendre solidaires.

*Comble d'un atelier de filature à Rouen.*

Le même principe de moises formant croix de Saint-André est appliqué à ce comble, dont l'une des fermes est représentée par la fig. 5. De ce système de construction, dont on vient de voir diverses combinaisons, il résulte non-seulement qu'on obtient sur l'exécution du comble lui-même une économie assez considérable, mais que, eu égard à la légèreté de la charpente, on peut, en restreignant les murs à n'avoir que la solidité nécessaire, diminuer encore la dépense.

*Toit à deux égouts en contre-pente.*

Cet toit, établi entre quatre murs, est porté par des fermes qui ne sont autre chose qu'une croix de Saint-André double, dont les extrémités sont scellées dans les murs latéraux. Dans ceux extrêmes sont pratiquées deux ouvertures donnant passage aux eaux pluviales.

Cette ingénieuse combinaison est due à M. Walter, ingénieur civil, professeur à l'École des arts et manufactures de Paris.

La fig. 6 est une coupe transversale de ce comble.

La fig. 7 est un fragment de coupe longitudinale suivant son axe.

*Comble de l'ancienne salle des séances du Corps législatif à Paris.*

Ce comble est une des plus grandes charpentes exécutées en bois plats; il fut construit en 1797, d'après les dessins de M. Gisors, architecte, par M. Guillaume, maître charpentier.

La fig. 1 de la planche XLIX est la projection d'une des vingt-deux fermes de ce comble sur un plan qui lui est parallèle. Pl. 49.

La fig. 2 est la projection de trois de ces fermes sur le plan *ef*.

La fig. 3 est la projection sur le plan *ab* de deux arbalétriers avec les liernes qui les maintiennent, ramenés parallèlement à ce plan.

La fig. 4 est le développement d'une partie de la lanterne et la projection de l'un des arcs du comble sur le plan du développement.

La fig. 5 montre les croix de Saint-André qui s'assemblent dans les moises *c d* pour maintenir les fermes à leurs distances respectives.

La fig. 6 est une portion d'arbalétrier vue sur une face verticale; la fig. 7 est une des liernes qui s'y assemblent.

*Charpente du hangar du Génie à Marac, près Bayonne.*

On a vu dans quelques-uns des exemples qui précèdent le parti qu'on peut tirer de l'emploi des bois plats pour la construction des combles; ce mode de construction paraît résulter directement du système de Philibert Delorme : l'exemple dont il s'agit maintenant est la première application d'un nouveau système destiné à remplacer ce dernier dans diverses circonstances où il offre sur lui des avantages incontestables; il consiste à former des arcs de simples madriers, mais qui, au lieu d'être posés de champ, sont posés à plat, les uns sur les autres, au nombre de cinq ou six, ou plus, suivant la force nécessaire; au reste, nous ne voyons rien de mieux pour le faire connaître que de laisser parler l'auteur de cette ingénieuse combinaison, le colonel Émy, qui donne de la charpente de Marac et des épreuves qu'il a fait subir à ses fermes la description suivante :

Pl. 50.

« Chaque ferme, fig. 1, planche L, du hangar de Marac, est composée d'un arc en demi-cercle; de deux jambes de force verticales, de deux arbalétriers, de deux aisseliers et d'une petite moise horizontale, tangente à l'arc et formant entrait; le tout est lié par des moises normales à l'arc. L'espace entre le sol et l'arc est libre. L'arc dont il s'agit est la pièce principale de chaque ferme, et c'est dans sa construction que résident la force et les autres avantages de ce système de charpente.

« Les hémicycles de Philibert Delorme sont formés de trois cours au moins de planches de 12 à 13 décimètres de longueur posées bout à bout et de champ; mes arcs, au contraire, résultent de madriers longs et étroits, appliqués les uns sur les autres, comme le sont les feuilles ou lames d'un ressort de voiture, et courbés en demi-cercle sur leur plat, par leur seule flexibilité.

« Les moises normales sont entaillées, ainsi que les faces planes

des arcs, de 1 centimètre de profondeur, de façon 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 entaillés dans les joues des moises pour empêcher des éclats aux entailles des madriers. Les détails de ces assemblages se trouvent, même planche, fig. 3, 4, 5, 6 et 7.

« 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 0<sup>m</sup>20 dans des cases de 0<sup>m</sup>30 de profondeur réservées dans la maçonnerie.

« Cette disposition n'a pas pour but de profiter de la résistance des murs, car la charpente n'exerce aucune poussée sur eux; 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; les premiers, en forçant les surfaces à s'appliquer dans toute leur largeur, et les autres en formant, en outre de la pression, des points d'arrêt intérieurs, parce qu'étant cylindriques et chassés à coup de masse dans des trous percés très-juste, ils ne laissent aucun jeu aux feuilles qu'ils traversent perpendiculairement.

« Les boulons ont environ 18 millimètres de diamètre, ils sont espacés de 0<sup>m</sup>80, et l'expérience prouve qu'ils ne coupent pas le fil du bois d'une manière nuisible, comme quelques personnes l'avaient craint. 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 redressement. Dans un arc de 5 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 relever 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 d'environ 8 centimètres à chaque extrémité. Un seul homme empêchait sans effort ce faible écartement; ainsi la poussée propre d'un arc résultant de sa force de ressort 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 autant invariable que le permet la flexibilité des bois et le jeu des assemblages; mais dans ce système, et notamment dans la charpente du hangar de Marac dont il s'agit ici, c'est principalement la roideur ou le ressort des arcs qui produit l'invariabilité de forme et qui détruit entièrement la poussée des reins sur le haut des murs.

« Les feuilles ou madriers qui entrent dans la composition d'un arc ont 55 millimètres d'épaisseur, 13 centimètres de largeur, et 12 à 13 mètres de longueur. Deux madriers et demi bout à bout, à joints carrés, suffisent au développement de l'arc; les joints sont distribués de façon qu'aucun de ceux d'un rang ne répond à un autre joint d'un autre rang, 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; il ne peut y avoir que dix à douze de ces joints dans un arc.

« Toutes les pièces des fermes ont 13 centimètres d'épaisseur 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 trois mètres de milieu en milieu par les moises liernes horizontales, qui embrassent les moises pendantes n° 4, par le faîte, par la moise sous-faîte, et enfin par les pannes.

« La fig. 2 est une portion de la coupe du hangar suivant sa longueur; elle contient les projections des fermes, des liernes, de la ferme sous-faîte, avec les croix de Saint-André, et de tous les bois de la toiture.

« La charpente du hangar de Marac devant servir d'étude pour celles qu'on voudrait exécuter ailleurs, je me suis imposé, dans son exécution, deux conditions auxquelles quelques personnes avaient

prétendu que mon système d'ares ne pourrait pas satisfaire. La première était que la charpente n'exercât par ses reins aucune poussée sur les murs, et la seconde qu'elle pût porter une couverture très-pesante, sans rien perdre de son élégance et de sa simplicité.

« Dans cette vue, je fis construire quelques fermes pour les soumettre à l'épreuve d'une charge plus forte que celles qu'elles auraient à supporter, et déterminer ainsi par l'expérience le nombre de feuilles dont il faudrait composer les arcs. Je fis d'abord ces arcs de cinq feuilles, comme j'avais projeté ceux de la charpente du manège de Libourne, pour laquelle je n'avais pas à m'occuper de la poussée, vu l'extrême épaisseur que les murs devaient avoir; des obstacles, que j'expliquerai plus loin, m'obligèrent à renoncer au levage des fermes tout assemblées.

« Je fis alors construire pour le levage, pièce à pièce, un échafaud volant, que je fis établir près du chantier, afin de m'en servir pour monter et maintenir verticalement, avec de petits cordages horizontaux, chaque ferme que je voulais éprouver.

« De larges et épais plateaux en bois de chêne, simplement posés sur le sol bien battu et au même niveau, remplacèrent les sablières, pour supporter la ferme mise en expérience. Dès que cette ferme était abandonnée à elle-même, elle se surhaussait de quelques centimètres. On suspendait alors par de longs cordages, aux emplacements des pannes et au poinçon, des plateaux en bois, distants du sol d'environ 50 centimètres.

« Ces plateaux étaient chargés en même temps, mais peu à peu, avec du lest en fer coulé, jusqu'à mille kilogrammes sur chacun, ce qui faisait onze mille kilogrammes pour la charge de la ferme éprouvée; poids qui excédait de plus d'un quart celui de la partie du toit qu'une ferme devait supporter, dans l'hypothèse que les tuiles seraient imbibées d'autant d'eau qu'elles en peuvent absorber.

« Dans ces expériences, les arcs n'étaient serrés que par les moises et les liens en fer, parce que, pour me réserver un moyen d'augmenter leur force, j'avais différé de placer les boulons jusqu'après les épreuves que je me proposais, et seulement lorsque les fermes seraient à leurs places.

« A mesure qu'on plaçait la charge, la ferme s'abaissait; au bout de vingt-quatre heures, la courbure de l'arc fut vérifiée au moyen d'un

rayon en bois de 10 mètres de longueur garni en fer à ses deux bouts, l'un desquels portait sur un axe horizontal en fer, établi avec précision sur la tête d'un pieu au niveau des naissances. Il fut reconnu que le poinçon s'était abaissé d'environ 12 centimètres, mais que la courbure de la partie supérieure de l'arc, comprise entre les moises n° 7 n'avait pas sensiblement changé, quoiqu'elle dût avoir une tendance à s'aplatir, puisque l'abaissement du poinçon annonçait un affaissement général de l'arc. On trouva constamment des deux côtés, entre la moise n° 7 et la naissance correspondante, une augmentation de courbure, dont le maximum répondait à la moise n° 4.

« L'arc s'écartait en cet endroit d'environ 5 centimètres du demi-cercle décrit avec le rayon de 10 mètres. L'arbalétrier suivait le mouvement de l'arc ; depuis le poinçon jusqu'à la moise n° 7, il demeurait droit ; mais depuis la moise n° 6 jusqu'à la jambe de force, il devenait un peu arqué en dessus. Une légère courbure en forme de doucine raccordait, entre les moises n° 6 et 7, la partie supérieure qui s'était abaissée, avec la partie inférieure qui avait été soulevée. L'aisselier se courbait tant soit peu ; et la jambe de force se ressentait du mouvement de l'arc, elle surplombait en dehors de 5 à 6 centimètres.

« Les naissances des arcs reposaient toujours sur les plateaux, et ces plateaux eux-mêmes n'avaient pas changé de place : ainsi le diamètre des arcs n'avait pas varié ; il se manifestait seulement de chaque côté, entre les feuilles, depuis les moises n° 7, un petit glissement dont le maximum répondait aux naissances ; il n'excédait pas 3 millimètres d'une feuille à une autre. Ce glissement résultait de l'augmentation de courbure.

« Les tangentes aux naissances des feuilles surplombaient un peu vers le dehors comme les jambes de force, de façon que les feuilles et les jambes de force, au lieu de reposer, comme avant la charge, carrément sur leurs abouts, portaient sur les arêtes extérieures de ces abouts, mais elles portaient toutes. Il faut remarquer encore que les arcs n'étaient pas boulonnés.

« Ces résultats prouvent qu'un arc n'exerce par lui-même aucune poussée à sa naissance, et que, par l'effet de la charge d'épreuve, la poussée, aux mêmes points très-faible d'ailleurs, tendrait à renverser les murs au-dessous de la naissance, plutôt en dedans qu'en dehors de l'édifice. Ainsi la seule poussée qui méritât attention dans les fermes

mises en expérience répondait de chaque côté au maximum de l'augmentation de courbure de l'arc, parce qu'elle était transmise, par les moises n° 4, sur les têtes des jambes de force, et qu'elle pouvait se reporter sur le haut des murs.

« Je conclus de ces expériences que la roideur des arcs ne devait pas être la même dans tous leurs points; qu'il fallait la renforcer, dans les parties dont la courbure avait augmenté le plus, par des feuilles supplémentaires, de façon que le ressort de ces parties étant en équilibre avec la charge du toit, leur courbure ne pût augmenter ni diminuer. J'obtins ce résultat en ajoutant, des deux côtés de chaque arc, une feuille sur une partie de l'extrados, et deux feuilles dans une partie de l'intrados. Les différentes parties d'un arc furent ainsi portées au nombre de feuilles et aux largeurs suivantes,

Savoir :

De la naissance à la moise n° 1.....	7	feuilles	0 <sup>m</sup> 385	} de largeur.
De la moise n° 1 au lien placé entre				
les moises n°s 6 et 7.....	8	—	0 <sup>m</sup> 440	
Du même lien à la moise n° 9.....	6	—	0 <sup>m</sup> 330	
Entre les moises n°9, voisines du poinçon,	5	—	0 <sup>m</sup> 275	

« J'ajoutai, en outre, des renforts aux jambes de force, et des sous-arbalétriers, convenablement entaillés, dans les espaces que j'avais réservés pour cet objet.

« Les feuilles additionnelles dont je viens de parler ne devant pas avoir d'aussi grandes longueurs que les feuilles principales, elles ont été faites en bois de chêne, qui s'est trouvé presque aussi docile à la courbure que le bois de sapin, quoique ces feuilles eussent la même épaisseur de 0<sup>m</sup>055. Le bois de chêne a ici l'avantage de ne pas se laisser refouler, comme le sapin, par les têtes et les rondelles d'écrou des boulons, ni par les liens en fer; ce qui permet une pression beaucoup plus forte.

« Les fermes ainsi renforcées, sans m'écarter de mon système, furent remises en expérience; elles reçurent la même charge d'épreuve, sans s'abaisser, ni changer de forme et sans manifester aucune poussée sur les jambes de force. Satisfait de ce résultat, j'ai fait construire toutes les autres fermes sur ce modèle, et la force des arcs a encore

été augmentée considérablement par les boulons distribués entre les moises et les liens en fer; mais seulement depuis les naissances jusqu'aux moises n° 7, parce que, pendant les épreuves, le glissement des feuilles ne s'était fait remarquer que dans ces parties des arcs.

« C'est dans cet état qu'une de ces fermes est représentée fig. 1, planche L, et qu'elles sont exécutées.

« J'avais proposé d'établir le chantier pour la construction des fermes à l'extrémité du bâtiment et à la hauteur des naissances des arcs, afin que chaque ferme pût être conduite horizontalement à son emplacement et mise au levage tout assemblée, en la faisant tourner autour de son diamètre. Une opération semblable a pu être pratiquée à Libourne, parce que les murs ont été terminés avant de commencer la charpente; mais à Marac, où le temps manquait, la charpente dut être préparée pendant qu'on élevait les maçonneries, et je fus obligé de placer le chantier hors de la bâtisse; ce qui m'a forcé de renoncer au levage en grand, à cause de la difficulté de transporter les fermes pendant un trajet assez long, et de les passer au-dessus des murs sans rompre ou au moins beaucoup fatiguer leurs assemblages.

« Le chantier a été établi sur un sol dressé et battu de niveau. Après avoir décrit sur la terre un demi-cercle de 20 mètres de diamètre, représentant l'intrados de l'arc de cinq feuilles, et tracé les principales lignes d'une ferme, on a enterré et maintenu par de forts piquets vingt-quatre racineaux de 25 centimètres d'équarrissage, dirigés au centre de l'arc et distribués entre les emplacements des moises et des liens en fer; deux seulement étaient établis au-delà des naissances.

« On a cloué sur ces racineaux un plancher assez étendu pour recevoir l'épure ou ételon, dont le centre a été fixé par un axe vertical en fer planté sur la tête d'un pieu. Cette épure tracée, on a cloué, avec de longues broches, au-dessus des racineaux, des poutrelles de 20 centimètres d'équarrissage, pour supporter toutes les pièces des fermes et élever au-dessus du plancher le gabarit destiné à courber les feuilles des arcs.

« Ce gabarit, formé de madriers en bois de chêne, assemblés avec des boulons, en croisant les bouts à mi-bois, a été attaché par de grosses vis sur les poutrelles préalablement dégauchies entre elles et

de niveau. On a taillé circulairement l'intérieur et l'extérieur sur place, en observant à l'extérieur les ressauts nécessaires pour les feuilles supplémentaires de l'intrados de l'arc, qui s'arrêtent aux moises n<sup>os</sup> 3 et 9. On n'a fait dans l'intérieur que deux ressauts de chaque côté, l'un vers la moise n<sup>o</sup> 4, et l'autre vers le sommet, de façon que la largeur du gabarit était d'environ 25 centimètres sur tout son développement.

« A partir du gabarit, le dessus des poutrelles a été élégi de 25 millimètres pour faire coïncider dans le même plan horizontal le milieu de l'épaisseur du gabarit avec le milieu de l'épaisseur de l'arc, et les diverses pièces de la ferme que ces poutrelles devaient supporter. L'épaisseur du gabarit a été poussée à 8 centimètres, pour ne pas gêner le travail des entailles des moises dans l'arc, ni l'établissement de ces moises, qui ne laissent entre leurs jumelles qu'un intervalle de 9 centimètres. Les extrémités des six premières poutrelles de chaque côté, répondant aux établissements des jambes de force, ont été élégies de 35 millimètres de plus, ou en somme de 6 centimètres, parce que, comme on l'a déjà vu, les jambes de force ont 20 centimètres d'épaisseur, tandis que les autres pièces et l'arc n'ont que 13 centimètres.

« Les extrémités du gabarit se prolongeaient en ligne droite d'environ 8 décimètres au delà de chaque naissance et étaient renforcées chacune par un madrier fixé sur les deux dernières poutrelles, afin de pouvoir attacher plus solidement les bouts des premières feuilles des arcs.

« Sur la surface cylindrique du gabarit, contre laquelle devait s'appliquer l'intrados des arcs, on a fait des entailles d'environ 1 décimètre de largeur et 1 centimètre de profondeur, répondant aux emplacements des liens en fer, pour recevoir l'épaisseur de ces liens, afin qu'on pût les placer à mesure qu'on formerait les arcs. On a fait aussi sur la même surface de petites entailles de 2 centimètres de largeur et de profondeur, pour le passage des boulons des moises.

« On a procédé pour la construction de chaque arc comme il suit :

« Les feuilles devant former l'épaisseur d'un arc, à l'une des naissances, ayant un peu plus que la longueur nécessaire pour fournir aux abouts, ont été assujetties et serrées ensemble, contre le gabarit, par deux liens provisoires en fer. On avait préalablement engagé les feuilles dans les liens destinés à unir l'arc avec le pied de la jambe de force correspondante. Toutes les feuilles ont ensuite été pliées peu à

peu, mais ensemble, et appliquées au gabarit, au moyen de sergents en fer, à deux branches et à vis, fig. 8 et 9. Lorsque les feuilles étaient parvenues à un contact parfait avec le gabarit, sur un développement de 2 ou 3 mètres, on remplaçait les sergents par des liens en fer, fig. 10 et 11, ou par des liens en bois, fig. 12 et 13, assujettis avec des coins doubles, et l'on serrait alors les propres liens de l'arc, dans lesquels on avait soin d'engager les feuilles avant qu'elles fussent appliquées sur le gabarit.

« Chaque arc a été continué ainsi jusqu'à l'autre naissance, en ajoutant de nouvelles feuilles au bout de celles qui atteignaient les emplacements des moises, choisis à l'avance, pour la distribution des joints. Ces joints, dirigés au centre de l'arc, étaient ajustés à mesure qu'ils se présentaient.

« On aurait pu commencer les arcs par le sommet et les conduire des deux côtés à la fois, mais la méthode que je viens de décrire a paru la plus commode aux ouvriers : je n'ai trouvé aucun inconvénient à la leur laisser suivre.

« Quand un arc était terminé, on lui assemblait les jambes de force, préparées à l'avance et entaillées suivant la courbure de l'extrados. Les autres pièces de la ferme étaient ensuite assemblées, en suivant les procédés usités pour toute autre espèce de charpente, si ce n'est que les entailles des moises sur la face inférieure de l'arc ont été faites sans la détacher du gabarit, ce qui a néanmoins été exécuté avec facilité et précision, l'arc et le gabarit se trouvant suffisamment élevés au-dessus du chantier.

« Dès qu'une ferme était achevée, on coupait ses abouts à 5 centimètres au-dessous de ses naissances, on la démontait ainsi que son arc, et toutes les pièces, préalablement numérotées, étaient déposées à part pour être remontées dans le même ordre lors du levage.

« N'ayant pas pu exécuter le levage des fermes en grand, j'avais préparé pour cette opération un échafaud volant, facile à monter et à démonter, et qui portait un gabarit vertical, exactement pareil à celui qui servait à la construction des fermes, sur le chantier horizontal. Cet échafaud, dont j'ai parlé au sujet des épreuves des fermes, était composé de deux bâtis de pièces méplates, en bois de pin, égaux et parallèles, écartés de 2 mètres, présentant six étages d'entrants destinés à porter des planchers de service pour atteindre à

toutes les hauteurs de la charpente pendant l'opération du levage.

« Le gabarit était boulonné de champ, au milieu de l'intervalle des deux bâtis, sur des pannes dont les bouts étaient reçus dans les entailles d'autant de chantignolles attachées par des boulons sur les entrails.

« On établissait cet échafaudage en travers du hangar, au niveau des sablières des arcs, sur quatre forts chevalets répondant aux moises verticales des bâtis. De longs arcs-boutants et des haubans fortement tendus empêchaient le balancement dans le sens de la longueur du bâtiment. Lorsque cet échafaud était monté solidement et ajusté de façon que le plan vertical, passant par le milieu de l'épaisseur du gabarit, répondît exactement à l'emplacement d'une ferme, on procédait au levage. Toutes les pièces de l'arc et toutes les autres pièces de cette ferme étaient remontées dans le même ordre et par les mêmes moyens que sur le chantier horizontal.

« Après avoir fortement serré les assemblages, on ôtait les vis à tête carrée qui attachaient le gabarit aux pannes; celles-ci étaient ensuite enlevées en détachant les chantignolles. L'on ôtait alors les liens qui retenaient le gabarit à l'arc, et ce gabarit, divisé en cinq parties par des joints inclinés hors de coupe, était dégagé des moises normales.

« La ferme se trouvant ainsi abandonnée à elle-même, reposant seulement dans ses pas entaillés sur les sablières, se surhaussait d'environ 10 centimètres par l'effet du ressort de son arc. C'est alors qu'on boulonnait cet arc, opération qu'il était important de faire avant de charger les fermes d'aucune pièce de la charpente du toit.

« J'aurais pu construire les arcs immédiatement à leur place, sur le gabarit vertical de l'échafaud, et leur assembler ensuite les moises et les autres pièces qui auraient été préparées sur l'épure horizontale. Il en serait peut-être résulté quelque économie de temps et plus de perfection dans le travail; mais cette idée m'est venue trop tard.

« En attendant que les moises liernes horizontales et le faitage pussent être placés, les fermes posées étaient entretenues à leur distances de 3 mètres au moyen de tringles provisoires, clouées de l'une à l'autre, et de cales placées latéralement dans les cases réservées dans les murs pour recevoir les prolongements des moises n<sup>os</sup> 1, 2 et 3.

« Le levage d'une ferme étant terminé, l'échafaud était démonté pour être remonté à l'emplacement de la ferme suivante. Le changement de place de cet échafaud était très-facile et très-prompt, les pièces des bâtis n'étant assemblées que par des entailles et des boulons.

« Quelques jours après que la couverture en tuiles creuses a été posée, la courbure des arcs a été vérifiée : l'on a trouvé que la charpente s'était abaissée régulièrement, que les arcs avaient repris leur forme circulaire, que les jambes de force étaient verticales et à 10 centimètres des murs, et que les bouts des moises n<sup>os</sup> 1, 2 et 3 étaient aussi à 10 centimètres du fond des cases.

« Il a dès lors été prouvé que la charpente portait seulement sur ses naissances et qu'elle n'exerçait aucune poussée contre les murs, dont elle était complètement isolée; résultat auquel j'avais voulu arriver, et sur lequel je comptais tellement que je n'avais donné aux murs qui s'élèvent au-dessus des naissances, que l'épaisseur de 60 centimètres, nécessaire à leur preestabilité.

« Les cales des moises n<sup>os</sup> 1, 2 et 3 ont été remplacées dans les cases par des remplissages en maçonnerie, seulement sur les parements des murs, afin de laisser pour toujours le vide de 10 centimètres entre les bouts des moises et les fonds des cases.

« Au bout de quelques mois, après que les bois, déjà fort secs, eurent été exposés aux courants d'air qui traversaient le hangar avant que ses fermetures fussent closes, on a encore vérifié la courbure des arcs : elle n'avait aucunement varié. L'on a de nouveau, et pour la dernière fois, serré les écrous de toutes les ferrures. »

#### *Charpente du manège de la caserne de Libourne.*

La portée de cette charpente, exécutée en 1826, un an après la construction du comble de Marac, est un peu plus grande que celle des fermes de ce comble; le diamètre de l'intrados de ses arcs est de 20<sup>m</sup>925. Ils sont, comme les fermes, au nombre de quatorze; l'ensemble et les détails d'assemblage de cette charpente sont exprimés par les fig. 14, 15, 16, 17, 18 et 19; elle ne diffère de celle du hangar de Marac qu'en ce que sa construction est plus simple et plus légère : ses arcs ne présentent sur tout leur développement qu'une épaisseur uni-

forme de cinq feuilles; les jambes de force n'ont point de renforts, et il n'y a pas de sous-arbalétriers. C'est qu'il ne s'agissait pas ici, comme à Marac, d'anéantir la poussée; les murs qui supportent cette charpente sont fort épais et soutenus par de gros contre-forts, en sorte qu'ils offrent une résistance capable de compenser celle qui ne se trouve pas dans la ferme elle-même, résistance qu'il eût été inutile de lui donner en cette occasion. Cependant il ne faudrait pas conclure de là que ces fermes doivent pousser au vide, puisque, si elles ont cette tendance, le seul encastrement de la moitié de l'épaisseur des blochets dans le haut des murs suffit pour lui résister; on en trouve la preuve dans les bouts des trois premières moises de chaque côté qui ne touchaient pas les murs avant qu'on posât la couverture, et qui ne les ont pas touchés davantage lorsqu'ils ont eu à en supporter la charge, c'est-à-dire environ 19 milliers, poids de marc.

La disposition de la couverture présente aussi quelques particularités qu'il est bon de noter : les pannes sont disposées de manière à faire l'office de chevrons, c'est-à-dire qu'elles ont été placées plus près l'une de l'autre que cela ne se fait ordinairement, et cependant leur distance respective est plus grande que celle des chevrons, ce qui s'explique par la direction du lattis, qui suit la pente du toit au lieu d'être horizontal. Les planches ont alors moins de charge à supporter, ce qui justifie l'espacement des pannes, qui elles-mêmes peuvent être réduites à un moindre équarrissage, vu leur multiplicité et l'absence des chevrons; mais encore faut-il observer qu'une telle combinaison ne peut être admise qu'autant qu'on ne doit point couvrir en ardoises; car soumises à l'influence de l'humidité accidentelle les planches pourraient varier de largeur et occasionner la destruction des ardoises, qui, se fixant ordinairement au moyen de deux clous, se fendraient par suite de cette variation.

Dans ce système, le poids qui pèse sur chaque ferme étant moindre que celui des couvertures aux chevrons, il s'ensuit qu'on peut leur donner un espacement plus qu'ordinaire; en ayant soin toutefois de faire les pannes-chevrons d'un équarrissage capable de maintenir leur rigidité.

L'épure a été construite sur un plancher établi à 0<sup>m</sup>05 au-dessus des sablières sur une partie seulement du manège; le diamètre de l'arc était tracé suivant la longueur du bâtiment; après l'assemblage, la

ferme était levée; il devenait alors possible de la tourner perpendiculairement à la longueur de la salle, les abouts des arbalétriers se trouvant dans un plan horizontal supérieur à celui du dessus des murs; les naissances des arcs se posaient sur un chariot indiqué dans les fig. 16 et 17, et la ferme était conduite à sa place au moyen des plans agissant sur ce chariot.

C'est ainsi qu'on a agi pour sept des quatorze fermes; les autres ont été successivement construites, levées et accumulées verticalement au milieu du manège, puis mises en place comme les premières. Si elles eussent toutes été successivement posées, il fût devenu impossible de travailler au levage des dernières; c'est ce qui a motivé la manœuvre qui vient d'être indiquée.

En comparant ce système d'arcs en madriers courbés sur leur plat à celui de Philibert Delorme, on trouve que la somme des surfaces des joints dans un hémicycle de ce dernier équivaut à vingt fois son équarrissage, et qu'elle est tout au plus double de celui d'un arc en madriers; c'est à cela qu'il faut attribuer l'avantage de ce système sous le rapport de la force ainsi que sous celui de l'économie de bois qui en résulte.

Le cube du bois consommé dans le système de Philibert Delorme est double de celui qu'exige le système du colonel Émy; à la vérité, les liens et les boulons en fer indispensables à la confection des arcs de celui-ci n'existent pas dans l'autre; mais l'économie qu'on obtient sur le bois et sur la main-d'œuvre est loin d'être absorbée par la valeur de ces liens et de ces boulons, surtout si l'on remarque que les exemples d'hémicycles en planches comparés aux arcs de Marac et de Libourne portent des couvertures en ardoise, tandis que ceux-ci ont à soutenir des toits formés de tuiles creuses.

On s'est assuré, à l'aide de calculs exacts, qu'en général il y a économie à substituer ce mode de construction aux charpentes ordinaires toutes les fois que la largeur de l'espace à couvrir excède 14 mètres. Cette combinaison peut d'ailleurs acquérir une grande légèreté et être appliquée dans bien des cas à des bâtiments de peu de largeur, surtout si l'on se trouve dans la nécessité de supprimer les entrails.

Au reste, pour mieux faire apprécier la valeur relative de ce système, nous empruntons à M. Émy l'article suivant, dans lequel il le compare.

*Comparaison avec d'autres charpentes.*

« Les charpentes de Marac et de Libourne, » dit M. le colonel Émy, « ne laissent aucun doute sur la bonté des arcs en madriers. Dans la première, l'élasticité du bois est employée à détruire entièrement la poussée des reins sur les murs, et cette poussée est réellement nulle, quoique chaque ferme soit chargée de quatre-vingts quintaux métriques. Quant à la seconde, la très-grande épaisseur des murs dispensait de satisfaire à la même condition ; néanmoins sa poussée est extrêmement faible, puisque le seul encastrement de la moitié de l'épaisseur des blochets, dans le haut des murs, suffit pour lui résister. Les bouts des trois premières moises de chaque côté, qui ne touchaient pas les murs avant qu'on commençât à poser la couverture, ne les ont pas touchés davantage après que cette couverture a été achevée, quoique le poids supporté par chaque ferme surpassât quatre-vingt-treize quintaux métriques ; ce qui prouve que les moises verticales, faisant l'office de jambes de force, n'éprouvent aucune poussée.

« Suivant le projet qui avait été fait d'un comble selon la méthode de Philibert Delorme pour le manège de Libourne, il aurait fallu, pour soutenir 3<sup>m</sup>20 courants de comble, quatre hémicycles de trois planches et au moins un de quatre planches. Cette portion de berceau, répondant à une des fermes exécutées, aurait donc exigé quatre cent seize morceaux de planche et quatre cents joints, non compris ceux des liernes et des clefs, plus nombreux et plus compliqués.

« Ainsi le système de Philibert Delorme exige un bien plus grand nombre de morceaux et de joints que le mien, puisque, comme on l'a déjà vu, un de mes arcs, répondant au même espace couvert, n'est composé que de quinze morceaux et n'a que douze joints au plus.

« Les hémicycles de Philibert Delorme donnent lieu à un grand déchet de bois, soit à cause de l'inclinaison des joints qui doivent être en coupe tendant au centre, soit pour réduire les planches aux longueurs nécessaires. ou pour rejeter les parties défectueuses, tandis que les feuilles ou lames de mes arcs sont débitées, sans perte, dans les pièces de bois aussi grosses et aussi longues qu'on peut se les procurer.

« Dans le système de Philibert Delorme, chaque joint coupe le fil

du bois de 12 en 12 décimètres, dans toute la largeur d'un cours de planches, et occupe au moins le tiers et souvent la moitié ou les deux tiers de l'épaisseur de l'hémicycle.

« Dans mes arcs les joints sont espacés d'environ 3 mètres, et ils occupent tout au plus le cinquième de la largeur de l'arc, qui conserve toujours les quatre cinquièmes de son équarrissage en plein bois de fil, non compris, dans la charpente du hangar de Marac, les feuilles supplémentaires, qui font que dans les parties où elles se trouvent les joints n'ont que le huitième de l'épaisseur de l'arc. D'où il suit que dans les hémicycles de Philibert Delorme la somme des surfaces des joints équivaut à vingt fois la surface de l'équarrissage d'un hémicycle, et que dans mon système la somme des joints n'est tout au plus que le double de l'équarrissage d'un arc.

« C'est à cette grande différence dans le nombre, l'espèce et la distribution des joints, et à l'immense avantage de mettre à profit le fil du bois, sur tout le développement des arcs, qu'est due la force extrême de mon système, qui a permis de donner une grande légèreté aux fermes, et de les espacer de 3 mètres à Marac, et de 3<sup>m</sup>20 à Libourne, tandis que les hémicycles en planches ne sont ordinairement espacés, suivant Philibert Delorme, que d'environ 7 décimètres les uns des autres.

« Mes fermes sont donc beaucoup plus fortes que les hémicycles en planches, et cependant l'équarrissage des arcs n'est pas le double de celui des hémicycles : aussi y a-t-il une économie de plus de moitié sur le cube du bois. On conçoit que les boulons et les liens en fer de mes arcs ne peuvent, à beaucoup près, absorber cette économie ni celle que l'on fait sur la main-d'œuvre. On doit de plus remarquer que les combles de Philibert Delorme sont couverts en ardoises ; tandis que mes deux charpentes de Marac et de Libourne portent des toits en tuiles creuses, qui sont extrêmement pesants.

« Si l'on construisait avec mes arcs une charpente de même portée, pour être couverte en ardoise ou en bardeau, on pourrait, avec la même force d'arc, porter l'écartement des fermes à plus de 4 mètres, et à 5, et même à 6 mètres, si l'on devait couvrir en cuivre ou en zinc.

« Il faudrait, pour achever de faire voir la supériorité de mes arcs sur les autres systèmes, pouvoir leur comparer un certain nombre de constructions, dans des circonstances absolument les mêmes, sous le

rapport des portées et des matériaux de couverture. A défaut de parallèles de cette sorte, voici un tableau des principales dimensions des cubes et des charges, pour les charpentes de Marac et de Libourne, pour un comble à hémicycles en planches, pour le comble du manège de Chambières (1), et pour une charpente disposée suivant la méthode ordinaire. L'examen de ce tableau suffira pour convaincre que mon système joint à l'élégance la force et l'économie.

TABLEAU COMPARATIF.

CHARPENTE.	DIMENSION intérieure des bâtiments.			Nombre des fermes.		CUBES				CHARGES		OBSERVATIONS.
	Largeur.	Longueur.	Surface.	Nombre des fermes.	Écartem. des fermes.	d'une ferme	de la totalité des fermes P <sup>r</sup> chaq. comble.	des sablières et des toits	Totaux des charpentes.	par ferme.	par mètre carré d'arbalétriers.	
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	kil.	kil.	
I. Hangar de Marac, pl. L. . . . .	20	57	1140	18	3	5 613	101 031	64 324	165 368	8800	400	Les principales feuilles des arcs sont en bois de sapin du Nord, les feuilles supplémentaires et toutes les autres pièces de la charpente sont en bois de chêne; le lattis est en bois de pin des Landes, la couverture est en tuiles creuses. Les fermes sont en bois de sapin du Nord, les liernes, les pannes et le lattis sont en bois de pin des Landes, la couverture est en tuiles creuses. Cette charpente avait été projetée pour le manège de Libourne. Ces calculs sont faits d'après un dessin lithographié, joint à une circulaire du ministre de la guerre, du 25 janvier 1823. La charpente est en bois de chêne, la couverture est en ardoise. Cette charpente a été projetée pour le manège de Libourne.
II. Manège de Libourne, pl. L. . . . .	21	48	1008	14	5	20 5 495	76 930	48 506	125 430	3775	417 86	
III. Suivant Philibert Delorme. . . . .	20	57	1140	82	0	70 2 740	224 684	8 625	233 399	1555	67 60	
IV. Manège de Chambières, à Metz. . . . .	18	49	895	18	2	60 8 150	146 700	55 960	202 600	6500	260	
V. Comble ordinaire. . . . .	20	57	1140	13	4	071 9 223	119 899	73 104	129 903	12535	397	

« Il résulte de ce tableau :

« 1° Que le cube de la charpente de Libourne n° 2 est moindre que celui de la charpente de Marac n° 1, par la raison que l'épaisseur des murs du manège de Libourne a permis, comme je l'ai déjà fait remarquer, de ne pas s'occuper de la poussée de la charpente, et de lui donner plus de légèreté, tandis qu'à Marac, les reins des fermes ne devant exercer aucune poussée contre les murs, il a fallu détruire entièrement cette poussée en donnant plus de force de ressort aux

(1) Ce comble, exécuté en bois plats couvre un manège de 18 m. 32 de largeur dans œuvre, construit à Metz, vers 1822.

arcs; ce qui, d'un autre côté, a produit une grande économie sur les épaisseurs des maçonneries;

« 2° Que les cubes de ces deux charpentes sont moindres que chacun des cubes des trois autres charpentes qui leur sont comparées;

« 3° Que de ces trois dernières charpentes n<sup>os</sup> 3, 4 et 5, c'est celle qui est disposée suivant la méthode ordinaire, n<sup>o</sup> 5, qui présente le cube le plus faible, et que c'est celle selon le système de Philibert Delorme, n<sup>o</sup> 3, qui exige le cube le plus fort.

« Des calculs exacts ont fait voir que la portée de 14 mètres environ est la limite où la dépense se trouve être la même pour une charpente ordinaire et pour la mienne; que pour des portées moindres il y a économie à employer les charpentes ordinaires, et que pour des portées plus grandes l'économie est dans l'emploi de mon système.

« Dans bien des cas, surtout lorsqu'il s'agira de se débarrasser des entrants, toujours forts gênants, on emploiera encore avec avantage, sur des bâtiments de petite largeur, mes cintres en madriers courbés sur leur plat, auxquels on pourra donner une légèreté sans exemple. »

#### COMBINAISON DU BOIS ET DU FER DANS LA CHARPENTE DES COMBLES.

Certaines pièces de bois n'étant employées dans les fermes des combles que pour résister à un effort de traction, on leur a substitué des tringles de fer, qui par la nature de ce métal sont particulièrement propres à atteindre le but désirable; c'est-à-dire qu'avec un volume beaucoup moindre on a obtenu une force égale tout en diminuant le poids des charpentes.

Dans les quelques exemples qui suivent, on verra comment peut s'appliquer ce système et de quelle extension il est susceptible.

#### *Comble de la fonderie de Romilly.*

Cette fonderie, construite en 1824, par M. Ferry, ingénieur civil et professeur à l'École des arts et manufactures à Paris, est divisée longitudinalement en trois parties par deux rangs de colonnettes en fonte. Les trois divisions sont couvertes chacune par un toit, en sorte que la plus grande partie des eaux pluviales se trouve reportée dans les

chéneaux au-dessus des colonnettes creuses au moyen desquelles elle s'écoule dans le canal qui occupe la division intermédiaire, beaucoup plus petite que chacune des autres.

Les sablières supportées par les colonnettes sont composées d'autant de pièces qu'il y a d'entre-colonnements ; elles se joignent bout à bout, et sont reliées entre elles par des bandes de fer ; les entrails des trois fermes s'assemblent à mi-bois avec ces sablières, et, comme elles, se joignent bout à bout et sont reliés par des bandes de fer pour ne former qu'un seul entrail pour les trois fermes situées dans un même plan. Il résulte de cette disposition que cette sablière et ces entrails, reçus à leurs intersections dans des sabots servant de chapiteaux aux colonnettes, forment un grillage invariable, qui assure au comble une stabilité parfaite.

La fig. 1 de la planche LI est la projection verticale d'une ferme du comble d'une des grandes divisions. Pl. 54.

Chacune de ces fermes est composée de deux arbalétriers assemblés en fourchette à leur partie supérieure ; une croix de Saint-André s'assemble avec ces arbalétriers aux points d'application de deux des pannes de chaque côté : des liens rendent l'entrail et l'une des branches de la croix de Saint-André solidaires de l'arbalétrier pour la pression des deux autres. Des moises formant poinçon embrassent à leur jonction les deux branches de la croix de Saint-André et les arbalétriers, puis elles s'assemblent dans le faitage pour le supporter.

La longueur de l'entrail n'a pas permis de le faire d'un seul morceau ; il est composé de deux parties juxtaposées, dont le joint est dans l'axe du comble ; une pièce inférieure, de petite dimension, s'assemble à crans avec les deux parties de l'entrail pour en maintenir la juxtaposition, qui d'ailleurs est assurée par quatre boulons qui traversent deux bandes de fer, dont l'une est sur l'entrail, l'autre sous la pièce de raccord.

Une tringle en fer descend du poinçon pour soulager l'entrail au milieu de sa portée ; elle est attachée à ce poinçon par le boulon inférieur de ses brides, qui passe dans l'anneau qui la termine, et qui est maintenu au milieu de l'intervalle des moises par deux rondelles qui achèvent de le remplir. Cette tringle remplace les moises, et a sur elles l'avantage de moins charger les arbalétriers.

Outre le soulagement de l'entrail dans son milieu, des moises sus-

pendues sur les arbalétriers et les branches de la croix de Saint-André subdivisent encore sa portée en parties égales; ce qui a permis de le faire d'un faible équarrissage, et par suite diminué le poids de la charpente.

Enfin, un cours de moises horizontales embrasse les poinçons des fermes, les maintient à leurs distances respectives en même temps qu'il les empêche de dévier de leur position verticale.

La fig. 2 est la projection d'un pan du comble sur le plan AB; la fig. 3 est la projection de l'autre pan sur le plan CD; la fig. 4 est une coupe par le plan EF.

La fig. 5 présente le plan du dessus d'un joint des sablières des colonnettes prêt à recevoir les deux parties de l'entrait indiquées dans la même figure; la fig. 6 est une coupe de cet assemblage sur la ligne GH; au-dessus, les deux parties de l'entrait sont vues sur une de leurs faces verticales et rapprochées l'une de l'autre comme dans leur assemblage sur la sablière; la fig. 7 représente les deux bandes de fer supérieures qui relient entre elles les parties de l'entrait; la fig. 8 représente celles inférieures qui relient entre elles les travées des sablières.

*Comble de la grande salle de l'hôpital du Christ à Londres.*

Pl. 32. Ce comble est composé de fermes principales, écartées l'une de l'autre de 5<sup>m</sup>18 d'axe en axe et de fermes intermédiaires. La fig. 1 de la planche LII représente la moitié d'une ferme principale. On voit que les entrails de ces fermes sont reçus à leurs extrémités dans des semelles de fonte qui les mettent à l'abri de l'humidité qui sort des constructions en briques et en pierre avec lesquelles ils sont en contact.

La fig. 2 représente la moitié de la ferme intermédiaire, dont les arbalétriers sont portés par de petites fermes longitudinales, qui relient celles principales et qui sont désignées par les lettres A, B, C.

Il est à remarquer que les arbalétriers de ces deux fermes sont à leur pied d'un équarrissage plus fort qu'à leur partie supérieure. Cette disposition offre plusieurs avantages: d'abord celui de présenter plus de résistance là où l'effort est plus considérable; en second lieu, puisque les arbres vont en diminuant de grosseur de leur base à leur

sommet, le déchet résultant de l'équarrissage est diminué, et la force de la pièce mise en œuvre est plus grande, en ce que cette opération laisse les fibres intactes; ce qui n'a pas lieu dans l'équarrissage ordinaire.

La fig. 3 est un fragment de coupe longitudinale sur l'axe du bâtiment.

Les fig. 4 et 5 sont les deux petites fermes longitudinales qui divisent la portée des arbalétriers de celles intermédiaires, comme on le voit dans les dessins; on s'est réservé les moyens de serrer les liens des assemblages, afin de maintenir la charpente au degré de rigidité convenable.

Par la disposition longitudinale des chevrons, les planches ont une direction transversale, en sorte que le ressaut des joints ne peut s'opposer à l'écoulement des eaux sur le plomb de la couverture.

*Comble du hangar d'attente de la station du pont de Londres,  
chemin de fer de Croydon.*

La fig. 1, pl. LIII, est une projection verticale de la ferme de ce comble. Pl. 53.

La fig. 2 est une coupe longitudinale du comble suivant l'axe du bâtiment.

La fig. 3 est une projection sur un plan parallèle à celui des fermes de la boîte de fonte qui reçoit les arbalétriers et le faitage.

La fig. 4 est une autre projection de cette même boîte sur un plan perpendiculaire au précédent, et la fig. 5 en est une coupe suivant les axes des arbalétriers.

Enfin, la fig. 6 est un détail de la couverture en zinc et du bourrelet formant recouvrement et disposé de manière à laisser libres les feuilles de métal, afin que les mouvements occasionnés par les variations de la température auxquels elle est sujette puissent s'opérer sans obstacle.

*Ferme du comble des forges de Rosières.*

Cette construction est, comme l'une des précédentes, par M. A. Ferry, qui dans celle-ci a remplacé l'entrait par une tringle en fer forgé, soulagée dans son milieu par une autre tringle verticale très-fine, et attachée au poinçon, ainsi qu'on le voit par la fig. 1, planche LIV. Pl. 54.

On conçoit que l'entrait, n'ayant qu'à s'opposer à la traction que la poussée des arbalétriers exerce sur lui, puisse être remplacé par une tringle en fer forgé, puisque toute la force du fer consiste à résister à cet effort; on conçoit en même temps tout l'avantage de cette substitution sous le rapport du poids du comble, qui par elle est considérablement diminué; d'ailleurs cette disposition donne à la charpente un agréable aspect de légèreté, que l'entrait en bois qui couperait le vide de la halle ferait disparaître.

On remarque que les contre-fiches basses, qui forment, avec les sous-arbalétriers et celles qui s'assemblent dans le poinçon, une portion de polygone régulier, sont reçues à leurs extrémités inférieures dans des boîtes en fonte; celles des colonnettes sont fondues avec elles; les autres sont scellées dans les murs.

La fig. 2 est un fragment de coupe longitudinale montrant les croix de Saint-André qui maintiennent les fermes dans leur position verticale.

La fig. 3 est le détail au double de ceux donnés dans la même planche, de l'assemblage de la tringle horizontale sur la moise blochet et celui de l'écrou qui sert à la fixer et à lui donner le degré de tension convenable. L'extrémité de cet écrou est un prisme hexagone, ainsi qu'une petite partie de la tringle: c'est sur ces deux prismes qu'on applique deux clefs, dont l'une sert à faire marcher l'écrou, et l'autre à empêcher le tirant de tourner.

#### *Ferme du comble des docks de Liverpool.*

Dans cette ferme, représentée par la fig. 4, l'entrait est remplacé par deux tirants inclinés, fixés d'une part aux sabots de fonte qui reçoivent le pied des arbalétriers, et de l'autre à l'extrémité de la tige de suspension qui forme poinçon pour soulager le faux entrait qui sert à maintenir la rigidité des arbalétriers. Ces derniers s'assemblent à leur partie supérieure, ainsi que le faîtage, dans une boîte en fonte dont le détail est donné fig. 7.

Les fig. 5 et 6 représentent le profil et la face des sabots portés sur les sablières.

*Fermes des combles de la remise de voitures d'une gare de chemin de fer, à Londres, et un d'atelier à Liverpool.*

Dans les fermes des combles fig. 8 et 11, le premier couvrant la remise de voitures d'une gare de chemin de fer à Londres, et le second un atelier à Liverpool, les arbalétriers se terminent à l'extrémité des faux entrants, et sont soulagés dans leur milieu par des contre-fiches qui en reportent le poids sur l'entrant au point où il se trouve soulagé lui-même par les tiges de suspension en fer forgé qui remplacent le poinçon dont la disposition des fermes a amené la suppression.

On voit que dans ces exemples comme dans le précédent l'action des pièces de bois les unes sur les autres est atténuée par des boîtes de fonte interposées à leurs points de jonction ; ces boîtes ont pour effet d'empêcher les fibres des bois de se pénétrer sous les charges qu'elles ont à supporter, et par conséquent d'assurer aux charpentes plus de solidité et plus de durée, en étant un obstacle aux variations qui résultent de l'inconvénient signalé.

Les fig. 9 et 10, 12 et 13 sont des détails des assemblages dans la composition desquels ces boîtes en fonte sont employées.

*Comble de la nouvelle halle de laminage de l'usine des ponts établie aux fonderies de Romilly sur Andelle (département de l'Eure), en 1837, par M. A. Ferry, suivant le système de M. Émy.*

Ce système, dans lequel le fer joue un rôle important, consiste non-seulement dans la substitution à l'entrant de tirants en fer, comme on l'a vu dans quelques exemples précédents, mais encore, et c'est en cela qu'il offre de la nouveauté, dans l'application du fer au maintien de toute la charpente.

Les intéressants détails dont se compose la pl. LV ont été extraits du *Traité de l'art de la charpenterie*, par M. Émy, auteur du système dont nous allons faire une description succincte. Pl. 55.

La fig. 1 est la projection d'une des fermes de la halle sur un plan perpendiculaire à son axe longitudinal.

Les trois rangs de doubles tringles parallèles A, A', A'', de 0<sup>m</sup> 019 de diamètre, qui rattachent de chaque côté l'arbalétrier au poinçon et

s'opposent à l'écartement, se combinent avec d'autres, aussi doubles, d'un diamètre égal, et parallèles entre elles, B, B', B'', pour former à leurs jonctions des points de résistance aux contre-fiches assemblées dans les arbalétriers au-dessous du point d'application des pannes, et fixées par leurs extrémités au sommet des angles formés par les tringles, qui sont divisés en deux parties égales par ces contre-fiches.

Ainsi, ce double système de tringles s'oppose à la fois à la poussée et à la flexion des arbalétriers.

Le comble dont il s'agit se compose de sept fermes qui divisent en huit travées égales la longueur du bâtiment, qui est de 25 mètres dans œuvre.

Avant l'exécution, une ferme d'épreuve fut construite et levée; un plateau fut suspendu au poinçon ainsi qu'à chacun des points des arbalétriers auxquels la charge du toit devait être transmise par le moyen des pannes; l'ensemble des poids égaux dont on avait chargé les plateaux formait un poids total de 4,500 kilogrammes, et excédait de beaucoup celui de la partie de couverture que chaque ferme devait avoir à supporter. Après plusieurs jours d'épreuve la ferme ne s'était étendue que de 0<sup>m</sup>012, malgré cette surcharge considérable, et aussitôt qu'elle en fut soulagée, elle reprit son ouverture première, que le poids de la couverture n'a pas fait varier, puisque l'ouvrage terminé, l'on ne s'est aperçu d'aucun mouvement dans la charpente.

La fig. 2 de la même planche est une coupe longitudinale du comble dans l'axe du bâtiment; elle montre les croix de Saint-André en fer de 0<sup>m</sup>01 de diamètre qui maintiennent la stabilité du comble, et qui en même temps soulagent dans leurs milieux les faitages, au moyen de petits poinçons intermédiaires.

La fig. 3 est un détail, qui est, comme les suivants, à une échelle triple de celle de l'ensemble; il représente l'assemblage des arbalétriers dans le poinçon et l'attache des tringles A''.

La fig. 4 est une coupe de ce détail par le plan *ab*.

La fig. 5 fait voir comment les tringles sont fixées sur l'arbalétrier; la fig. 6 est le dessus de l'arbalétrier; la fig. 7 en est la coupe suivant *cd*.

La fig. 8 montre la face et le profil de l'attache des tringles avec le pied des arbalétriers.

La face et le profil de l'extrémité de ces mêmes tringles sont représentés par la fig. 9.

Enfin, la fig. 10 montre par deux projections la disposition d'une tringle à son point de croisement.

Toute la solidité de ce système reposant sur les tringles en fer, il fallait trouver un moyen de prévenir les inconvénients graves qui résulteraient d'une rupture qui pourrait être occasionnée par un défaut dans le fer; c'est ce qui a été prévu dans l'exemple ci-dessus. En effet, au lieu d'employer des fers simples, chaque tringle est double et s'applique sur les deux faces de parement des bois; en sorte que si l'une d'elles venait à manquer, l'autre pourrait y suppléer momentanément et le remplacement s'opérer sans difficulté.

Comparé aux charpentes ordinaires en bois, ce système a pour avantages :

- 1° De débarrasser les combles du tirant en bois, et par conséquent d'augmenter la hauteur dont on peut disposer dans les ateliers;
- 2° De diminuer de 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.

#### *Comble de la rotonde des panoramas.*

La raison d'économie jointe à la nécessité de bien éclairer le tableau appliqué sur la face intérieure du mur de la rotonde, sans qu'aucun objet puisse projeter son ombre sur la peinture, a déterminé M. Hittorf à donner au comble de cette rotonde une forme conique et à éviter les entrants, ainsi que tout appui intermédiaire qu'une portée de 40 mètres réclamait comme indispensable; il a en conséquence imaginé d'y suppléer en faisant porter le comble sur des câbles en fil de fer attachés sur des contre-forts solides. Le système de suspension adopté a de l'analogie avec celui précédemment suivi dans la construction du pont de Brie-sur-Marne, où les chaînes de suspension ont aussi pour appui des bielles en fonte, mobiles sur leurs bases.

Nous devons à l'obligeance de l'auteur de cette ingénieuse combinaison les détails que nous en donnons dans notre planche LVI.

Pl. 56.

La fig. 1 est la projection verticale d'une des fermes, au nombre de douze, du comble couvrant la rotonde, dont la fig. 2 est le plan primitif au dixième de l'échelle de la ferme.

On voit en A la coupe de la zone vitrée qui règne tout autour et répand une vive lumière sur le panorama.

La fig. 3 est un plan de détail de l'attache des câbles sur l'anneau central. Cet anneau se compose de deux cercles doubles, entre lesquels passent les extrémités des câbles montées sur leurs croupières retenues par des coussinets et des coins.

La fig. 4 est une coupe de cet anneau par un plan vertical passant par son centre.

La fig. 5 est le profil d'une des bielles en fonte qui reportent le poids de la charpente verticalement sur le mur. La fig. 6 en est la face. Les fig. 7 et 8 en sont des coupes sur *ab* et sur *cd*.

On voit dans les fig. 9 et 10 le profil et la face du pied des poinçons et de leurs sabots en fonte.

C'est au moyen de ces poinçons que le poids de la charpente est transmis aux câbles en fil de fer.

La fig. 11 est la coupe d'un des contre-forts primitivement projetés par M. Hittorf, mais qu'il s'est vu contraint de modifier malgré la préférence qu'il a pour ce système, dans lequel le câble partait du sommet des contre-forts, et s'étendait sans interruption jusqu'à l'anneau central.

#### EXEMPLES DE CHARPENTES APPARENTES FORMANT DÉCORATION.

Nous avons pensé qu'après avoir présenté la charpente sous le rapport de la construction, en faisant abstraction de la forme pour ne considérer que la solidité, il ne serait peut-être pas sans quelque intérêt d'indiquer comment elle peut, tout en répondant rigoureusement au besoin matériel par la force et la simplicité, satisfaire en même temps aux exigences du goût, qui ne devraient jamais être méconnues.

C'est pourquoi, trouvant réunies dans les exemples qui vont suivre ces qualités qu'on a, malheureusement pour l'art, trop souvent regardées comme distinctes, nous n'avons cru pouvoir mieux faire, pour remplir le but que nous nous sommes proposé, que de profiter de l'obligeance de MM. Hittorf et Gilbert aîné, architectes, pour extraire des dessins

qu'ils ont bien voulu mettre à notre disposition les trois planches suivantes.

La première de ces planches renferme les détails de la charpente du comble du Cirque national aux Champs-Élysées, projeté par M. Hittofet exécuté sous sa direction.

Les deux dernières se composent des détails de deux combles des nouveaux bâtiments de la maison royale de Charenton, dont M. Gilbert est l'architecte : l'un, le comble de la chapelle ; l'autre, celui des bâtiments qui séparent les préaux des convalescents de celui de la chapelle.

*Comble du cirque des Champs-Élysées.*

La fig. 1 de la pl. LVII représente la moitié d'une des huit fermes Pl. 57. qui couvrent ce cirque, dont le plan est donné dans la fig. 2, dans laquelle l'emplacement des fermes est indiqué en lignes ponctuées. Ce plan est au dixième de l'échelle de la fig. 1.

Cette ferme se compose, comme pièces principales, d'un arbalétrier, fortifié dans sa moitié inférieure par un sous-arbalétrier qui se termine à un faux entrain.

Le trait le plus caractéristique de cette charpente consiste dans l'absence de l'entrain malgré la portée considérable de ses arbalétriers.

L'avantage qui résulte de l'absence de cette pièce inférieure est assez évident pour que toute explication devienne inutile, puisqu'il équivaut, pour ainsi dire, à celui qu'on obtiendrait par la suppression d'un plancher. La seule observation qui puisse être de quelque utilité, c'est que cet avantage est obtenu sans que les murs aient à souffrir de la poussée. En effet, la disposition polygonale a cela de favorable, que les angles de la sablière qui sont les points où reposent les pieds des fermes sont reliés entre eux par des lignes droites égales entre elles, et que par conséquent les efforts égaux qui s'exercent sur ces points se font mutuellement équilibre, en sorte qu'il suffit d'assurer l'union des diverses parties de la sablière par des liens en fer, de manière à en former un anneau indivisible qui remplace les tirants sans le moindre inconvénient pour la solidité.

La fig. 3 représente en plan et en élévation un des pans de la partie *a* fig. 1.

La fig. 4 est le plan et l'élévation de la partie *b* fig. 1, et la fig. 5 est

une coupe de la partie inférieure de cette face suivant la diagonale du polygone.

Les autres figures marquées de lettres sont des détails de divers assemblages marqués des mêmes lettres sur les figures d'ensemble.

*Comble de la chapelle de la maison royale de Charenton.*

Pl. 58. La fig. 1 de la pl. LVIII est une coupe transversale sur le comble de la chapelle avec projection de la ferme de ce comble; la fig. 2 en est la coupe longitudinale suivant l'axe; la fig. 3 est la projection de la face interne d'un pan de ce comble sur un plan parallèle à son inclinaison.

La fig. 4 montre sur une plus grande échelle l'assemblage des chevrons avec le faitage.

La fig. 5 fait voir le poinçon et ses divers modes d'assemblage avec le faitage, les arbalétriers et le faux entrait.

La fig. 6 est l'assemblage des chevrons avec les pannes.

La fig. 7 est l'assemblage du faux poinçon avec les sous-arbalétriers, le faux entrait et l'arbalétrier; la fig. 8 montre l'assemblage des chevrons avec les traverses formant caissons.

*Comble des bâtiments qui séparent les préaux des convalescents de celui de la chapelle.*

La couverture de ces bâtiments est soutenue par de simples chevrons portant à leur partie supérieure sur un faitage et à celle inférieure sur l'architrave du portique; ils sont soulagés vers le milieu par les murs du fond des portiques, comme on le voit par la fig. 1 de la pl. LIX, qui est une coupe transversale sur ces bâtiments.

Pl. 59. La fig. 2 est une coupe suivant la longueur des galeries du rez-de-chaussée.

La fig. 3 est un plan de la noue; la fig. 4 est la projection sur un plan parallèle à sa direction de la pièce de noue; la fig. 5 est la projection de la noue sur un plan perpendiculaire à sa direction; la fig. 6 en est la coupe suivant la ligne brisée *a b* fig. 3.

La fig. 7 est un détail faisant voir l'ajustement de l'architrave, des consoles et des chevrons qu'elles supportent, ainsi que celui des mé-

topes avec les piles en briques qui les divisent ; au-dessous est un plan de la colonne, de son chapiteau et du soffite de l'architrave.

La fig. 8 est un détail de l'assemblage des consoles avec l'architrave au moyen de simples clous d'épingle.

La fig. 9 est un détail du joint de raccord des chevrons refaits avec les chevrons bruts, et du plancher de sapin avec le voligeage en peuplier ; c'est-à-dire de la partie apparente avec la partie cachée.

La fig. 10 représente en plan et en élévation l'assemblage d'angle de l'architrave B fig. 3 ; ce même assemblage est détaillé dans les fig. 11 et 12, dont la première présente l'assemblage des deux parties de la moitié de l'architrave du côté des préaux, et la seconde celui des deux moitiés du côté du portique.

La fig. 13 est l'élévation d'un joint d'architrave ; la fig. 14 en est une coupe par un plan horizontal passant par l'axe du boulon d'assemblage ; ce même assemblage est encore représenté en perspective dans la fig. 15. (*Lire Rondelet, tome III, page 144.*)

#### DES ÉCHAFAUDS MOBILES.

(*Voir Rondelet, tome III, page 158.*)

#### *Échafaud tournant de la coupole du Panthéon, à Rome.*

De tous les échafauds tournants, celui qui servit en 1756 à la restauration intérieure de la coupole du Panthéon, à Rome, est sans contredit le plus beau. Rondelet en parle à l'article *Échafauds volants*, tome III, page 161 ; mais il s'est dispensé d'en faire un dessin, se contentant de renvoyer à la vue perspective qui se trouve dans la seconde partie de l'œuvre de François Piranési, sur les temples antiques de Rome.

L'ingénieuse combinaison de cet échafaud nous a paru suffisamment motiver les détails que nous en donnons pl. LX, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, pour suppléer à cette lacune. Pl. 60.

La fig. 1 est le profil de cet échafaud, qui se compose de deux fermes, formées chacune de deux arcs excentriques qui se joignent à leurs extrémités et vont s'écartant l'un de l'autre vers leur milieu ; ces arcs sont reliés par de petites pièces sur lesquelles se rattachent de deux en deux des tringles de fer formant des croix de Saint-André, dont les

branches sont fixées sur les faces de parement des arcs, l'une à l'extérieur, l'autre à l'intérieur.

La partie supérieure de l'échafaud est traversée par un axe vertical maintenu par une enrayure établie dans la lanterne de la coupole; la fig. 2 explique cette disposition par une projection de l'échafaud sur le plan  $a b$  fig. 1; la fig. 3 est une coupe sur la ligne  $c d$  de l'axe et des chantignolles qui supportent la rondelle formant arrêt; la fig. 4 est une projection sur  $a b$  de la partie inférieure de l'enrayure, dont la fig. 5 est le plan général, et la fig. 6 la coupe par un plan perpendiculaire à celui sur lequel la fig. 1 est projetée.

On voit, d'après ce qui précède, que la révolution de l'échafaud peut s'opérer sans obstacle autour de l'axe, au moyen des roulettes établies dans le pied des arcs et portant sur la corniche de l'attique. La fig. 7 est le plan du pied de ces arcs.

La fig. 8 est la face de l'échafaud. On voit dans cette projection les liernes qui maintiennent l'écartement des fermes et les tringles de fer qui, ayant le même objet, servent en même temps de garde-corps pour les ouvriers, aux divers étages de planchers établis sur les liernes de courbes intérieures et extérieures, situées deux à deux dans les mêmes plans horizontaux.

La fig. 9 est une coupe de l'échafaud par le plan  $e f$ , fig. 1.

#### *Échafaud tournant avec plancher mobile.*

Nous donnons, d'après l'ouvrage de M. Émy sur la charpenterie, les fig. 10, 11, 12 et celles 13 et 14 qui représentent deux systèmes d'échafauds mobiles qu'il a composés.

Celui dont la fig. 10 est une projection verticale se compose d'un poteau  $a$ , fig. 11, dont l'extrémité inférieure est armée d'un tourillon portant sur un pilier en bois, ou en maçonnerie, élevé momentanément au milieu de la rotonde; ce poteau, qui sert de pivot à l'échafaud, se termine au-dessus du plancher  $b$ , tandis que deux autres poteaux  $c$ , qui, comme le premier, sont saisis par deux moises  $d$  et  $e$ , fig. 10, s'élèvent vers le sommet de la coupole. Un châssis formé de deux solives, reliées entre elles par une entretoise et une croix de Saint-André, repose, d'une part sur la moise supérieure, de l'autre sur la pièce courbe  $f$ , pourvue de deux roulettes portant sur la corniche et à l'aide

desquelles on peut faire tourner l'échafaud tout autour de la coupole. L'une des pièces de la moise *e*, aussi pourvue de roulettes à ses extrémités, qui s'étendent de chaque côté jusque sur la corniche, s'oppose au déversement.

Deux arcs, *g*, partant des solives du châssis, vont s'assembler au sommet des montants *c*; ils portent chacun une rainure qui forme la voie du galet correspondant du plancher mobile *h*, fig. 10. Ce plancher, destiné à recevoir les ouvriers, est établi sur deux triangles qui s'assemblent à charnière par leurs angles inférieurs avec deux bielles *i* assemblées de la même manière avec l'une des pièces de la moise inférieure qui est leur axe de rotation; le mouvement leur est donné au moyen d'un treuil *k* et de deux cordages *l* passant sur les poulies *m*. La disposition est telle que dans ce mouvement le plancher reste toujours horizontal; lorsqu'il est arrivé à la hauteur convenable, on le fixe à l'aide de chevilles de fer placées dans les trous des arcs, à hauteurs égales et sur lesquelles s'arrêtent les bielles *i*.

La fig. 12 est un plancher mobile.

*Échafaud tournant, mobile sur parallélogramme.*

Cet échafaud, plus simple que le précédent vu la possibilité de trouver un point fixe au sommet de la voûte sans y causer aucun dommage, est représenté en élévation fig. 13; il se compose d'un mât *a* fixé suivant l'axe de la rotonde, et d'un plancher *b* établi autour de ce mât à hauteur de la naissance de la voûte. Sur ce plancher s'assemblent, à charnière, deux châssis, dont la fig. 14 est un plan et qui supportent, à l'aide du même ajustement, le plancher des ouvriers *d*. On fait mouvoir ce plancher à l'aide d'un cordage passé sur la poulie *e*; ce cordage est ensuite amarré au mât, qui, comme dans l'exemple précédent, tourne sur un tourillon en fer. (*Lire Rondelet, tome III, page 162.*)

MENUISERIE.

(*Voir Rondelet, tome III, p. 199.*)

L'extension donnée à ce chapitre par notre auteur pouvait nous dispenser d'y rien ajouter; cependant, lui-même ayant donné quelques

meubles, nous avons cru pouvoir en reproduire aussi quelques-uns qui sont assez ingénieusement combinés, et qui, pour la plupart, s'emploient dans les bibliothèques et servent quelquefois en même temps à divers usages; nous avons aussi reproduit quelques devantures de boutique exécutées à Paris, qui nous ont paru présenter quelque intérêt.

Pl. 61. La fig. 1 de la planche LXI donne en A, B, C, le plan, l'élévation antérieure, et la coupe suivant l'axe, d'une échelle de bibliothèque publique, dont le modèle existe à celle du dépôt d'artillerie.

La fig. 2 reproduit en A et en B le plan et l'élévation d'une échelle, roulante, destinée au même usage que la précédente.

Les mêmes projections représentent dans la fig. 3 une autre échelle, qui se replie dans un coffre servant de bureau; le mécanisme en est assez simple; l'échelle *a* et la barre d'appui *b* développées s'appuient sur le dessus du coffre relevé *c*, et l'une et l'autre se replient au moyen de charnières *d*, rentrent dans le coffre, au fond duquel elles sont poussées au moyen de la coulisse *e*, puis le couvercle reprend sa position primitive *f*.

Les fig. 4 et 5 représentent des sièges à échelle; A en est le plan, B en est l'élévation avec le siège; C en est une autre élévation avec le siège relevé et l'échelle placée. Le mouvement s'opère comme on le voit par la partie ponctuée *a* fig. 5. Lorsque la partie supérieure en est rabattue, comme on le voit ponctué en *b* fig. 4, le tout glisse au moyen de roulettes jusqu'au dessous du siège. C'est en exerçant une pression sur le bouton *d* fig. 5 qu'on fait sortir l'échelle de dessous le siège pour la développer.

La fig. 6 est une autre échelle, avec pupitre dont la partie supérieure se replie sur celle inférieure; puis, en cet état, elle entre dans le coffre: on l'en retire au moyen d'un bouton, comme on l'a vu dans l'exemple précédent. La fig. 7, qui représente un autre meuble à échelle, offre beaucoup d'analogie avec le précédent; le dessus forme table et peut servir à déposer momentanément les livres.

La fig. 8 est le plan d'une extrémité d'un râtelier d'armes, double ou simple à volonté; la fig. 9 en est une coupe transversale.

La fig. 10 est l'élévation d'une guérite, dont la fig. 11 est un plan pris dans la hauteur et la fig. 12 le plan supérieur.

Cette guérite peut être ouverte d'un côté quelconque, chacune de ses

cloisons étant mobile et pouvant, comme on le voit par la fig. 11, tourner autour du montant pour s'appliquer indistinctement, soit sur une surface, soit sur l'autre.

La fig. 1 de la pl. LXII est l'élévation de la boutique de la parfumerie Pivert; M. Ménageot en a été l'architecte; la fig. 2 est le détail d'une des deux colonnettes de la devanture; et la fig. 3 est le profil de l'un des deux supports qui séparent la boutique de l'arrière-boutique. Pl. 62.

La fig. 4 est le plan de la boutique Lubin, dont M. Arveuf a été l'architecte; la fig. 5 en est l'élévation; la fig. 6 est le détail du couronnement des pilastres avec le profil des compartiments.

La fig. 8 est l'élévation d'une boutique de la rue Neuve-Vivienne. (*Lire Rondelet, tome III, page 279.*)

---

## SERRURERIE.

### DES PLANCHERS ET DES VOUTES EN FER.

(*Voir Rondelet, tome III, page 312.*)

#### *De l'emploi des poteries.*

Les constructions en poteries, dont les ouvrages des anciens nous ont transmis des exemples, paraissent maintenant, après un long oubli, appelées à prendre la place que leurs qualités leur assignent dans les constructions usuelles. En effet, les expériences faites ont prouvé que sous le rapport de la solidité les poteries donnaient de bons résultats; d'ailleurs, appliquées à la structure des voûtes ne présentent-elles pas évidemment une légèreté qui peut dans certains cas les faire préférer à d'autres matériaux? et n'ont-elles pas employées conjointement avec le fer, soit à la construction des planchers, soit de toute autre manière en remplacement du bois, l'immense avantage d'être incombustibles? Outre cette précieuse qualité, elles offrent encore des garanties de durée qui ne se rencontrent point dans le bois, que le manque d'air, la chaleur et l'humidité détruisent promptement.

Considérées dans leur application à la construction des planchers, elles divisent mieux les étages en interceptant la communication des sons plus que ne le font les matériaux qui constituent les planchers ordinaires.

Quant aux formes et dimensions de ces poteries, elles varient suivant les applications qu'on en fait; ainsi, considérées comme éléments de voûte, elles peuvent être simplement coniques, ou bien coniques seulement en partie, et se raccorder avec une base carrée, ou de toute autre forme; si elles doivent entrer dans la composition d'un mur, elles sont cylindriques, etc.

Comme les briques et les autres matériaux en terre cuite, les poteries sont formées de terre glaise pétrie et purifiée, que l'on réduit en pâte molle pour la mélanger avec de la terre de carrière, afin qu'elle prenne plus de consistance à la cuisson. Lorsque le mélange est complet, on modèle chaque pièce au moyen du tour, et lorsque après avoir été disposées convenablement dans les chambres chaudes elles se sont débarrassées d'une assez grande partie de leur humidité, elles sont mises au four, où la cuisson s'opère graduellement. Avant la mise au four, chacune des deux bases est percée, à son centre, d'un trou d'environ 0<sup>m</sup>01; on en pratique un semblable vers le milieu de la hauteur de leur surface latérale, afin d'éviter les ruptures qui résulteraient de la dilatation de l'air contenu dans la cavité de chacune de ces briques. Une des conditions de leur bonne liaison au moyen du plâtre ou de tout autre ciment dépend de leur surface: on a donc été amené à les canneler à leur pourtour et sur les bases, ce qui s'obtient au moyen d'un instrument assez semblable par sa dentelure à une scie. Cet instrument s'applique sur la pâte mise en mouvement au moyen du tour; il en résulte une ceinture de canaux annulaires au moyen desquels s'opère la liaison par le plâtre ou ciment.

D'après l'énumération succincte qui vient d'être faite des qualités des poteries, l'on conçoit aisément quelles applications peuvent en être les plus avantageuses; les voûtes, les planchers fourniront de bons exemples de leur emploi: elles peuvent même, dans ce dernier cas, n'être employées que partiellement, et donner de bons résultats sous le rapport de la sécurité en les substituant aux bandes de trémies, et en les utilisant comme remplissages pour isoler les bois des planchers des tuyaux de cheminée qui les traversent. Enfin, l'on tirera parti de tous les avantages des poteries, tant sous le rapport de la sécurité que sous celui de l'économie, en employant à propos le fer et la poterie à l'exclusion du bois, et ces avantages seront d'autant plus évidents que les circonstances seront plus défavorables à l'emploi du bois; ainsi,

pour un plancher devant former terrasse, les poteries, n'ayant rien à redouter ni de l'humidité ni de la chaleur, auront un avantage incontestable sur le bois, qui ne résiste que peu de temps à leur influence.

Sans énumérer ici tous les cas où ce mode de construction est susceptible d'être appliqué, nous nous bornerons à dire qu'on en a construit des cloisons, des combles, etc.

Nous donnons, d'après l'intéressant ouvrage de M. Eck sur les constructions en fer et poteries, les quelques exemples contenus dans les planches XXV, LXIII, LXIV.

La fig. 1, pl. LXIII, est une coupe transversale sur les celliers aux eaux-de-vie de l'Entrepôt général des vins à Paris. Ces celliers sont voûtés en plein cintre, et les voûtes sont formées de poteries creuses reposant sur des sommiers en briques. Cette construction est de M. Gauché, architecte; elle a été exécutée sous sa direction par M. Parfait.

Pl. 63.

Il n'existe de fer dans ces voûtes que ce qui est nécessaire pour former et maintenir les jours qui sont pratiqués à la clef de distance en distance.

La fig. 2 est un plan qui fait voir comment on peut isoler des cheminées de la charpente des planchers, et éviter par là les chances d'incendies qui peuvent être occasionnés par le contact du bois et du fer.

La fig. 3 est un plan de plancher que M. Gréban, capitaine du génie, a imaginé comme devant diminuer de beaucoup la quantité du fer employé habituellement et nécessairement dans la construction des planchers en poteries établis suivant la méthode ordinaire.

Cette innovation consiste à substituer aux planchers proprement dits des voûtes d'une flèche à peu près égale au vingtième de leur portée, et à limiter le rôle du fer à maintenir leur écartement, et à agir par conséquent dans le sens de sa plus grande force, qui est la résistance à la traction.

Ainsi qu'on le voit par ce plan, de doubles tirants en fer, arrêtés par des ancrs placées sur la face externe des murs, divisent la longueur de l'espace en parties alternativement grandes et petites, ces dernières formant en quelque sorte des arcs-doubleaux sans saillie dans la voûte, et dont la tendance à l'écartement est directement neutralisée par les tirants entre lesquels ils se trouvent compris. Quant aux intervalles de grande dimension, les parties de voûte cylindrique qui les

occupent prennent naissance sur des arcs horizontaux en fer aboutissant aux tirants ; le premier rang de poteries posé suivant cette courbe, le reste de la voûte est successivement formé, de part et d'autre, d'arcs semblables, de sorte que la poussée de cette partie de la voûte agit sur les tirants aux points de naissance des arcs horizontaux, et que les tirants ont effectivement à résister à la poussée totale.

C'est pour résister à la pression exercée contre les tirants par les arcs que des cales en fer sont interposées entre les deux branches de ces tirants.

La fig. 4 est une coupe transversale de ce plancher.

La fig. 5 est un plan d'une des extrémités des tirants à une échelle double.

*Poutrelles en tôle des planchers du palais impérial  
de Saint-Pétersbourg.*

Lors de la restauration du palais impérial de Saint-Pétersbourg, on s'est servi, dans la construction des planchers, de poutrelles en tôle de 12 à 16 mètres de longueur. Cette innovation apportée dans la composition des planchers incombustibles paraît devoir donner de bons résultats au double point de vue de la solidité et de l'économie.

La combinaison de ces poutrelles nous paraissant propre à atteindre le but qu'on se propose, nous en avons donné quelques détails ; on voit par la coupe fig. 6, faite suivant AB, fig. 7, que ces poutrelles sont formées de feuilles de tôle et que leur section présente deux arcs de cercle en contact par leurs extrémités. Ces arcs, n'étant qu'une faible partie de la circonférence, forment par leur réunion une sorte de tube dont l'épaisseur verticale est comparativement considérable, en sorte qu'ils sont capables d'une grande résistance à la pression ; leur largeur horizontale est d'ailleurs assez forte pour qu'on n'ait rien à craindre des efforts latéraux, qui dans un plancher ne sont que peu sensibles.

Des fers en croix, placés suivant les axes de la section transversale de ces tubes, servent à en maintenir la forme, et sont fixés sur la tôle au moyen de rivets en fer.

Sur l'arête supérieure de chaque poutrelle, et dans toute sa longueur, est fixé un taquet à double oreillon, destiné à recevoir les entretoises en fer, supportant un tablier en madriers de sapin.

L'arête inférieure est aussi pourvue de deux petits taquets, mais

dont la forme diffère de celui de l'arête supérieure ; les entretoises que portent ces taquets reçoivent le planchéage qui forme plafond.

Sur ce plafond sont établis des remplissages en poteries qui ajoutent à la solidité en établissant la solidarité entre toutes les parties et en les maintenant dans leurs positions respectives.

Les poteries, ainsi que le planchéage supérieur, sont couvertes d'une couche de chaux qui a pour but de s'opposer au refroidissement des appartements.

Par la fig. 7 on voit que les portées de ces poutrelles sont encastrées dans des niches en fonte, et que les feuilles de tôle qui sont assemblées les unes aux autres au moyen de rivets sont au nombre de douze pour chaque côté du tube, qui, au lieu d'être droit, forme une légère courbe, et offre par là plus de résistance à la charge verticale.

La fig. 8 est le plan d'une travée de plancher ; deux poutrelles y sont indiquées avec le remplissage en poterie dont il a été question plus haut.

M. Eck termine l'article relatif à ces planchers en disant : « Telles « sont à la fois le peu de pesanteur et la résistance extrême de ce « genre tout nouveau de construction, qu'une semblable poutrelle « de 12 mètres de longueur pèse 400 kilogrammes, et supporte, sans la « moindre tendance à fléchir, un poids plus que décuple, c'est-à-dire « 4,000 kilogrammes, si ce n'est davantage. »

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

Les escaliers en fonte datent d'une époque assez récente, puisque c'est en 1827 que les premiers, dus à l'invention de M. Calla père, furent appliqués par M. Fontaine, architecte, à la galerie d'Orléans, au Palais-Royal ; ils offrent divers avantages importants, d'abord celui d'être incombustibles, sinon indestructibles par le feu, et d'être plus durables et plus légers que les escaliers en pierre, et plus solides que les escaliers en menuiserie, en même temps qu'ils peuvent être facilement décorés, et que l'on peut, lorsqu'ils sont construits autour d'un noyau formant colonne creuse, utiliser ce conduit comme tuyau de cheminée ou de calorifère ; c'est ce qui, du reste, a été fait par M. Fontaine à la galerie d'Orléans.

Une objection que l'on peut faire aux escaliers de ce genre tient à

la nature de la matière, qui, ayant à résister à des efforts dirigés transversalement, peut céder tout à coup sous un choc ou sous une charge trop considérable : aussi en a-t-on réservé l'emploi à des localités dans lesquelles ils ne se trouvent pas exposés à un service trop fatigant.

Il ne faudrait pas cependant conclure de là que la résistance de ces escaliers soit restreinte dans des limites trop courtes et qui puissent en faire redouter l'emploi, puisque l'escalier en fonte construit en 1829, par M. Abouy, entrepreneur, pour le service principal du théâtre du Palais-Royal, résiste depuis cette époque, sans avarie, à une charge mobile de 4,210 kil. qui se reproduit journellement à l'entrée et à la sortie des spectateurs, et cela sans qu'on ait eu recours à des moyens de construction extraordinaires; les marches, comme cela se fait habituellement, sont encastrées d'un bout dans le mur circulaire de la cage, et elles sont superposées comme des marches en pierre au moyen de crossettes; seulement trois boulons fixent ces crossettes l'une contre l'autre, en sorte que toutes les parties de l'escalier se prêtent un secours mutuel, et que l'escalier lui-même peut être considéré comme formé d'une seule pièce. Au reste, la simple inspection des fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, de la planche LXIV suffira pour faire comprendre cette disposition.

Pl. 64.

La fig. 1 fait voir la disposition de l'about des marches d'un escalier dont le plan est donné fig. 6; A est le joint des crossettes.

La fig. 2 est une coupe faite sur le milieu des marches, et développée; B sont les crossettes au moyen desquelles elles s'appuient l'une sur l'autre et se rattachent l'une à l'autre à l'aide de boulons; C est le profil des renforts qui consolident le giron des marches.

La fig. 3 est un détail, à une échelle quadruple de celle des figures précédentes, de l'assemblage des crossettes au moyen de boulons dont les têtes et les écrous sont noyés dans l'épaisseur de ces crossettes.

La fig. 4 est une coupe longitudinale d'une marche.

La fig. 5 en est le plan du dessous.

Dans ces deux figures les lettres correspondantes à celles des figures précédentes indiquent les mêmes parties vues dans des positions différentes.

Comme le frottement des pieds rendrait bientôt la surface des marches glissante et dangereuse, on la sillonne dans un sens opposé à la direction du passage, afin d'éviter les accidents qui pourraient résulter de son uniformité.

Une marche en fonte pour escalier ayant la dimension de celles dont il vient d'être question pèse 58<sup>kil.</sup> 80.

La fig. 6 indique la disposition de l'escalier détaillé dans les figures précédentes. Cet ensemble est à 0<sup>m</sup>01.

La fig. 7 est le plan d'un petit escalier en fonte dit anglais, à un seul étage; A en est le noyau creux, B sont les supports destinés à recevoir les barreaux de la rampe.

Cet escalier se compose de doubles marches portant limon égal à leur hauteur.

La fig. 8 est une coupe verticale sur un des tambours du limon, faisant voir la manière dont ils s'assemblent entre eux à l'aide de goupilles.

La fig. 9 est une élévation extérieure ou profil d'une des doubles marches de l'escalier, faisant voir l'assemblage de ces marches entre elles au moyen de trois boulons taraudés, ainsi que les trous destinés à recevoir les supports des barreaux de la rampe.

La fig. 10 est l'élévation d'une double marche avec son noyau.

On voit par la fig. 9 que la force de cet escalier réside principalement dans le noyau et dans les contre-marches A qui portent le giron B, qui ne pourrait résister sans leur soutien.

Malgré les avantages évidents que peut offrir la fonte dans son emploi à la formation des escaliers, il lui reste cependant cet inconvénient qu'elle peut être brisée par le feu ayant atteint un certain degré d'intensité, en sorte que, si elle ne contribue pas à augmenter les pertes en propageant l'incendie, elle y entre au moins pour sa propre valeur. C'est cette considération qui a amené M. Eck à la conception des escaliers en fer et poteries, qui aux avantages des escaliers en fonte joignent celui qu'ils ont sur eux d'être indestructibles par le feu.

Les expériences ayant démontré que les poteries employées à la construction des planchers offraient par la simple adhérence du plâtre une résistance considérable, ce qui est assez démontré par ce fait, dont M. Eck dit avoir été témoin, que des parties de plancher de cette nature, de quatre mètres carrés, ont résisté à une pression de 1,800 à 2,400 kil. On conçoit alors qu'appliquées à la formation des escaliers, les espaces qu'elles ont à remplir présentant peu de surface, puisqu'elle se réduit à celle du giron des marches, elles puissent donner de bons résultats. Nous avons réuni quelques exemples de diverses applications de ces

escaliers : le plus simple, représenté en plan par la fig. 11, est supposé construit entre deux murs; il se compose de barres de fer ou entretoises scellées dans les murs à leurs extrémités.

La coupe fig. 12 fera mieux comprendre la disposition de ces entretoises et le rôle qu'elles remplissent dans une construction de ce genre.

La fig. 13 est une perspective de deux marches de cet escalier, dont la fig. 14 est une élévation géométrale. Comme on le voit par ces figures, chaque marche est formée d'un massif en poterie qui occupe l'espace compris entre les murs et deux barres de fer consécutives situées dans un même plan horizontal.

Le massif formé à l'aide du plâtre par ces poteries, de forme pyramidale à leur partie supérieure et légèrement coniques dans tout le reste de leur hauteur, présente au contact des entretoises qui les supportent des surfaces latérales inclinées, en sorte que ces massifs, plus larges à leur partie supérieure qu'à celle inférieure, ne peuvent descendre entre les entretoises, pressées qu'elles sont d'ailleurs par le gonflement du plâtre.

On pourrait croire, à l'inspection de ces figures, que les marches superposées les unes aux autres doivent se prêter un secours mutuel, et en tirer cette conséquence, qu'elles ne sont pas par elles-mêmes capables de fournir la résistance nécessaire.

Il est vrai que le chevauchement ajoute à la force de l'escalier; mais cette addition ne peut être considérée que comme un surcroît de force, la marche pouvant résister par elle-même aussi longtemps que les fers pourront la maintenir.

Dans l'exemple suivant, l'escalier n'est plus scellé que dans un mur; il repose de l'autre côté sur un limon dont la forme doit être calculée sur la longueur des marches, la portée de l'escalier et la charge qu'il doit avoir à soutenir.

La fig. 15 est une perspective géométrale des fers d'un escalier de ce genre : la disposition s'y explique assez d'elle-même pour qu'il soit inutile de s'étendre sur ce sujet; il suffit de faire remarquer que les barres de fer ou traverses antérieures-supérieures des marches, de la stabilité desquelles on pourrait douter, sont reliées aux traverses postérieures-inférieures au moyen d'entretoises d'emmarchement A, qui dans un escalier de cette largeur servent aussi à maintenir l'écartement de ces deux parties, qui avec une telle portée pourraient céder à la pression exercée contre

elles par suite de l'augmentation du volume du plâtre formant les joints des poteries de remplissage et de la charge qui les solliciterait à descendre.

La fig. 16 est la coupe des marches de cet escalier portant son revêtement ; cette coupe ne présente aucune particularité, si ce n'est celle des entretoises d'embranchement qui relient les traverses d'encadrement des marches. Cette figure est à une échelle double de la précédente.

On peut remarquer dans cette coupe que les poteries qui forment le premier rang de chaque marche sont plus hautes que celles qui forment le second, et ainsi de suite.

Cette disposition est prise en vue d'un escalier dont le dessous serait plafonné, afin de diminuer l'épaisseur qui résulterait de l'égalité de ces poteries, que l'on fait de même hauteur lorsque le dessous ne doit point rester apparent.

La fig. 17 est le plan d'un quartier tournant d'escalier.

On voit que les poteries diminuent de diamètre à mesure que l'espace qui doit les contenir devient plus étroit, et qu'elles finissent même par être remplacées à l'extrémité par des briques pleines. Grâce à cette précaution, on peut opérer convenablement la liaison de toutes ces parties, ce qui n'aurait pas lieu si l'on employait des poteries de dimensions égales, puisque l'espace ne serait que très-inégalement rempli.

La fig. 18 complète les explications en faisant voir que les traverses de retenue des marches se rattachent par couples, comme il a été dit précédemment, et peuvent être maintenues dans leur écartement au moyen des mêmes tirants. (*Lire Rondelet, tome III, page 318.*)

#### DES COMBLES.

(*Voir Rondelet, tome III, p. 318.*)

#### *Comble de l'abattoir du marché à la volaille à Paris.*

Cet abattoir, de forme octogone, fut construit en 1835; M. Lahure en fut l'architecte. Le comble qui le couvre repose sur une chaîne en fer encastrée dans le couronnement des murs, par l'intermédiaire de vingt-quatre supports couverts d'enveloppes en fonte formant colonnettes surmontées de boules; il se compose de deux parties, le toit proprement dit et la lanterne vitrée, et n'a pas d'entrait, la forme

octogone permettant d'y suppléer, comme au reste on peut le faire dans tous les combles en pavillon sur un plan régulier, par des chaînes ou ceintures fermées, qui n'étant pas susceptibles de s'étendre, vu l'égalité des pressions qui s'exercent aux angles, maintiennent les arbalétriers, et mettent par conséquent les murs à l'abri de toute poussée. Un chaînage de cette nature est établi à la base et au sommet de la partie inférieure du toit du marché dont il s'agit, ainsi qu'à la partie supérieure des montants de la lanterne, en sorte que, grâce au peu de longueur des fers de ce comble, on a pu se dispenser de toute armature inférieure et trouver toute la force de stabilité nécessaire dans l'épaisseur verticale des arbalétriers.

Pl. 65. Au reste, on peut se convaincre, par l'examen des figures qui composent la pl. LXV, de la simplicité et de la légèreté de cette construction bien entendue.

On voit dans la fig. 1 le plan de la moitié du comble; la partie A est une coupe faite suivant un plan horizontal dans la hauteur des colonnettes; la partie B est une coupe faite dans la hauteur des supports de la lanterne.

La fig. 2 est une coupe sur *ab* de la fig. 1.

La fig. 3 renferme les détails de la partie C, fig. 2; ces détails, ainsi que ceux représentés par les figures suivantes, sont au dixième de l'exécution, D est le plan de l'extrémité d'un arêtier et du bord du toit; E en est la coupe, et F est l'élévation d'un fragment de la ceinture inférieure. La fig. 4 renferme un plan et une coupe faisant voir l'ajustement des arbalétriers avec le bord du toit.

La fig. 5 est le plan d'une colonnette intermédiaire suivant *cd*, fig. 6, qui en est la coupe sur *ef*; G et H, fig. 6, sont des plans suivant les lignes *gh, ik*.

La fig. 7 est le plan d'une des colonnes d'angle sur *lm*, fig. 8. La partie marquée I sur cette figure est formée des coupes faites sur *n* et sur *op*; la partie J est une coupe sur *qr*, fig. 6, et son plan supérieur est en K.

La fig. 9 renferme les détails des supports de la lanterne L, fig. 2, et de ceux de la tringle qui reçoit les échelles des vitriers; une coupe sur *st*; une autre sur l'axe du support perpendiculaire à la face de l'octogone; enfin, un plan du bord du vitrage et une coupe de la feuillure en tôle portant le verre. Au-dessous des parties de la fig. 9 auxquelles ils

correspondent sont des plans de ces parties pris dans la hauteur des supports de la lanterne, la fig. 10 étant une coupe faite perpendiculairement à la hauteur d'un support intermédiaire, la fig. 11 étant une coupe analogue d'un des supports d'angle.

La fig. 12 représente par moitiés l'élévation et la coupe suivant l'axe de l'anneau qui reçoit les assemblages des arbalétriers; la fig. 13 représente par moitiés le plan supérieur de cet anneau et celui sur *u v* fig. 12.

*Comble du palais de justice de Tours.*

Nous devons à l'obligeance de M. Travers les planches LXVI, LXVII et LXVIII, comprenant l'ensemble et les détails de la charpente en fer établie sur la salle des Pas-Perdus du palais de justice de Tours : cet habile constructeur s'est empressé de nous communiquer les dessins et de nous donner tous les renseignements désirables sur cet intéressant travail, qu'il a exécuté sous la direction de M. Jacquemin-Bellisle, architecte.

La longueur de cette salle est de 21 mètres sur 15, sa charpente se compose de deux fermes complètes et de fermettes intermédiaires ou de remplissage, qui, les unes et les autres, vont en diminuant de force vers le sommet.

Ces fermettes se terminent, à leur partie supérieure, au cadre qui forme l'ouverture de la lanterne. Cette disposition est vicieuse en principe, en ce sens que l'effort qu'elles pourraient exercer latéralement contre le cadre tendrait à faire prendre à ses côtés une courbure intérieure et à déformer toutes les surfaces. A la vérité, dans l'exemple dont il s'agit ces inconvénients ne se manifestent pas, vu le scellement du pied des fermettes dans les murs, leur système d'assemblage et la légèreté de leur construction, maintenue d'ailleurs par le revêtement intérieure en plâtre, qui offre par lui-même une grande solidité; néanmoins nous avons jugé utile de faire cette remarque, afin de faire distinguer le principe vicieux en lui-même du mode d'application qui le corrige.

L'une des fermes complètes est représentée en A du plan, fig. 2, pl. LXVI, et en élévation fig. 1 de la même planche, qui représente la ferme de la voûte et celle de la lanterne dont le plan supérieur est donné en B, fig. 1. Ces fermes forment les extrémités de la lanterne qui donnent accès au jour. Les fermes, ainsi que les fermettes, se composent

Pl. 66.

de deux morceaux assemblés en fourchette, comme on le voit en *a*, à partir de la naissance de la voûte jusqu'au pied de la lanterne, ce qui fait cinq morceaux pour chaque ferme complète, qui se distingue encore des fermettes par des plates-bandes de fer fixées sur la courbe intérieure au moyen d'étriers en fer *b*; l'effet de ces plates-bandes est d'augmenter la stabilité en s'opposant aux mouvements latéraux.

Les pannes sont assemblées sur les fermes au moyen de pattes traversées chacune par quatre boulons; étant situées dans des plans verticaux, ces pannes conservent la plus grande rigidité possible.

Pl. 67. Nous donnons dans la pl. LXVII, fig. 1, la moitié de la coupe longitudinale de la salle. La fig. 2 est une coupe au double de l'échelle de l'ensemble, faisant voir la disposition des petits fers qui reçoivent l'enduit intérieur; la fig. 3 est une coupe sur le cul-de-lampe; la fig. 4 en est le plan.

Ces petits fers, au nombre de deux dans l'espace des fermettes, reçoivent un grillage à compartiments carrés de 0<sup>m</sup>25 à 0<sup>m</sup>30 sur lequel on applique l'enduit en plâtre, en ayant soin de laisser des vides que l'on ne remplit que lorsque le plâtre est sec, afin d'éviter la poussée qui résulterait de l'accroissement de son volume si toute la surface était enduite en même temps.

Pl. 68. La fig. 1 de la pl. LXVIII est la projection verticale d'une des fermes principales à sa rencontre avec la lanterne. La fig. 2 est un plan sur *AB*; les détails sans numéro sont des perspectives cavalières des parties des fig. 1 et 2 marquées des mêmes lettres.

La fig. 3 est une coupe sur *CD*, et la fig. 4 une coupe sur *EF*.

*Comble de la cour de la douane à Paris.*

Il s'agissait dans l'exemple suivant de couvrir une cour d'une largeur considérable tout en conservant une hauteur suffisante pour la libre circulation des voitures pesamment chargées, et sans que le comble atteignît une élévation inutile et surtout dispendieuse, ni que son poids pût écraser ou renverser ses supports. M. Travers, qui a exécuté ce comble sous la direction de M. Grélerin, architecte, a résolu ces difficultés, comme on le verra dans les pl. LXIX et LXX. C'est à la bienveillante obligeance de ces messieurs que nous devons les détails que nous en donnons. M. Grélerin ayant bien voulu nous autoriser à les

publier, et M. Travers nous en ayant fourni les moyens en mettant à notre disposition les dessins dont nous les avons extraits.

La fig. 1 de la pl. LXIX est une partie du plan supérieur du comble représenté en A, abstraction faite de la lanterne vitrée, dont un quart est représenté en B. Outre la lumière qui pénètre dans cette cour par la lanterne, des châssis vitrés C, ménagés dans la couverture, en répandent encore dans les parties les plus éloignées de la lanterne, et en assurent l'égle répartition. Pl. 69.

La fig. 2 est une coupe transversale du comble de cette cour avec projection verticale de l'une des fermes dont il est formé; ces fermes se composent de deux courbes reliées entre elles par des moises formant supports pour les arbalétriers et par des croix de Saint-André.

Les morceaux dont se composent les courbes sont assemblés entre eux comme on le voit au détail fig. 3.

A la courbe inférieure se relie, au moyen d'étriers, une courbe faite suivant le plat du fer, et qui augmente la force latérale de la ferme.

La fig. 4 est un détail de cet assemblage.

La fig. 5 est une élévation latérale détaillée faisant voir l'assemblage marqué A, fig. 2, du pied de la ferme de la lanterne avec celle du grand comble.

La fig. 6 en est la face.

La fig. 7 est une perspective du montant A, fig. 5.

La fig. 8 est une coupe suivant AB, fig. 5 et 6.

La fig. 9 est une coupe suivant CD.

La fig. 1 de la pl. LXX est un fragment de coupe longitudinale faisant connaître les moyens employés pour maintenir l'écartement entre les fermes. Pl. 70.

La fig. 2 est le détail des divers assemblages du poinçon de la ferme de la lanterne projetés sur un plan mené transversalement.

La fig. 3 est le détail de ces mêmes assemblages projetés sur un plan mené longitudinalement.

La fig. 4 contient en A et B deux coupes, et en C et D deux des assemblages, du tirant de la ferme de la lanterne.

La fig. 5 est le détail des assemblages d'un des poteaux d'angle de la lanterne.

La fig. 6 en est une coupe sur AB, fig. 5.

La fig. 7 est une perspective de ce poteau.

*Comble de l'embarcadère d'Euston grove. — Chemin de fer de Londres à Birmingham.*

Ce comble, d'une apparence très-élégante et d'une grande légèreté, est construit principalement en fer forgé; les colonnes et chéneaux seuls sont en fonte.

Cette station, formée d'un côté par un mur et de l'autre par un rang de colonnes, est aussi divisée longitudinalement par des colonnes; sa largeur totale est de 24<sup>m</sup>38 et sa longueur de 60<sup>m</sup>95. Sa couverture est formée de deux combles à deux égouts, en sorte que les eaux s'écoulent en partie dans un chéneau commun situé au-dessus du rang intermédiaire de colonnes creuses formant tuyaux de descente qui sépare la gare d'arrivée de celle de départ.

Les arbalétriers sont en fer forgé en forme de la lettre T, et supportés du côté du mur par des corbeaux en fer; ils sont espacés de 0<sup>m</sup>98. Les fers à angle qui portent la couverture sont solidement rivés au renfort des arbalétriers, et sont convenablement espacés pour recevoir les ardoises, qui s'y accrochent au moyen d'agrafes en cuivre. Des tirants en fer de 0<sup>m</sup>033 de diamètre s'opposent à la poussée des fermes, qui sont maintenues et reliées par des contre-fiches en forme de T, et par des poinçons à vis et à écrou.

Les chéneaux sont fondus en morceaux de 3<sup>m</sup>048 de longueur, et placés de manière à porter les eaux dans chaque colonne.

Pl. 71. La pl. LXXI renferme les détails de ce comble, dont la fig. 1 représente la ferme, marquée de lettres qui renvoient aux détails correspondants de la fig. 2.

La fig. 3 est une coupe longitudinale sur le chéneau

Les fig. 4, 5 et 6 sont des coupes de l'arbalétrier, des contre-fiches, et des fers qui portent la couverture.

Les fig. 7, 8 et 9 sont les plans des assemblages marqués A, C, E, fig. 2.

*Comble de la forge de l'usine de Butterley, en Angleterre.*

Pl. 72. Ce comble, représenté par la pl. LXXII, couvre la salle où l'on prépare pour être tournées, planées ou passées à la filière, les pièces en fer forgé qui doivent entrer dans la composition des machines à vapeur.

Chaque année, environ 18,281,700 kilogrammes de fer, extraits du minerai que fournit le voisinage de cette usine, y sont en grande partie convertis en colonnes, tuyaux pour le gaz, machines à vapeur, ponts, etc., etc. Les fermes du comble de la forge sont espacées de 4<sup>m</sup>57 et ont 12<sup>m</sup>20 de portée. La longueur de cette salle, sur les côtés de laquelle sont disposés deux rangs de feux, est de 45<sup>m</sup>75.

La combinaison du fer et de la fonte présente des avantages sur l'emploi exclusif de l'une ou de l'autre de ces matières. Il est aisé de s'en convaincre, si l'on considère que toujours dans une ferme certaines parties agissent en poussée et d'autres en tirage, en sorte qu'il s'y trouve des pièces soumises à un effort contraire à la nature du fer ou à celle de la fonte.

Dans l'exemple dont il s'agit, les arbalétriers et les contre-fiches sont en fonte; le tirant et les poinçons sont en fer forgé. Cette combinaison a, sous le rapport de l'emploi de la matière, beaucoup d'analogie avec le système de la charpente en bois et fer du colonel Émy, pl. LV. En effet, la fonte est employée ici comme le bois dans ce système, c'est-à-dire pour toute pièce soumise à un effort de pression, et dans les deux systèmes le fer a des fonctions identiques.

La fig. 1 est l'élévation d'une des fermes dont les arbalétriers sont en fonte et divisés dans leur portée par les points d'application de deux contre-fiches C aussi en fonte; ces contre-fiches, dont D est la coupe par un plan perpendiculaire à leur direction, reposent sur le tirant en fer au point où il est soulagé par les poinçons aussi en fer; ces poinçons traversent le pied des contre-fiches, ainsi que le tirant qu'ils soutiennent au moyen d'un écrou.

Des pannes E sont fixées aux arbalétriers, au dessus des contre-fiches, au moyen de boulons; elles sont percées de distance en distance pour laisser passer les clous qui retiennent les chevrons.

Un détail de l'assemblage des arbalétriers et du poinçon, au double de l'ensemble, est donné en élévation fig. 2, et en plan fig. 3.

La fig. 4 représente en A et B les détails des extrémités supérieure et inférieure des contre-fiches.

La fig. 5 est une projection d'une panne sur un plan situé au-dessous des arbalétriers et parallèle au pan du comble.

La fig. 6 en est la projection sur un plan qui lui est perpendiculaire.

On a pu remarquer que les pièces de fonte sont disposées de manière

à allier la légèreté à la solidité; c'est dans ce but que chaque pièce n'est autre chose qu'une lame de fonte située toujours dans un plan vertical, et dont la largeur augmente vers le milieu pour résister à la pesanteur qui exerce un effort transversal, vu l'inclinaison des pièces, dont la rigidité est maintenue d'autre part au moyen de deux nervures ou renforts latéraux.

*Comble d'un établissement hydraulique en Angleterre.*

Ce comble est établi sur la salle des fourneaux du bâtiment de la machine hydraulique qui porte les eaux de la Trent à Nottingham; il a aussi été construit par la compagnie de Butterley.

Pl. 73. La fig. 1 de la pl. LXXIII représente une moitié de la ferme, qui se compose de trois parties en fonte, deux demi-fermes et un faux entrain qui les sépare, et avec lequel elles sont assemblées à fourchette, comme on le voit par les détails fig. 2. Le tout est maintenu par un tirant en fer forgé.

La fig. 2 représente en A le faux entrain et en B l'arbalétrier, tous deux en projection verticale; A' et B' sont les projections horizontales des même pièces sur un plan supérieur.

La fig. 3 fait voir en A et A' les projections verticale et horizontale de l'extrémité des pannes, qui sont maintenues sur les arbalétriers au moyen d'une queue d'aronde.

La fig. 4 est la projection horizontale du dessus du pied de l'arbalétrier, qui est fixé sur la sablière au moyen de boulons.

*Comble du dépôt des machines de l'usine de Butterley*

Ce comble, dont une demi-ferme est représentée fig. 5, couvre le local où l'on monte les machines les plus importantes avant de les envoyer à leurs destinations respectives. Le tirant en bois sert à supporter une pièce de bois longitudinale située dans l'axe, et qui reçoit, dans des sabots en fonte, les pivots de trois fortes grues au moyen desquelles on peut transporter les fardeaux d'un bout de la salle à l'autre. Cette pièce longitudinale est maintenue, aux points qui reçoivent les pivots, par des pièces qui reportent sur les murs une partie des efforts, et qui rendent toutes les parties du bâtiment solidaires.

*Comble de la salle des modèles de l'usine de Butterley.*

Ce comble, dont nous donnons les détails dans la pl. LXXIV, couvre la salle de l'usine de Butterley où l'on fait les modèles en bois des machines qui se fabriquent dans cet établissement. Pl. 74.

La salle que forme ce comble a 10<sup>m</sup>33 de largeur sur 39<sup>m</sup>60 de longueur.

Chaque ferme, maintenue à son pied par une barre de fer forgé, est fondue en quatre parties fortement unies entre elles par des boulons, ainsi qu'on le voit dans la fig. 1, qui représente la projection verticale d'une moitié de la ferme, sur un plan perpendiculaire à la longueur du bâtiment. On voit dans cette même figure, en A, B, C, D, les coupes des diverses pièces dont la ferme est composée.

Les fermes sont espacées de 4<sup>m</sup>57; leurs tirants forment les poutres du plancher, et sont reliés par d'autres pièces E, fig. 1 et 2, servant de lincoirs, et portant les sabots destinés à recevoir les abouts des solives en bois, qui forment un grillage sur lequel on place pour les faire sécher les bois de diverses natures dont on fait les modèles.

C'est dans la pièce inférieure que le travail s'exécute au moyen d'une machine à vapeur qui met les tours en mouvement.

La fig. 2 est une coupe longitudinale de la ferme suivant l'axe du comble.

La fig. 3 est un détail de l'assemblage des pannes avec les fermes; la fig. 4 en est le plan supérieur.

*Nouveau comble en fer et en fonte de la cathédrale de Chartres.*

Ce comble, établi en remplacement de l'ancien comble en bois de cette cathédrale, détruit il y a quelques années par un incendie, a été projeté par M. Baron, architecte, et M. Émile Martin, ingénieur civil, et exécuté sous leur direction par M. Mignon, entrepreneur de serrurerie, à qui nous devons les dessins d'après lesquels nous avons pu composer les trois planches qui, nous l'espérons, feront connaître cet important et intéressant ouvrage.

La première de ces planches, portant le n° LXXV, renferme, fig. 1, le plan de l'église, en ce qui concerne la construction du comble, avec indications des fermes dont il se compose, à l'échelle de 0<sup>m</sup>00125 pour m. Pl. 75.

La fig. 2 est le plan de l'angle A fig. 1 du transept, avec demi-ferme de noue B et arrachement des fermes d'embranchement C.

La fig. 3 représente une moitié de la ferme de la grande nef. Cette ferme, dont les pentes sont égales à celles du comble détruit, se compose de deux parties distinctes : l'arc ogive dans lequel réside la solidité du comble, et les arbalétriers avec leurs supports, les pannes et les petits fers de la couverture, en un mot la partie qui constitue le toit proprement dit. L'arc, maintenu à son pied par un tirant en fer en deux parties, est composé de panneaux à jour formant claveaux et portant les uns sur les autres par des épaulements dont la saillie est égale à celle des renforts latéraux des arcs, présentant en coupe une forme de T; ces claveaux sont rattachés les uns aux autres au moyen de ces épaulements par des boulons; l'action de pression à laquelle ils étaient destinés à résister étant verticale, et par conséquent dans le plan des arcs, il en est résulté qu'ils ont été faits en fonte. La même matière a servi à faire les entretoises, dont la fonction est de s'opposer au rapprochement des arcs; au contraire, la partie de ce comble qui porte directement la couverture ayant à résister à des efforts latéraux, le fer malléable seul y a été employé.

Les autres fermes diverses dont ce comble est formé sont constituées d'après ce principe; nous nous bornerons donc à ne les désigner qu'au point de vue de leurs fonctions dans l'ensemble.

La fig. 4 représente la moitié de la ferme des petites nefs des bras de la croix.

Les diverses parties de ces fermes, que l'échelle des figures d'ensemble ne peut suffisamment expliquer, sont données séparément comme détails, et se rattachent aux figures d'ensemble des fermes par des lettres correspondantes. Ces détails, qui, à l'exception d'un seul, sont exprimés par un plan et deux élévations, sont marqués de lettres simples ou affectées des signes ' et'', suivant qu'elles accompagnent le plan, la face, dans le sens des fermes fig. 3 et 4, ou la face perpendiculaire à celle-ci.

La fig. 5 fait voir l'assemblage des deux panneaux supérieurs de l'ogive; la fig. 6 en est la coupe sur D E; la fig. 7 en est la coupe sur F G.

Pl. 76.

La planche LXXVI renferme, dans les fig. 1, 2, 3 et 4, la moitié d'une des fermes de noue du croisement de la plus grande et des petites nefs, la moitié de la plus grande des deux fermes d'embranchement de

la grande nef, et la moitié de la petite; enfin, le pied de la petite ferme d'embranchement des petites nefs.

La fig. 5 est le plan de la pièce de fonte recevant les quatre arbalétriers, les quatre faitages, et une douille en verre servant d'isoloir au paratonnerre; la fig. 6 en est une coupe sur AB; la fig. 7 en est une coupe sur CD.

La fig. 8 est le plan du support des cintres de la ferme sous faite, soutenu par deux béquilles posant sur les panneaux de sommet; la fig. 9 en est une coupe EF; la fig. 10 en est la coupe GH.

La fig. 11 comprend en *a, b, c* trois coupes faites sur un des panneaux des arcs; la première sur la courbe d'extrados, la seconde sur la partie pleine qui le divise dans sa longueur, et la troisième sur la courbe intérieure.

La fig. 12 est une coupe suivant *ef*, fig. 1.

La fig. 13 est le plan de la boîte en fonte recevant les quatre panneaux du sommet de l'ogive et les entretoises qui se dirigent dans les quatre nefs; la fig. 14 en est une coupe suivant IJ; la fig. 15 une coupe suivant KL, et la fig. 16 une autre suivant MN.

La fig. 17 représente l'about des arcs en fonte.

La fig. 18 est la pièce en fonte clavetée sur la boîte en fonte, et recevant une crapaudine en verre.

Les fig. 19 et 20 sont des coupes des entretoises de sommet.

La fig. 21 est l'élévation du cul-de-lampe claveté sur un boulon dont la tête est saisie entre les deux pendentifs; la fig. 22 est la coupe suivant OP.

La fig. 23 est une coupe suivant *gh*, fig. 1.

La fig. 1 de la pl. LXXVII représente la ferme d'abside; la fig. 2 est le plan de la pièce recevant le faitage et les arbalétriers; la fig. 3 en est la coupe suivant *ab*, et la fig. 4 suivant *cd*.

La fig. 5 est le plan du support des cintres posant sur des béquilles fixées sur les panneaux du sommet de la ferme sous faite représentée fig. 13; les fig. 6 et 7 en sont des coupes suivant *ef* et *gh*.

La fig. 8 est le plan de la boîte recevant les panneaux de sommet des huit demi-fermes de l'abside; la fig. 9 en est la projection verticale; la fig. 10 représente la pièce en forme d'éventail, fixée sur la boîte au moyen de deux boulons et figurant le prolongement des fermes :

Pl. 77.

enfin, les fig. 11 et 12 sont des coupes de cette même boîte suivant les lignes *ik* et *lm*, fig. 8 et 9.

La fig. 14 représente un joint de panneaux avec coupe sur les entretoises ; les coupes faites suivant les lignes *no*, *pq*, *rs* sont représentées par les fig. 15, 16 et 17 ; la fig. 18 représente le dessous de cet assemblage.

La fig. 19 représente un arrachement de la nervure du milieu des panneaux, et la fig. 20 en est une coupe sur *tu*.

La fig. 21 est le plan inférieur de la plate-forme d'abside avec console boulonnée, pris suivant *vx* de la fig. 22, qui est l'élévation de cette même plate-forme, dont la fig. 23 est le plan supérieur, et que la fig. 24 représente coupée suivant la ligne *yz*.

Quoique nous ayons déjà fait connaître le comble exécuté sur la cour de l'entrepôt, nous croyons pouvoir insister sur les questions que soulèvent des travaux de cette importance et de semblables conditions à remplir. C'est pourquoi nous ajoutons, comme exemple de combinaison de la fonte et du fer, un projet composé sur les mêmes données, mais essentiellement différent de celui qui précède, espérant qu'on ne verra pas sans intérêt le parti que son auteur, M. Roussel, a su tirer des qualités spéciales de ces deux éléments de construction.

*Projet de comble en fer et fonte pour la couverture de la cour de la Douane à Paris, par M. Roussel.*

Les planches LXXVIII et LXXIX renferment les détails nécessaires à l'intelligence de ce projet, dont l'auteur a bien voulu nous communiquer les dessins.

Pl. 78. La fig. 1 de la planche LXXVIII est le plan de la moitié de la cour.

Les piédestaux ou socles recevant le pied des fermes y sont indiqués par une teinte légère. Les lignes ponctuées indiquent les arêtes du comble, l'ouverture de la lanterne et la saillie du toit qui la couvre.

La fig. 2 est une partie de coupe longitudinale suivant l'axe *AB* de la cour.

La fig. 3 est une perspective cavalière d'une partie développée d'un des arcs en fonte inférieurs *C*.

Pl. 79. La fig. 1 de la planche LXXIX est une partie de projection de ce comble sur un plan supérieur ; on voit en *A* le dessus du grand comble,

abstraction faite de la lanterne, et en B le dessus d'une partie de cette lanterne.

La fig. 2 est le profil de la moitié d'une des grandes fermes.

D'après les figures qui viennent d'être passées en revue, il est aisé de comprendre la disposition générale de ce comble; on voit qu'il se compose de fermes principales portant sur des socles en pierre, reliées entre elles à leurs parties inférieures par des arcs ou fermes en fonte d'un seul morceau, sur le milieu desquels prennent naissance des arcs ou fermettes intermédiaires divisant la portée des pannes ou entretoises qui maintiennent l'écartement entre les fermes dans la hauteur du comble : ces pannes, boulonnées d'une part sur les fermes principales, comme on le voit en C, fig. 3, sont reçues d'autre part dans des sabots en fonte D portés par les fermes intermédiaires. Sur ces pannes sont vissés les petits fers E destinés à recevoir la couverture.

La ferme se compose d'un arc de fonte en cinq morceaux en forme de double T et portant une nervure qui ajoute à la longueur de sa section transversale, et lui assure une grande résistance à la pression; cet arc en fonte n'existe que dans les trois quarts inférieurs du développement de l'arc de la ferme, dont le quart supérieur est tout en fer.

Les morceaux ou claveaux de l'arc en fonte sont reliés entre eux par de doubles brides en fer forgé, logées de chaque côté de l'arc en fonte et occupant toute la hauteur comprise entre ses renforts latéraux. Ces brides sont posées à joints croisés et boulonnées à leurs extrémités, en sorte que par sa constitution même cette ferme est susceptible d'une grande résistance à la pression, en même temps qu'elle paraît présenter toutes les garanties désirables sous le rapport de l'élasticité, les brides en fer, par leur disposition, devant supporter tous les efforts de traction; et comme la partie supérieure de cet arc doit à son extradados résister principalement à un effort de traction résultant du poids de la lanterne, cette partie est toute en fer.

Cependant, la charge de l'arc diminuant progressivement en allant vers le sommet, la force des pièces qui le composent diminue progressivement dans le même sens, et les brides, qui sont doubles dans toute l'étendue des claveaux en fonte, n'ont plus qu'une simple épaisseur au delà de cette partie.

Nous donnons dans la fig. 4 un détail en perspective cavalière du

pied d'une des fermes. Dans cette figure comme dans les suivantes les parties hachées sont en fonte.

La lettre F indique l'arc ou pièce principale ;

G le contre-fort ;

H les doubles brides ;

I les naissances des arcs ou fermes intermédiaires inférieures.

Ces deux dernières pièces portent des semelles qui servent à les fixer sur la semelle principale, qui fait partie de l'arc et du contre-fort, dont elle forme le pied. Des ancres traversent ces semelles superposées et pénètrent profondément dans le socle en pierre sur lequel elles sont assises, de manière à déterminer invariablement leur position.

La fig. 5 représente l'assemblage K, fig. 2, de l'extrémité de l'arc en fonte F avec son prolongement en fer forgé L, et le cul-de-lampe à console M contre lequel s'arrête la nervure, et qui donne naissance à l'arc supérieur.

On voit par cette figure que la liaison de ces deux parties est obtenue d'abord au moyen de la bride qui est en contact immédiat avec la tige du double T formé par la section de l'arc en fonte ; ensuite, par le prolongement de la bride externe qui vient se boulonner à l'extrémité de l'arc en fer, de telle sorte que cet assemblage offre autant de solidité que ceux des claveaux de l'arc inférieur en fonte.

La fig. 6 représente un fragment de la partie supérieure en fer d'un des arcs de la ferme.

*Couverture en métal du marché de Hungerford.*

Pl. 80. Cette construction élevée sur l'emplacement réservé à la vente en gros du poisson, se compose, ainsi qu'on le voit dans la pl. LXXX, de deux files de colonnes de fonte supportant les fermes du toit. Il s'agissait de couvrir cet espace en le privant le moins possible de jour et d'air, et en laissant la circulation libre de tous côtés. On devait aussi éviter dans l'emploi des matériaux tout ce qui aurait pu devenir insalubre par l'absorption soit des débris du poisson même, soit des exhalaisons qui s'en échappent. Ce sont ces exigences qui ont amené M. C. Fowler, architecte, à l'adoption des dispositions indiquées, et qui ont motivé d'abord l'exclusion du bois de cette construction, l'expé-

rience ayant prouvé que les exhalaisons s'attachent à sa surface, même lorsqu'il est refait et peint, et qu'il devient ainsi une cause d'insalubrité.

En conséquence, la charpente a été faite en fonte et la couverture en zinc : celle-ci a été placée sur une chape de bourre goudronnée pour éviter le contact des deux métaux.

Les principales particularités de cette construction sont l'absence de tirant ou de butée latérale; le tirant étant inadmissible faute de hauteur, et la butée impossible par la position isolée de cette construction, sans liaison avec les portiques qui l'enveloppent de deux côtés, comme on le voit dans la fig. 1, qui en est un plan à l'échelle de 0<sup>m</sup>005 p. m.

Il doit être évident que si la saillie du toit sur les colonnes était à peu près égale à la moitié de l'espace couvert, il s'établirait un équilibre qui pourrait dispenser de l'entrait; mais la position des supports était déterminée de manière à faire prédominer sensiblement la partie centrale, ce qui produit naturellement une pression latérale proportionnelle.

Pour contre-balancer cette tendance, une butée est formée au centre par le retour d'équerre des deux arbalétriers s'étendant principalement en dessus, de manière à offrir une grande surface de résistance à la pression qui s'exerce dans cette partie; cette disposition, représentée en A, fig. 2, est reproduite en détail en B, fig. 3. C'est le plan d'une des colonnettes, D en est la base. Ces retours verticaux des arbalétriers sont maintenus à leur extrémité inférieure par un collier en fer qui a été appliqué rouge et qui serre fortement ces deux parties l'une contre l'autre, par suite de la contraction qu'il a éprouvée par le refroidissement.

L'application de ce principe d'une butée centrale, étant considérée comme nouvelle, a donné lieu à beaucoup de discussions touchant son efficacité; en conséquence, une suite d'expériences ont été faites sur des modèles chez MM. Braham, qui exécutaient ces travaux; ces expériences ont démontré qu'on obtenait par cette disposition une force presque double de celle d'une barre droite de même section.

L'architecte, suivant l'avis d'hommes pratiques, augmenta les dimensions projetées des arbalétriers; mais, d'après le résultat de toutes les expériences, il acquit la certitude que cette augmentation aurait pu être épargnée en toute sûreté.

En ce qui concerne la disposition du toit, qui verse les eaux vers le centre au lieu de les rejeter à l'extérieur, elle donne comme avantages de n'avoir qu'un chéneau central, dont une coupe est donnée fig. 4, au lieu d'en avoir deux, et de donner plus d'air et de lumière; les mêmes avantages s'appliquent à la saillie du toit sur les colonnes. Il est bon de remarquer que les gouttières servent en même temps de support, ce qui simplifie la construction, et que de deux en deux les colonnes forment tuyaux de descente.

L'expérience a complètement établi l'efficacité, pour la liaison et la stabilité générales, des tirants en fer que l'on voit dans la fig. 5, qui est une coupe longitudinale de ce comble.

Chaque paire d'arbalétriers, dont la coupe est donnée fig. 6, a été essayée avec un poids de 1,550 lbs (702<sup>kil</sup>77) placé au centre, et ce poids, égal à la moitié de la plus forte charge qu'ils puissent jamais avoir à supporter dans le cas d'une grande chute de neige, mais en pratique égal au poids total, n'a occasionné qu'un affaissement de  $\frac{7}{16}$  de pouce (0<sup>m</sup>0111).

Quant à la couverture en zinc, il est bon de remarquer que la grande difficulté que présente l'emploi de cette matière vient de sa dilatation et de sa contraction continuelle, suivant la température, ce qui peut occasionner des relâchements et des imperfections. On a obvié à ces inconvénients en unissant les bords des feuilles au moyen d'un rouleau du même métal qui les maintient, tout en laissant assez de jeu pour l'action et la réaction.

Les rouleaux sont fixés aux chevrons en fer par des pièces en forme de T qui les pénètrent; l'expérience a prouvé dans ce cas qu'avec ces précautions le zinc pouvait être en toute sûreté employé comme couverture, quoiqu'en général ses défauts le rendent d'un emploi peu convenable.

*Comble de l'église de Saint-Dunstan, dans l'ouest, à Londres.*

Le plan du bâtiment est octogone, et sa largeur est de 17<sup>m</sup>22. Le comble dont il est couvert se compose de huit arcs ou arbalétriers en fonte à jour, prenant naissance aux angles du bâtiment. Ces arbalétriers sont reliés à leur partie supérieure par un anneau auquel ils sont solidement boulonnés. De fortes chaînes en fer établies dans les murs

à hauteur des naissances des arcs et au sommet relie entre elles les constructions. L'anneau est consolidé par des étrépillons en chêne, qui résistent à la pression des arbalétriers, et la panne en bois est fixée dans leur hauteur. On verra par les fig. 3, 4 et 5 de la pl. LXXXI la disposition de ces pièces de fonte dans les murs. Les semelles qui les reçoivent présentent une grande surface, en sorte que le poids des constructions supérieures et la stabilité des contre-forts offrent ensemble des résistances suffisantes pour tous les efforts qui pourraient s'exercer contre les murs.

Pl. 81.

Ce nouveau système de comble, à la fois simple et durable, a réussi dans l'application dont il s'agit, et paraît être d'un emploi facile et sûr : outre le lourd chandelier de cuivre qui est suspendu au centre de l'anneau, ce comble a encore eu à supporter un poids considérable, sans qu'il en soit résulté aucun inconvénient.

La fig. 1 est une partie du plan supérieur de ce comble, avec et sans les chevrons; la fig. 2 est une coupe faite suivant une diagonale méridienne du plan fig. 1.

La fig. 3 est un détail du pied des fermes où est indiquée la semelle en fonte sur laquelle elles reposent, ainsi que le corbeau en briques qui les supporte; la fig. 4 est un plan sur *ab* de ce détail, dont la fig. 5 est la face.

On voit dans la fig. 6 une coupe faite sur un arbalétrier suivant la ligne *cd*, fig. 1.

## DES COMBLES EN TÔLE.

Après avoir considéré les ressources que peut offrir le fer employé à l'état malléable ou lorsqu'il a subi la fusion, il nous reste à examiner le parti qu'on en peut tirer lorsqu'on l'emploie à l'état de tôle. Les premiers essais tentés avec du fer sous cette forme ont eu lieu en Russie; depuis, les avantages reconnus de ce mode de construction lorsqu'il est convenablement appliqué en ont propagé l'usage, qui maintenant commence à se répandre parmi nous.

Les caractères particuliers à la tôle sont, lorsqu'elle est employée de champ, une grande résistance à la pression sous un petit volume, et par conséquent une grande légèreté, mais en même temps une résistance presque nulle aux efforts latéraux. Il a donc fallu pour pouvoir em-

ployer sa force chercher les moyens de suppléer à sa faiblesse, c'est-à-dire lui prêter une résistance latérale sans laquelle l'emploi en eût été impossible. A cet effet, outre des combinaisons destinées à maintenir les lames dans des plans verticaux, on a emprunté la résistance latérale à celle verticale, en retournant les lames en forme de double T; principe dont on a déjà pu voir l'application dans quelques exemples précédents de constructions en fonte : ou bien encore, en faisant prendre à la tôle des formes susceptibles de donner le même résultat. C'est ainsi qu'on est parvenu à construire simplement des planchers et des combles incombustibles qui sous le rapport de la dépense offrent de grands avantages sur les constructions analogues en fer plein, sans préjudice de la solidité. Au reste, le meilleur moyen de faire comprendre les résultats obtenus étant de les faire voir, nous avons représenté dans les planches qui suivent quelques-unes des applications qui ont été faites de la tôle, ou fer laminé, employée comme pièces principales, nous réservant de donner au fur et à mesure d'autres détails de son application comme pièces auxiliaires, soit substituée au bois dans les châssis vitrés, soit employée à tout autre usage d'importance secondaire.

*Ferme en tôle de l'usine de Goroblagodatz, dans l'Oural,  
en Russie.*

Pl. 82. Cette ferme, représentée par la fig. 1 de la pl. LXXXII, se compose d'un arc dont l'écartement est maintenu par une corde ou tirant, soulagée dans son milieu par un poinçon et deux arbalétriers moisant, au point de contact, l'arc auquel ils sont encore reliés chacun en deux points, à leur partie supérieure par le poinçon, à leur partie inférieure par de petits liens en fer, comme le tirant et le poinçon. L'arc et les arbalétriers sont formés chacun de deux cours de plaques de tôle en forme de T, rattachées l'une à l'autre par des rivets, comme on le voit par la fig. 2, qui est la coupe d'un arbalétrier, et par la fig. 3, qui est une coupe sur *ab* fig. 1. Les fig. 2 et 3, ainsi que les suivantes, sont à une échelle décuple de celle des fig. 1, 6 et 7.

La fig. 4 représente un joint des plaques de tôle dont se composent les arcs et les arbalétriers; A en est le plan vu en dessous. A' en est l'élévation.

La fig. 5 est l'assemblage, vu en perspective, d'un des arbalétriers

avec l'arc et une des entretoises qui maintiennent les fermes dans leurs plans verticaux.

La fig. 6 est une moitié d'une ferme en tôle de l'usine de Verchne-Saldinsk, aussi dans l'Oural.

Cette ferme, qui présente beaucoup d'analogie avec celle détaillée précédemment, est surtout remarquable à cause de son ouverture, qui est de 34 mètres, et de l'absence de l'entrait, auquel supplée la solidité des murs.

La fig. 7 est le plan d'une travée de cette charpente où sont indiqués les fers destinés à recevoir la couverture en tôle.

*Comble de l'abattoir de Bourges (départem. du Cher).*

Le comble dont il s'agit fut destiné à couvrir la halle de travail des échaudoirs de l'abattoir de la ville de Bourges; il est dû à MM. Roger et Demetz comme architectes, et à M. Leturc comme entrepreneur, qui les premiers parmi nos constructeurs ont appliqué la tôle à la formation des combles. C'est ce dernier qui nous a mis à même, en nous communiquant obligeamment ses dessins, de donner les planches LXXXIII et LXXXIV, représentant des fragments d'ensemble et des détails de cet intéressant projet.

La planche LXXXIII renferme sous les n<sup>os</sup> 1 et 2 deux figures dont les diverses parties sont indiquées par des lettres. Pl. 83.

La fig. 1 représente la façade latérale de la halle avec les échaudoirs, qui, à gauche de la ligne *ab*, sont vus en élévation, et dont la partie à droite de cette même ligne est une coupe sur *cd* de la fig. 2.

La fig. 2 est une partie du plan de la halle et des échaudoirs. La partie marquée A est une coupe sur *ef*, fig. 1; celle marquée B est une coupe sur *gh* avec arrachement du plan supérieur des fers des combles des échaudoirs. On voit en C les fers des combles de la halle et des échaudoirs; enfin, en D ces combles sont couverts par le zinc.

La planche LXXXIV renferme sous le n<sup>o</sup> 1 la coupe transversale de la halle suivant l'axe longitudinal d'un des échaudoirs. Pl. 84.

La fig. 2 est une coupe suivant l'axe longitudinal de la halle.

La fig. 3 se compose des détails des divers assemblages de la ferme projetés sur un plan qui lui est parallèle; ces détails sont à une échelle décuple de celle des fig. 1 et 2. La lettre A désigne l'assemblage des

arbalétriers du faîtage et du poinçon ; B celui du poinçon des contrefiches et du tirant, au moyen d'un sabot en fonte ; C celui de la contrefiche, du faux poinçon et d'une panne, avec l'arbalétrier ; D celui du faux poinçon et du tirant, au moyen d'un sabot en fonte ; enfin, E représente l'assemblage du tirant et de l'ancre avec l'arbalétrier ; F est l'extrémité de l'arbalétrier.

La fig. 4 se compose de deux parties : celle G est une coupe sur *a b* de la fig. 3 ; celle H est une coupe sur *c d* de la même figure.

La fig. 5 est une coupe montrant l'assemblage des chevrons avec le faîtage.

Les fig. 6 et 7 sont des coupes sur *ef* de la fig. 3 ; et la fig. 8 une coupe sur *gh* de la même figure.

La fig. 9 est une coupe sur *ij* fig. 3, avec projection de la panne.

La fig. 10 est l'élévation du bord du toit et de la bande de tôle découpée qui le supporte.

Enfin, la fig. 11 est un plan du dessus du mur avec la sablière qui reçoit les extrémités des fermes et des chevrons.

#### DE L'EMPLOI DU FER A LA CONSTRUCTION DES SERRES CHAUDES.

##### *Serres du Jardin des Plantes de Paris.*

Les serres sont de toutes les constructions celles où le fer est le plus convenablement employé, car de tous les matériaux propres à bâtir c'est celui qui, présentant le plus de force, est employé, sous le moindre volume ; il en résulte qu'il intercepte le moins les rayons du soleil, et que par conséquent il remplit mieux que les autres le but qu'on se propose dans des constructions de ce genre.

Nous donnons dans la pl. LXXXV les plan, coupe et élévation nécessaires pour faire connaître les serres chaudes exécutées au Jardin des Plantes de Paris, sur les dessins et sous la direction de M. Rohault fils, architecte du Muséum d'histoire naturelle, qui a bien voulu nous communiquer l'ouvrage qu'il a publié sur les bâtiments qui le composent, et dont nous avons extrait les ensembles et les détails renfermés dans les planches LXXXV et LXXXVI.

Pl. 85.

La fig. 1 de la pl. LXXXV est le plan des serres à l'ouest ; celle à l'est ne sont séparées de celle-ci que de la largeur de la rampe douce qui con-

duit au labyrinthe; *a* est le grand pavillon qui renferme les palmiers, et les plantes des tropiques, qui exigent le plus de chaleur; *b* sont des vestibules avec escaliers conduisant au premier étage des serres courbes; *c*, *d* sont les caves ou magasins; *e* est la salle des chaudières à vapeur au moyen desquelles sont chauffées les serres. La fig. 2 est le plan des combles du pavillon des palmiers, d'un vestibule et d'un arrachement des serres courbes.

La fig. 3 présente l'élévation de la moitié du grand pavillon, du vestibule et d'un arrachement des serres courbes.

Outre les colonnes extérieures qui supportent les combles des deux grands pavillons, huit colonnes aussi en fonte sont placées à l'intérieur pour les soulager dans leur portée. Les intervalles entre les colonnes extérieures sont remplis par des fers à feuillures dont les coupes sont représentées, grandeur d'exécution, par les fig. 4, 5 et 6.

La fig. 7 est une coupe à une échelle de 0<sup>m</sup>,05 pour mètres, faite sur le chéneau, suivant la ligne *a b*, fig. 2.

La fig. 8 est une coupe sur le pavillon des palmiers et sur l'usine; la fig. 9 est une coupe transversale sur les serres courbes à deux étages: l'étage inférieur porte à son sommet un chemin de service en fonte, dont le détail est représenté fig. 10; l'étage supérieur est surmonté d'un chemin de service analogue pratiqué sur le sommet du mur de terrasse.

La pl. LXXXVI renferme les détails d'assemblage des fers des grands pavillons au dixième de l'exécution. Pl. 86.

La fig. 1 est une coupe sur le milieu de l'entre-colonnement du pourtour.

La fig. 2 est le plan de l'assemblage de deux parties de chéneau A, fig. 1.

La fig. 3 est l'élévation extérieure d'une colonne du pourtour; la fig. 4 en est le plan sur CD.

La fig. 5 présente l'élévation et le plan du tronçon supérieur d'une des colonnes de l'intérieur des pavillons; la fig. 6 offre semblablement l'élévation et le plan du tronçon intermédiaire de la même colonne; enfin, la fig. 7 en montre l'élévation et le plan du tronçon inférieur.

La fig. 8 est l'élévation intérieure d'une des colonnes du pourtour; la fig. 9 en est un plan sur EF; la fig. 10 en est un autre sur GH.

La fig. 11 est une coupe sur une colonne du pourtour.

La fig. 12 est le plan d'une colonne d'angle.

La fig. 13 est le plan du patin sur IK.

*Serres de Trianon à Rouen.*

Pl. 87. La pl. LXXXVII renferme sous le n° 1 l'élévation des grandes serres du jardin botanique de Rouen, et sous le n° 2 le plan d'ensemble des serres. Nous nous empressons de reconnaître que c'est à l'obligeance de M. Lejeune, architecte de ces constructions, et à celle de M. Travers, qui les a exécutées sous sa direction, et qui tous deux ont mis à notre disposition tous les dessins d'ensemble et de détail nécessaires, que nous devons les quelques planches qui font connaître cet intéressant ouvrage.

La partie des serres comprise entre les lignes *a b* est la seule exécutée; le reste n'est encore qu'à l'état de projet.

La grande serre désignée dans le plan par la lettre A est droite, ainsi que celles notées B, situées aux extrémités; celles intermédiaires C sont courbes.

Ces serres sont abritées au nord par un mur qui les sépare de la galerie à dépoter, désignée par la lettre D.

Pl. 88. La fig. 1 de la pl. LXXXVIII représente en élévation, sur une échelle plus grande, la grande serre droite avec des arrachements des serres courbes,

La fig. 2 est la coupe de cette même serre suivant son axe transversal.

Pl. 89. La ferme du comble de la grande serre est représentée pl. LXXXIX par la fig. 1, qui est une coupe suivant AB, fig. 2; la fig. 2 est le plan d'une des extrémités de ce comble avec châssis à tabatière en C. L'assemblage de l'arbalétrier et du tirant est représenté par la fig. 3. La sablière *a* est couverte d'une plaque de tôle *b*, qui reçoit la buée qui coule le long du vitrage pour la rejeter au dehors; *c* est un tasseau formant fourchette recevant l'extrémité des chevrons.

Les fig. 5 et 6 sont des coupes d'un arbalétrier et d'un chevron.

La fig. 7 est un détail de l'assemblage des arbalétriers et du faitage avec le poinçon; la fig. 8 est un détail de la jonction du poinçon, du tirant et des contrefiches au moyen d'un boîte de fonte.

La fig. 9 est une coupe du tirant et du poinçon suivant DE, fig. 8; enfin, la fig. 10 représente, grandeur d'exécution, un fragment de l'arbalétrier où l'on voit la disposition du vitrage sur des traverses en tôle repliée, portant des pattes qui servent à les fixer sur les arbalétriers et les

chevrons, et qui en même temps, au moyen du ressaut qu'on obtient en courbant leurs cornes supérieures, s'opposent au glissement des carreaux.

La pl. XC renferme des détails du comble représenté dans la planche précédente; la fig. 1 est une coupe du châssis mobile C, fig. 2, pl. LXXXIX; la partie indiquée en ponctué représente le châssis en mouvement autour de son axe de rotation, qui le divise en deux parties telles, que celle inférieure l'emporte un peu sur celle supérieure; par cette disposition, il se tient naturellement fermé, et se referme de lui-même lorsque l'obstacle qui le tenait ouvert a disparu.

Pl. 90.

Le plan d'un arrachement de ce châssis est donné dans la fig. 2; la fig. 3 est une coupe sur AB.

Les figures suivantes sont les détails des chéneaux et tuyaux de descente. La fig. 4 est un plan du chéneau d'angle où sont indiqués les orifices *a* communiquant à travers la console à la colonne. Ces orifices sont recouverts des grilles *b*, destinées à prévenir les engorgements des tuyaux, en arrêtant les corps étrangers que les eaux des pluies peuvent entraîner avec elles.

Une coupe longitudinale de ces chéneaux est représentée fig. 5; la partie de cette figure marquée *c* représente cette même coupe au milieu de l'entre-colonnement.

La fig. 6 est une coupe sur CD, et la fig. 7 un plan pris au niveau du dessus de la console suivant EF, fig. 6.

Dans la pl. XCI sont contenus les détails des serres courbes, dont la fig. 1 représente la coupe transversale. Ces serres sont formées d'arcs en fer, espèces de crémaillères placées à des distances respectives égales à la somme des largeurs de quatre carreaux; scellés à leur partie supérieure dans le mur auquel ces serres sont adossées, ces arcs reposent inférieurement sur des montants très-courts, fortement scellés au-dessous du sol, et maintenus jusqu'aux deux tiers de leur hauteur par les maçonneries des petits murs antérieurs.

Pl. 91.

Par cette disposition, l'inclinaison de ces arcs étant d'ailleurs assez considérable, leur poussée se trouve sinon anéantie, au moins considérablement diminuée; tandis qu'au contraire la résistance opposée à la force d'extension de ces arcs, résistance qui réside dans les supports verticaux, est rendue aussi efficace que possible; en sorte que cette construction est réduite à sa plus grande simplicité, puisque les élé-

ments indispensables dans cette disposition renferment en eux-mêmes assez de force pour pouvoir sans inconvénient se passer d'un secours étranger.

Les deux parties de la fig. 2 sont des détails des deux extrémités d'un des éléments de la crémaillère, où sont indiquées aussi celles du bras mobile ou levier qui sert à faire mouvoir à volonté un panneau du vitrage entièrement disposé pour être mobile au besoin, mais dont quelques panneaux seuls sont particulièrement affectés à l'aération. Ce levier est traversé dans son milieu par un axe en fer qui s'étend d'un côté à l'autre panneau, où il traverse un autre bras, mais dans son extrémité seulement, vu sa moindre dimension.

La traction exercée de haut en bas sur l'extrémité A du levier communique à son axe B, fig. 3, un mouvement de rotation; l'extrémité C mobile sur le châssis l'élève en glissant dessous.

Quant au bras du côté opposé, dont l'extrémité fixe est représentée par la fig. 4, le mouvement lui est communiqué par l'axe qui tourne dans les deux crémaillères, mais qui, avec les leviers, ne forme pour ainsi dire qu'une seule pièce.

La fig. 5 est une coupe sur DE fig. 2; la fig. 6 en est la projection supérieure sur un plan horizontal; la fig. 7 est un détail de la rencontre de la crémaillère et des montants; la fig. 8 en est un plan suivant FG.

*Devanture de boutique.*

Pl. 92. Dans la pl. XCII nous avons donné les détails de la boutique de M. Guerlain, parfumeur, rue de la Paix, dont MM. Fédel et Charpentier ont été les architectes, et que M. Travers a construite sous leur direction. Cet exemple de construction en fer dans lequel le fer forgé et la fonte sont combinés, l'un constituant réellement la devanture, l'autre appliqué pour la décoration, est au nombre de ceux que ce constructeur habile nous a fourni les moyens de faire connaître en mettant à notre disposition tous les dessins nécessaires.

La fig. 1 est l'élévation de la partie de cette boutique nécessaire à l'intelligence des moyens employés pour sa construction.

Le fig. 2 en est le plan. Les parties de ce plan le plus fortement teintées représentent le métal, les autres représentent soit la menuiserie, soit les pieds-droits en pierre qui portent la maison.

La fig. 3 est une coupe faite suivant la ligne CD fig. 1.

La fig. 4 est un détail de la coupe précédente, à laquelle il se rattache par la lettre *a*.

La fig. 5 représente l'élévation de la console vue de profil dans la fig. 4, et en *a* fig. 3.

La fig. 6 est le plan du dessus de l'angle de la corniche.

La fig. 7 est une coupe EF fig. 3.

La fig. 8 est une coupe suivant GH fig. 2.

La fig. 9 est une coupe suivant I J fig. 3 et 8.

La fig. 10 est une coupe suivant AB fig. 1.

La fig. 11 est une coupe par un plan horizontal dans la hauteur du soubassement.

La fig. 12 est une coupe par un plan horizontal dans la hauteur d'un vasistas ou partie supérieure mobile des glaces.

La fig. 13 est l'élévation intérieure d'un de ces vasistas.

La fig. 14 est une coupe verticale sur un de ces vasistas.

La fig. 15 est l'élévation de la barre de fer au moyen de laquelle on ferme les volets.

La fig. 16 est une coupe expliquant le mode de fermeture des volets.

La fig. 17 représente de face et de profil le boulon à clavette qui sert à fixer l'extrémité de la barre de fermeture.

*Exemples de fermetures appliquées aux cellules des pénitenciers américains.*

La fig. 1 de la pl. XCIII représente une machine au moyen de laquelle on ferme cinquante cellules à la fois. Cette machine se trouve dans la prison de l'État de New-York située à Sing-Sing ou Mount-Pleasant; elle a été conçue et exécutée par un prisonnier détenu dans cette maison.

A représente la grille d'une des cellules; les quarante-neuf autres sont semblables. Lorsque cette grille est poussée dans sa feuillure, le loquet *a* est accroché dans le mantonnet *b*, et par conséquent le verrou *c* est descendu à sa place. On abaisse alors la bascule *d*, qui vient s'appuyer sur la traverse *e*, en la faisant avancer au moyen de l'engrenage *f*, de manière que le goujon *g* entre dans l'œil *h*. Par ce mouvement l'œil *j* se trouve vis-à-vis le verrou *l*; et l'œil *k* vis-à-vis celui *m*. On avance alors les deux verrous *l* et *m* en leurs places, de sorte qu'en abaissant

Pl. 95.

ensuite la bascule *n*, l'œil *o* serve de gâche au goujon *p*, et la gâche *q* se trouve à sa place pour recevoir le pêne *r* de la serrure *S*, qui ferme tout.

*T*, coulisseau dans lequel est un galet en cuivre, sur lequel coule la traverse *e*. Il y en a un semblable à chacune des cinquante grilles fermées par cette machine.

La fig. 2 est le détail d'une grille de cellule de la même prison, mais de celles qui se ferment simplement avec une serrure, sans le secours de la machine que représente la fig. 1.

La partie grillée en carreaux est à jour. Le reste est garni à l'intérieur par une forte plaque en fer battu. Tous les fers ont 0<sup>m</sup>035 sur 0<sup>m</sup>01.

La fig. 3 est une vue de la grille d'une des nouvelles cellules de la prison d'État à Auburn.

Cette grille se ferme au moyen d'un fort loquet ou bascule en fer qui s'accroche sur l'extrémité d'une des traverses, faite à cet effet plus longue que les autres. La bascule porte, à l'extérieur du mur et près de la poignée, une gâche dans laquelle entre le pêne de la serrure.

La fig. 4 est un détail de la bascule et de la serrure de cette même grille.

La fig. 5 représente une grille de cellule du pénitencier de Washington.

*a*, fort loquet ou bascule s'accrochant dans les mantonnets *b*; ils se trouvent fermés dans le pêne *c*, qui entre en même temps dans l'œil *d* et dans la gâche *e*.

*f*, partie à la charnière portant œil de gâche.

*g*, toute la partie au-dessus de cette traverse est à jour, et toute la partie inférieure est fermée à l'intérieur d'une plaque de fer battu de 0<sup>m</sup>004 d'épaisseur.

*h*, fer de 0<sup>m</sup>04 sur 0<sup>m</sup>01 d'épaisseur.

*i*, fer de 0<sup>m</sup>075 sur 0<sup>m</sup>01 d'épaisseur.

*j*, évidements dans les pierres pour pouvoir dégondrer la porte.

La fig. 6 représente la fermeture intérieure d'une des cellules du grand pénitencier de l'est à Philadelphie. Lorsque cette grille est poussée contre le battement *b* du revêtement intérieur de la baie, on peut avancer le verrou *c* dans la gâche *d*; le mouvement fait en même temps monter et descendre les deux autres verrous *e* et *f*, qui entrent dans les gâches *g* et *h*; on enfonce ensuite la barre à coulisse *i*, de manière à ce que

le goujon *j* entre dans l'œil *k*. Après ce mouvement, les œils *l* et *m* se trouvent l'un devant l'autre. On ferme ensuite la porte de bois fig. 7, et le pêne de la serrure de cette porte ferme le tout en entrant dans les deux œils *l* et *m* qui forment gâche.

La fig. 7 représente la porte en bois qui ferme la baie de la cellule sur la surface externe du mur.

*Détails des fenêtres de la prison cellulaire et du palais de justice de Tours.*

La fig. 1 de la pl. XCIV est l'élévation d'une baie de croisée de cellule; la fig. 2 en est le plan pris sur AB. Pl. 94.

La fig. 3 est une coupe suivant l'axe de la cellule, faisant voir d'une part la croisée et la disposition des cordons au moyen desquels s'ouvre et se ferme cette croisée, qui se trouve située au rez-de-chaussée et au premier, à des distances inégales du plancher supérieur, comme on le voit en C et D, et d'autre part l'attache de ces mêmes cordons sur le mur de la galerie.

La fig. 4 est la projection du châssis sur un plan qui lui est parallèle.

La fig. 5 est un fragment de coupe prise sur EF fig. 4, et faisant voir la disposition des fers et de la tôle dont il est formé.

La fig. 6 est une coupe du châssis faite suivant GH fig. 4, et faisant voir sa charnière et sa fermeture.

Les fig. 5 et 6 sont à une échelle de 0<sup>m</sup>5 p. m.

La fig. 7 est l'élévation d'une des fenêtres du palais de justice; cette fenêtre s'ouvre au moyen du cordon I, et se ferme au moyen de celui J.

La fig. 8 est une coupe de cette fenêtre suivant un plan horizontal.

La fig. 9 en est une coupe par un plan vertical perpendiculaire à celui de la croisée; les lignes ponctuées en indiquent le mode d'ouverture. Cette fenêtre tourne sur un axe horizontal K placé au-dessous du milieu de sa hauteur, afin qu'une fois ouverte elle continue son mouvement d'elle-même, jusqu'à ce qu'elle se trouve arrêtée par le lien L, qui détermine l'angle de son ouverture.

Les divers fragments de la fig. 10, qui appartiennent à une projection de la face interne de la croisée sur un plan vertical qui lui est parallèle, se rattachent, par la similitude des lettres qui les accompagnent, à l'ensemble de cette projection fig. 7.

Il en est de même des rapports qui existent entre les fig. 11 et 9.

La fig. 12 est une coupe suivant RS fig. 7, faisant voir la disposition du vasistas ou carreau mobile affecté à la ventilation. (*Lire Rondelet, tome III, page 319.*)

SYSTÈMES DE CONSTRUCTION DES PONTS EN FER FONDU.

(*Voir Rondelet, tome III, page 319.*)

*Pont sur le canal du Régent. Chemin de fer de Londres à Birmingham.*

Ce pont, bien que coupant le canal sous un angle légèrement aigu, est cependant construit carrément. Le plan du dessus des rails est élevé de 3<sup>m</sup>96 au-dessus de la surface de l'eau, et la distance entre les culées est de 15<sup>m</sup>23.

Les trois fermes qui supportent le tablier sont doubles, c'est-à-dire que chacune d'elles se compose de deux parties semblables solidement reliées entre elles et fondues chacune d'un seul jet. Les pièces de pont sont attachées à ces fermes, dont les arcs sont maintenus par des cordes en fer ou tirants. Les plaques de fonte qui forment la chaussée sont à jour pour permettre l'écoulement des eaux, et les coussinets sont établis sur des sièges en chêne fixés sur les pièces de pont en fonte.

Pl. 95. La fig. 1 de la planche XCV est l'élévation de ce pont. Dans le plan fig. 2 se trouvent deux parties A et B représentant le pont avec ou sans le grillage formant plancher; la fig. 3 est une coupe transversale, et la fig. 4 une coupe longitudinale représentant un fragment de la ferme extérieure.

Pl. 96. Dans la planche XCVI sont contenus, fig. 1, une coupe transversale du pont, avec détails, dans laquelle on voit la ferme extérieure et la moyenne, ainsi que les croisillons en fonte qui en relient les deux parties et les tirants qui contribuent au maintien des arcs; on y voit aussi la disposition des pièces de pont, et en général de toutes celles qui constituent le tablier. A est la broderie qui décore la ferme extérieure; B est la tige de suspension des cordes ou tirants des arcs de la ferme intermédiaire; C représente les pièces analogues des fermes de tête.

La fig 2 comprend en D le plan de la voie préparée pour la pose des coussinets, rails, etc.; en E le plan du grillage, et en F la plaque

qui couvre les fermes, et dont on voit les renforts inférieurs dans la fig. 3, qui en est le plan du dessous.

La fig. 4, qui comprend, en G, H, I, K, L, divers détails d'ajustement des rails et des coussinets, et la fig. 5, qui fait voir en élévation et en coupe transversale l'assemblage des cordes des arcs, sont toutes deux à une échelle double des autres figures de cette planche.

Les fig. 6 et 7 sont des détails de la ferme intermédiaire et de celles de tête, profils et coupes prises à la naissance des arcs.

*Pont sur le canal de Paddington et le chemin de fer à Wormholt-scrubbs. Chemin de jonction de Birmingham à Bristol, et de la Tamise.*

Ce pont en fer, dont la disposition présente beaucoup d'analogie avec celle du pont du Necker, construit en bois (voir pl. XL, fig. 3 et 4), est en partie suspendu à quatre arches en fonte de 21<sup>m</sup>34 d'ouverture, ce qui est l'inverse de ce qui a lieu pour les ponts suspendus ordinaires; la largeur du tablier se compose d'une chaussée de 6<sup>m</sup>10 pour les voitures, et de deux trottoirs de 1<sup>m</sup>52 chaque.

On a choisi pour faire passer la route le point où le chemin de fer passe sous le canal, afin de n'avoir qu'un pont à construire.

La voûte de la galerie du chemin de fer est formée de pièces de fonte bordées de côtes saillantes supérieures formant fermes, et au moyen desquelles elles s'unissent par des boulons.

Au pied du plan incliné du chemin de fer, au nord de la galerie, est un emplacement pour le commerce du canal et du chemin de fer. Cet emplacement arrive au niveau du quai au moyen d'un plan incliné particulier, de peu d'étendue. La force motrice qui est à son pied sert à la fois pour les deux plans inclinés.

Nous avons donné dans la fig. 1 de la planche XCVII l'élévation de ce pont et la coupe de la galerie du chemin de fer par un plan parallèle à sa face. Les fig. 2 et 3 sont deux coupes transversales de ce pont, faites, l'une suivant son axe transversal, l'autre près de la culée. Enfin, nous avons représenté, fig. 4, par un plan sur une échelle plus petite, le croisement de ces trois voies de communication superposées.

La fig. 5 représente une des arches du pont ou chemin couvert sous Park-Street à Londres.

Pl. 97.

*Pont sur la rivière Trent dans le Staffordshire (Angleterre).*

Ce pont, construit en 1830, est formé d'une seule arche de 42<sup>m</sup>66 de corde et de 4<sup>m</sup>26 de flèche, qui repose à sa naissance sur des plaques de fonte d'un seul morceau, et qui se compose de cinq fermes fondues en sept parties d'égale longueur et de 0<sup>m</sup>91 de coupe, suivant le rayon. Il a été employé dans la construction de ce pont, qui avec ses abords a coûté 239,315 fr. 53 c., 344,321 kilog. de fer, figurant dans le chiffre total pour une somme de 95,798 fr.

Pl. 98. Les diverses parties de cet ouvrage sont représentées dans les planches XCVIII et XCIX; la fig. 1 de la première en est une élévation générale, et la fig. 2 une coupe transversale sur le milieu. Les fig. 3 et 4 sont deux plans des culées, l'une représentant une projection de la chaussée, et l'autre une coupe faite au-dessous de la naissance. Les fig. 5 et 6 sont des coupes faites suivant AB et CD de la fig. 4.

Pl. 99. La fig. 1 de la planche XCIX est le plan des fermes et des entretoises qui les maintiennent.

La fig. 2 est un fragment du tympan des arcs extérieurs; la fig. 3 en est une coupe sur AB.

La fig. 4 est un plan de la plaque de naissance; les fig. 5 et 6 en sont l'élévation et la coupe sur CD.

La fig. 7 représente l'assemblage des arcs avec les tympanes et les entretoises droites; la fig. 8 en est le plan sur EF. Dans les fig. 9 et 10 on voit l'assemblage des entretoises diagonales avec les arcs et les entretoises droites, en élévation et en plan sur GH.

La fig. 11 est une élévation de la balustrade du pont.

La fig. 12 comprend une coupe d'un piédestal faite par un plan parallèle à cette balustrade, et trois plans suivant KL, MN et OP.

Les fig. 13 et 14 sont des coupes suivant QR et ST de la fig. 3.

La fig. 15 est le plan inférieur d'une des plaques du tablier; la fig. 16 en est une coupe.

*Pont du Carrousel.*

L'emploi de la fonte à la construction des ponts n'amena pas d'abord un grand changement dans les combinaisons qui y avaient été appliquées jusqu'alors. Cette innovation ne fut en réalité dans

l'origine qu'une substitution de matière; c'est-à-dire qu'on fit en fonte des ponts qu'on disposa comme on avait disposé ceux en bois ou en pierre.

Nous avons sous les yeux un exemple de chacun de ces systèmes : le pont des Arts, qui rappelle les ponts sur cintres en bois, et le pont d'Austerlitz, où les arcs sont formés de voussoirs, comme dans les ponts en pierre (1).

Des deux systèmes, ce dernier a eu la préférence, si l'on en juge par le nombre d'exemples qu'il fournit. On conçoit en effet que la fonte, dont la force principale consiste dans sa résistance à la pression, soit assimilée à la pierre et employée de la même manière, plutôt que d'être substituée au bois, qui possède des qualités différentes. Cependant en pratique l'application de cette méthode n'est pas sans inconvénients, soit à cause de l'emploi de la fonte en lames étroites n'offrant que de faibles épaulements, soit à cause des assemblages; et son insuffisance s'est manifestée dans le pont d'Austerlitz, où les vibrations ont déterminé des ruptures nombreuses, et, par suite, des affaissements qu'on n'a pu arrêter qu'à l'aide d'un grand nombre de brides et d'étriers en fer forgé.

M. A. R. Polonceau, dans la construction du pont du Carrousel, est parvenu à obvier à ces inconvénients, qu'il a eu en vue d'éviter, au moyen d'une nouvelle combinaison d'arcs en fonte disposés de manière à résister déjà par eux-mêmes aux déversements et dans lesquels les boulons d'assemblage n'ont en aucune façon à résister aux efforts des voussoirs ou segments d'arc dont ils sont composés. Nous avons donné, d'après les planches qui accompagnent la notice publiée par M. Polonceau sur le nouveau système de ponts en fonte suivi dans la construction du pont du Carrousel, quelques figures qui en représentent l'ensemble et en font connaître les détails (2).

Ce pont, établi sur la Seine, à Paris, vis-à-vis la rue des Saints-Pères et le guichet du Louvre, qu'il met en communication, a été exécuté dans l'espace de quatorze mois, puis livré au public le 30 octobre 1834. Il est formé de trois arches et a 151 mètres de longueur entre les culées; sa largeur entre le nu des têtes d'amont et d'aval est de 12 mètres, et

(1) Voir Rondelet, pl. CLX et CLXI.

(2) Voir les planches C et CI du Suppl.

l'intrados de la clef de l'arche du milieu est élevé de 9<sup>m</sup>50 au-dessus du niveau de l'étiage; celui des clefs des arches latérales n'en est distant que de 8<sup>m</sup>25.

Pl. 400. Les trois arches sont décrites avec le même rayon, ainsi qu'on peut s'en convaincre par l'inspection de la fig. 1, pl. C, et leur flèche, qui n'excède guère le dixième de la corde, est suivant l'auteur arrivée à la limite que permet la prudence pour des ponts de grande ouverture. Chaque arche se compose de cinq fermes, comme on le voit par la fig. 2, qui en est un développement. On voit par cette figure que les entretoises qui contreventent les arcs leur sont tantôt perpendiculaires, A, pour s'opposer à leur rapprochement, tantôt obliques, B, pour former des triangles invariables et remplacer les croix de Saint-André. Ces entretoises sont en fonte, et par conséquent peu propres à résister à de grands efforts de traction; c'est pourquoi des tirants en fer forgé, C, ont été placés de chaque côté des entretoises droites, afin de les faire serrer contre les semelles, pour résister à tout effort qui tendrait à augmenter l'écartement des fermes, qui se composent de grands arcs sur le sommet desquels reposent les longérons, divisés dans leur portée par des anneaux garnissant les tympans des arcs et supportant le plancher.

Pl. 401. Le vide des arcs en fonte est rempli par des arcs composés de neuf planches de pin du Nord de 10 à 20 mètres de longueur sur 0<sup>m</sup>055 d'épaisseur, comme on le voit par la fig. 2, pl. CI. Ces planches, exemptes de toute humidité, ont d'abord été enduites de bitume, puis courbées sur des solives posées en travers sur les fermes de l'échafaud, suivant les ordonnées de l'épure, les joints étant disposés de manière à ne se point correspondre et à diviser l'arc en segments à peu près égaux. Dans cet état elles ont été maintenues les unes sur les autres au moyen de grands clous d'épingle, et enfin fortement serrées sur des platines en fer par des boulons qui les traversent.

Ces arcs ont eu pour résultat : 1° de faciliter la pose des fontes de revêtement et de soulager les échafauds en soutenant seuls cette charge considérable; 2° d'ajouter une grande force aux arcs en fonte, qu'ils mettent pour ainsi dire, par leur élasticité, à l'abri des ruptures, et, en cas de rupture de quelque partie, d'empêcher que la sûreté ne soit compromise; enfin, de permettre le remplacement d'une pièce sans qu'il soit nécessaire d'échafauder. Ces âmes en bois s'emboîtent par

leurs extrémités dans l'encadrement *a*, fig. 1, pl. CI, des plaques supportant des embases préalablement encastrées de 0<sup>m</sup>15 dans la pierre.

Pl. 101.

Après quatre années d'existence, une sonde ayant été opérée dans l'un des arcs que le soleil frappe le plus longtemps de ses rayons, dans une partie que baignent les grandes eaux, il a été prouvé par les copeaux qui en ont été extraits que le bois, enveloppé de toutes parts de bitume, de manière à remplir exactement le vide de l'arc en fonte, et par conséquent privé d'air et à l'abri de l'humidité, n'avait subi aucune altération.

Lorsque les âmes ont été en place, on les a couvertes des segments qui constituent l'arc en fonte extérieur, en commençant par les deux extrémités à la fois, afin de conserver l'équilibre. Chacun de ces segments se compose d'un demi-tube elliptique *a*, fig. 2, avec collet *b* à ses parties supérieure et inférieure. C'est au moyen de ce collet que les deux segments correspondants s'assemblent par des boulons qui n'ont qu'à les maintenir l'un contre l'autre; les trous des boulons n'existent lors de la pose que dans l'un des segments; ces trous sont de forme oblongue et parallèle à la tangente à l'extrémité du rayon qui passe par leur milieu. Lorsque l'on applique l'un sur l'autre les collets des segments, on perce les trous des boulons dans les collets où ils n'existent pas, vis-à-vis le milieu des trous oblongs; par ce moyen, les boulons, tout en unissant les segments pour compléter le tube, leur laissent une certaine liberté de mouvement dans le sens de leur longueur, ce qui leur permet de glisser sur les âmes lorsque l'on enfonce les cales dans les joints.

Des deux segments de naissance qui s'assemblent, l'un a la longueur commune de 1<sup>m</sup>40, l'autre n'en a que la moitié; en sorte que dans tout le développement des arcs les joints des segments des deux faces se croisent, pour que les joints de ceux d'un côté correspondent aux milieux de ceux opposés. Ces premiers segments portent des gorgerons saillants *a*, fig. 3, qui s'encastrent dans les embases, et quatre renforts *b* qui reposent sur les épaulements correspondants *b* des embases, fig. 1, dont ils sont séparés par de fortes cales en fer forgé *a*, fig. 4, au moyen desquelles on règle la portée, et qui supportent toute la charge du pont.

Tous les segments qui devaient former un arc ayant été rangés des deux côtés de l'âme, on les mit en place en les calant provisoirement et en les fixant l'un à l'autre par quelques boulons; puis le per-

cement des trous des boulons s'opéra, les boulons furent placés et laissés un peu libres jusqu'après le calage définitif, qui s'est fait au moyen de trois coins, dont deux glissant dans le joint des collets et l'autre dans celui des segments, comme on le voit en *d*, fig. 2 et 5; celui des collets inférieurs fut enfoncé de bas en haut, les deux autres eurent une direction inverse. Lorsque toutes les cales furent en place, elles furent enfoncées simultanément à petits coups de marteau, dont on augmenta progressivement la force jusqu'à ce qu'enfin l'arc se soulevât de dessus ses appuis.

On voit que ce système des cales fait disparaître tous les inconvénients qui peuvent résulter du décintrement des arches par l'effet du tassement, puisqu'au moyen de ces calles elles s'élèvent par elles-mêmes au-dessus de leurs supports, et que la pression qui s'exerce sur les joints trouve une résistance qui garantit leur inflexibilité en même temps qu'elle leur assure une grande solidité.

Un autre avantage que l'on obtient par ce système est de pouvoir amener les fermes exactement dans un plan vertical au moyen des cales latérales : mais cette opération nécessite de grandes précautions, pour éviter de leur imprimer un mouvement transversal qui, une fois commencé, les renverserait infailliblement. Lorsque les arcs ont acquis le degré de tension suffisant et qu'ils sont dans leurs plans verticaux, l'on fixe les cales pour les maintenir en cet état au moyen de goupilles dont une moitié de l'épaisseur se loge dans les segments des arcs et l'autre dans les cales. Ce n'est qu'après cette opération que l'on serre complètement les boulons qui unissent les deux moitiés des arcs en fonte en traversant une rondelle de 0<sup>m</sup>01 d'épaisseur qui sépare les collets, et permet l'introduction du bitume qui doit remplir le vide d'environ 0<sup>m</sup>01 existant entre les âmes en bois et la fonte. Dans cet état, les arcs présentent une grande solidité; d'abord, pour résister à la pesanteur, ils ont une hauteur verticale de 0<sup>m</sup>88 en y comprenant celle des collets; l'épaisseur de la fonte est de 35 à 40 millimètres; en outre, les segments des arcs, offrant une disposition analogue à celle des voussoirs d'une voûte en pierre, résistent directement sans l'intermédiaire des assemblages : quant aux mouvements latéraux, leur largeur, qui est de 0<sup>m</sup>40, fournit une force et des épaulements qui dispensent de cet appareil considérable d'entretoises nécessaire à la *stabilité* des fermes dans les ponts ordinaires.

Les entretoises s'attachent sur des semelles fixées aux collets supérieurs des arcs, comme on le voit par les détails, au dixième de l'exécution, qui représentent en A, fig. 3, pl. C, la projection horizontale de l'extrémité d'une des entretoises obliques, et en B sa projection verticale; C en est une coupe faite sur *ab*, et D en est une autre faite au milieu de sa longueur. Dans la fig. 4 sont les détails des entretoises droites; on voit en *e* les cannelures où se logent les coins qui servent à les serrer en place; grâce à ces coins et à la précaution prise de ne percer les trous des boulons dans les tenons des semelles que lorsqu'on a donné aux pièces le degré de tension suffisant, ces dernières n'ont point à résister à la pression, qui s'exerce alors directement sur les entretoises, dont les deux premiers rangs, à partir du sommet de la courbe, sont fixés sur les collets inférieurs des arcs, afin de les empêcher de se déjeter. Pl. 100.

La disposition générale des entretoises sur des semelles est très-convenable en ce qu'elle dispense de la précision d'ajustage qu'il est très-difficile d'obtenir, et qu'au moyen des cales on peut facilement graduer la tension suivant la nécessité.

Après la pose des entretoises on a bouché le vide entre les collets inférieurs par des cales de bois enduites de peinture au minium et forcées au marteau jusqu'à 0<sup>m</sup>03 de profondeur qu'on a remplies de ciment de fonte ammoniacal; ensuite on a coulé le bitume, en ayant soin d'échauffer suffisamment le métal pour que le bitume conservât sa fluidité et remplît exactement tout l'intervalle entre le bois et la fonte; on en facilitait le mouvement et on s'assurait du remplissage à l'aide de lames d'acier. Le bitumage terminé, on a enlevé le bitume de dessus les collets supérieurs, et on les a couverts d'un solin de mastic bitumineux compacte et fort pour empêcher le bitume fluide employé à l'intérieur de sortir pendant les chaleurs de l'été.

Afin d'éviter les résultats qu'aurait pu avoir la poussée de l'une des arches sur les piles, si aucune force n'y eût fait équilibre, on les a posées toutes les trois en même temps, en ayant soin de rattacher toutes les fermes de manière à les rendre solidaires et à en empêcher le déversement; puis le calage en a été fait, les boulons ont été serrés, l'on a posé les entretoises; après quoi le bitume a été introduit sous la fonte des arcs; dans cet état, les arches étant complètes, on a placé sur chaque ferme les anneaux qui devaient, en amortissant les vibrations, transmettre aux

Pl. 401. arcs la charge du pont et diviser la portée des longerons. Ces anneaux, dont on voit le détail en A, fig. 2, pl. CI, au lieu de porter directement sur les arcs, reposent sur les épaulements réservés à leur partie supérieure, par l'intermédiaire des bobines que rattache l'une à l'autre une bande fer qui se trouve serrée entre les plaques verticales formant les anneaux et les épaulements des arcs. Par ce moyen, chacun des anneaux porte sur l'arc par six points; en sorte que la charge se trouve plus régulièrement répartie. La fig. 6 est un détail de ces bobines, qui se retrouvent encore aux points de contact des longerons avec les anneaux. Chaque longeron se compose de deux poutres accolées et rendues solidaires des arches, au moyen de sept fortes lames en fer forgé qui sont placées à leur sommet, où elles remplacent les entretoises qui manquent en cette partie, entre les poutres formant longerons et les doubles collets des segments, et maintenues de part et d'autre par des boulons. Les longerons de rive sont revêtus de plaques de fonte destinées à préserver les bois de l'action du soleil et en même temps à former décoration.

Les pièces de pont qui sont superposées aux longerons ont reçu des croix de Saint-André en plates-bandes de fer encastrées de leur épaisseur dans la face supérieure de ces pièces, sur lesquelles elles sont attachées par des boulons. Ces croix de Saint-André, au nombre de quatre sur chaque arche, contreventent le plancher du pont, dont toutes les parties, solidement maintenues, concourent par la solidarité établie entre elles à assurer la solidité.

*Pont tournant, en fonte, par Walker, ingénieur civil.*

Pl. 402. La fig. 1 de la pl. CII est une élévation de ce pont; la fig. 2 en est le plan, en A; les plaques dont il est couvert en B ont été enlevées pour laisser voir la construction et le mécanisme au moyen duquel il est mis en mouvement.

La fig. 3 est une coupe sur CD, fig. 1; la fig. 4 représente l'anneau ou rail supérieur, qui se fixe au moyen des boulons sous chacune des fermes; la fig. 5 représente l'anneau intermédiaire avec ses galets, placé sur l'anneau ou rail fixe inférieur. (*Lire Rondelet, tome III, page 329.*)

( Voir Rondelet, tome III, page 345. )

EXEMPLES DE COUVERTURES EN TUILES.

La couverture des édifices étant une question très-importante, puisque leur conservation et leur durée en dépendent, nous avons dû ajouter à ce que Rondelet donne sur ce sujet quelques exemples que nous avons cru pouvoir présenter quelques avantages sur les tuiles ordinaires.

La fig. 1, pl. CIII, renferme en A une projection faite sur un plan parallèle à la surface d'un toit formé de tuiles plates à rebords dites à écailles; en B une coupe faite suivant l'axe de ces tuiles. C est un plan au double d'une des tuiles; D en est le profil; E en est une coupe suivant l'axe. Pl. 105.

On voit par ces détails que les tuiles, au moyen des rebords, s'emboîtent et se maintiennent l'une sur l'autre.

La fig. 2 représente dans son ensemble et ses détails une couverture en tuiles plates à rebords comme les précédentes, mais de forme carrée. Les mêmes lettres désignent les mêmes projections et coupes que dans la fig. 1.

Les fig. 3, 4, 5, 6 représentent des tuiles faîtières à recouvrement, au moyen desquelles on évite l'inconvénient des tuiles faîtières ordinaires, qui se posent bout à bout et dont le joint est couvert en plâtre, et par conséquent se détruit promptement. Les tuiles faîtières dont il est question ont été inventées par M. Bruyère, inspecteur général des ponts et chaussées, pour remédier à cet inconvénient, et appliquées pour la première fois à la couverture du marché Saint-Germain.

La fig. 3 est l'élévation d'un fragment d'un faîtage formé de ces tuiles portant d'un côté un bourrelet et de l'autre un recouvrement, comme on le voit par la fig. 6. A et B sont deux plans, le premier supérieur l'autre inférieur, d'une de ces tuiles; C en est la coupe longitudinale, D l'élévation de l'extrémité portant recouvrement; E est l'élévation de l'autre extrémité.

La fig. 4 est la coupe du chaperon d'un mur dont l'arête est couverte de ces tuiles et dont les égouts sont formés de tuiles plates ordinaires.

La fig. 5 est un plan supérieur de ce chaperon.

Les fig. 7, 8, 9 et 10 sont divers détails d'une couverture comme les faisaient les anciens, modifiée par M. Bruyère. Cette modification consiste : 1° en ce que les rebords des deux tuiles contiguës se touchent immédiatement, et forment par leur réunion une portion de cône à base circulaire qui peut être enveloppée exactement par un couvre-joint de même forme; 2° dans la partie inférieure du cône formé par les deux bords, qui est creusée de manière à recevoir à la fois la partie supérieure du cône suivant et de son couvre-joint, d'où il résulte pour la couverture beaucoup de solidité et de régularité. Ces tuiles ne peuvent s'exécuter qu'avec d'assez grandes dimensions. D'après l'expérience faite par l'auteur de ce perfectionnement, le mètre carré de couverture formé de tuiles ayant les dimensions des figures dont il s'agit ne pèserait que 80 kil., c'est-à-dire un peu moins qu'une couverture en tuiles ordinaires, qui pèse au moins 88 kil. par mètre superficiel.

La fig. 7 est une projection sur un plan parallèle à l'inclinaison du toit d'un arrachement de couverture.

La fig. 8 est une coupe faite sur les tuiles plates, montrant de profil celles de recouvrement.

La fig. 9 représente en A le plan supérieur d'une des tuiles plates dont les coupes suivant *ab* et *cd* sont données en B et en C.

D est une coupe longitudinale du couvre-joint représenté fig. 10 par deux projections. (*Lire Rondelet, tome II, page 356.*)

#### DES COUVERTURES EN PIERRE.

(*Voir Rondelet, tome III, page 362.*)

#### *Couverture en marbre du temple d'Apollon Épicurien à Bassæ.*

Au chap. 1 de la deuxième section du livre VIII de son *Traité de l'art de bâtir*, où Rondelet parle des couvertures en pierre exécutées de nos jours sur divers points de la France, nous avons cru qu'il ne serait pas sans intérêt d'ajouter comme complément un exemple de ce genre choisi parmi ceux de l'antiquité. Nous avons donc réuni dans la pl. CIV quelques détails de la couverture en marbre du temple d'Apollon Épicurien à Bassæ.

Explication de la planche.

- Fig. 1 et 2, plan et coupe d'une tuile faîtière.  
 Fig. 3 et 4, plan et coupe d'une tuile du milieu de la pente.  
 Fig. 5 et 6, plan et coupe de l'extrémité basse d'une tuile avec l'antéfixe.  
 Fig. 7, coupe en travers indiquant le recouvrement des tuiles.  
 Fig. 8, coupe en travers d'un autre fragment.  
 Fig. 9, perspective du sommet de la couverture indiquant l'arrangement de la cimaise du fronton.  
 Fig. 10, profil de l'extrémité de la corniche.  
 Fig. 11, détail de l'antéfixe.  
 Fig. 12, détail de la cimaise rampante du fronton avec les entailles pour les recouvrements.

*Dallage de la plate-forme de l'arc de triomphe de l'Étoile.*

Ce dallage, représenté en plan, pl. CIII, fig. 11, est exécuté en pierre de Chérence. A est un chéneau en fonte dont les deux pentes aboutissent à l'orifice du tuyau de descente désigné par la lettre B. Pl. 405.

La fig. 12 est une coupe faite suivant CD montrant l'ajustement des dalles de la plate-forme avec le socle de couronnement de l'attique, lequel est en saillie sur le dallage, et forme l'enceinte dans laquelle il se trouve contenu.

La fig. 13 est le détail d'un des joints E, fig. 11.

La fig. 14 est une coupe transversale du chéneau passant par l'axe du tuyau de descente; dans cette coupe la pente du dallage est d'environ 0<sup>m</sup>03 par mètre.

La fig 15 est une autre coupe suivant l'axe longitudinal du chéneau. La pente de ce chéneau est d'environ 0<sup>m</sup>015 par mètre. (*Lire Rondelet tome III, page 365.*)

DES COUVERTURES EN CUIVRE, EN PLOMB, ET EN ZINC.

(*Voir Rondelet, tome III, page 365.*)

*Couverture en métaux laminés.*

Nous croyons devoir ajouter aux exemples de couvertures en métal donnés par Rondelet ceux contenus dans la pl. CV, le premier appli- Pl. 405.

cable à tous les métaux laminés, pour lequel son auteur, M. Chibon, a pris un brevet en 1840.

La fig. 1 est une perspective d'une partie de comble couverte d'après ce système. On voit que cette couverture se compose de feuilles de métal qui se posent à recouvrement les unes sur les autres, et dont la fig. 2 est une perspective du dessous, montrant les deux pattes en fer galvanisé, A, soudées un peu au-dessus du recouvrement, ainsi que les crampons dans lesquels elles s'accrochent, lesquels sont fixés sur les chevrons dans les intervalles entre les voliges, comme on le voit par la fig. 3, qui est une coupe faite entre deux chevrons, la fig. 4, qui est un plan de détails d'un fragment de cette couverture, et la fig. 5, qui est une coupe faite perpendiculairement aux chevrons et qui fait voir la manière dont les feuilles s'adaptent sur les voliges.

On comprend, d'après les fig. 3 et 5, que les joints sont disposés de manière à ce qu'on n'ait rien à craindre des effets de la capillarité ; enfin, que l'eau ne peut en aucune manière pénétrer par ces joints.

D'autre part, le système d'attache des feuilles déjà connu ne s'oppose en rien aux mouvements du métal sous l'influence des changements de température, et laisse en même temps une grande facilité pour le déplacement des feuilles et leur emplacement.

Les feuilles dont se composent les couvertures suivant ce système ont de largeur en œuvre 0<sup>m</sup>35 sur 0<sup>m</sup>76 de haut ; leur forme est bien appropriée à leur destination ; mais s'il est avantageux que les voliges l'épousent pour la leur conserver, il est peut-être à craindre que cette complication de forme n'augmente trop la main-d'œuvre.

La fig. 6 est un fragment de coupe faite dans le sens des chevrons et faisant voir un solin en plomb.

La fig. 7 représente une dévirure.

La fig. 8 est un détail de l'égout d'un toit.

La fig. 9 est un détail de l'ajustement des feuilles entre elles et de leur mode d'attache sur les chevrons.

La fig. 10 est un fragment du faîtage.

#### *Couverture en tuiles de fonte.*

Le système Charles Jusserand est représenté en plan par la fig. 11. Ce système consiste dans l'emploi de tuiles en fonte de fer sans voliges

fixées sur des chevrons en bois ou en fer espacés de 0<sup>m</sup>50 d'axe en axe.

Chacune de ces tuiles a 0<sup>m</sup>50 de largeur sur 0<sup>m</sup>56 de longueur et 0<sup>m</sup>002 d'épaisseur; et malgré cette faible dimension un homme du poids de 100 kil. y peut marcher et même sauter dessus sans crainte d'accident. En place, l'assemblage de quatre de ces tuiles couvre une surface de 1 mètre carré, dont le poids est de 24 à 30 kilogrammes.

Ces tuiles sont courbes dans leur largeur, comme on le voit par les fig. 12, 13 et 14, afin que les eaux se reportent vers leur milieu au lieu de descendre le long des joints, et que la quantité qui se trouve accumulée à la partie inférieure du toit puisse être contenue dans ce canal. Ces figures représentent en coupe transversale divers échantillons de ces tuiles suivant diverses espèces de chevrons employés, soit en bois de dimensions différentes, soit en fer. Elles sont fixées sur ces chevrons au moyen de pattes dont la face est représentée dans la fig. 12.

La fig. 15 est une coupe suivant la longueur d'une tuile pour charpente en fer; *a* est un boulon à écrou retenu par le prisonnier *b* pour empêcher les tuiles de glisser. La fig. 16 est une coupe sur la longueur de plusieurs tuiles supportées par des chevrons en bois.

Trois modèles différents suffisent pour les toits à deux pentes, deux pour les faîtières et un pour toutes les autres. Il en faut six pour les toits à quatre pentes, dont trois pour les arêtières. Ces divers modèles sont indiqués sur le plan fig. 11 par les lettres A B C D E F et représentés en détail par les fig. 17, 18, 19, 20, 21 et 22.

Les tuiles faîtières A et B sont droites à leur partie supérieure et courbes à leur partie inférieure; les tuiles ordinaires C sont courbes dans toute leur longueur; les tuiles d'angle D et E sont entièrement planes, et celles qui s'y rattachent F sont, comme les faîtières, droites à leur partie supérieure.

On voit que dans ce système, comme dans le précédent, l'eau ne peut pénétrer par les joints, et que rien ne s'oppose aux mouvements du métal suivant la température. Il est aussi très-facile de remplacer les

tuiles, et cela avec d'autant plus d'avantage que cette opération ne peut s'exécuter que de l'intérieur des combles.

La durée des couvertures de ce genre doit être très-longue, surtout si l'on a soin de les peindre tous les dix ans au brai de houille avec tout autre corps gras. (*Lire Rondelet, tome III, page 370.*)

FIN DU TOME PREMIER.

# TABLE DES MATIÈRES.

SOMMAIRE DU TOME PREMIER DU SUPPLÉMENT AU TRAITÉ DE L'ART DE BATIR.

## CONSTRUCTION EN PIERRES DE TAILLE.

DE L'APPAREIL DES CONSTRUCTIONS ANTIQUES.

	Pages.
<i>Origine des constructions.</i> — Appareil dit cyclopéen, ses causes; son emploi dans les constructions de toutes les époques. . . . .	2
<i>Appareil mixte.</i> — Exemple de construction d'appareil dit cyclopéen superposée à une construction d'appareil rectangulaire accusé par des refends. — Exemple de bossages tiré d'un mur de Messène. . . . .	3
<i>Pierres posées en décharge.</i> — Exemple tiré d'une grotte en granit, de construction cyclopéenne de l'île de Délos. — Comparaison du plafond brisé avec le plafond horizontal . . . . .	3
<i>Pierres posées en encorbellement.</i> — Exemple tiré de la chambre souterraine vulgairement appelée Tombeau d'Agamemnon ou Trésor des Atrides à Mycènes. . . . .	4
Origine des voûtes. . . . .	5

DE LA POSE.

<i>Précautions prises pour la pose des pierres dans l'antiquité.</i> — Détails expliquant les moyens employés pour la pose des pierres dans divers édifices antiques. — Métopes en marbre maintenues par des triglyphes en pierre. . . . .	5
<i>Nouvelle méthode pour l'appareil des massifs et revêtements en pierre de taille.</i> — Soubassement de la halle des marchands poissonniers, à Londres. . . . .	6
Entrée du tunnel de Kilsby ( <i>chemin de fer de Londres à Birmingham</i> ). . . . .	7
Tranchée de Blisworth ( <i>chemin de fer de Londres à Birmingham</i> ). . . . .	8

STÉRÉOTOMIE.

<i>Plates-bandes et plafonds non appareillés.</i> — Combles des temples grecs. . . . .	10
Plafonds du temple d'Apollon à Phigalie. . . . .	11
<i>Des voûtes d'arête.</i> — Voûtes du moyen âge. — Caractères distinctifs de ces voûtes. — Simplicité de leur construction. . . . .	12
Disposition des nervures de leurs voussoirs. . . . .	13
Perfectionnement apporté dans la construction des voûtes. . . . .	14
Augmentation non apparente de la longueur des voussoirs des nervures. — Transformation de la voûte d'arête en voûte en éventail opérée en Angleterre. — Dénomination des nervures suivant leur position. — Voûte d'arête sur rectangle. . . . .	15

	Pages.
Dispositions des sommets des ogives. . . . .	16
Clefs ou voussoirs communs à plusieurs ogives. — Multiplicité des nervures. . . . .	17
Altération du principe des voûtes à nervures; ses conséquences. . . . .	18
Dispositions des voûtes en éventail sur plan carré et sur plan rectangulaire. — Diversité des voûtes à liernes. . . . .	19
Voûte de la chapelle de Henri VII à Westminster. . . . .	20
Voûte de la chapelle Saint-Georges, à Windsor. . . . .	22

## MAÇONNERIE.

## DES VOIES PUBLIQUES ET GRANDS CHEMINS.

<i>Forme et dimensions de la chaussée.</i> — Écoulement des eaux. — Assèchements. — Trottoirs. — Fossés. . . . .	23
Canaux inférieurs. — Barrières. — Matériaux. — Fondation et disposition des matériaux. — Nivellement et affermissement du sol. — Pavage inférieur. . . . .	24
Dimensions des pavés. — Couche de pierres concassées. — Fondation en ciment de Parker et gravier. . . . .	25
Lignes de rouage en granit. . . . .	26
Comparaison des routes pavées et des routes empierrées. . . . .	27
<i>Pavage en bois.</i> — Emploi dans les habitations. . . . .	28
Système Rankin. — Sciage. — Assemblage à rainures et languettes. — Déchet. . . . .	29
Blocs de base. — Blocs de clef. — Frais d'entretien. — Avantages de ce pavage. — Système de Lisle. — Forme des blocs. — Assemblage. . . . .	30
Emploi des chevilles. — Inclinaison des fibres du bois. . . . .	31
Culée. . . . .	32

## DES TUYAUX DE CONDUITE D'EAU ET DE GAZ, ET DES ÉGOUTS.

<i>Des égouts.</i> — Dimensions de grands égouts de Paris. — Puits verticaux. — Créneaux dans les pieds-droits. — Radier. — Pente. — Regards. — Ventilation. . . . .	33
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## DES CHEMINS DE FER.

<i>Origines des chemins de fer.</i> — Chariots roulant sur des charpentes. — Pièces de rapport. — Rails en fonte. — Rails plats avec rebords à l'extérieur. . . . .	34
Pose des rails dans les coussinets. — Substitution du fer à la fonte dans la confection des rails. . . . .	35
<i>Considérations générales sur le tracé du chemin.</i> — Pentes. — Courbes. . . . .	35
Fossés. . . . .	36
<i>De la formation des remblais.</i> — Remblais au tombereau. — Remblais au wagon. . . . .	36
<i>Des talus.</i> — De leur inclinaison. . . . .	36
<i>Des tranchées.</i> — Fossés. . . . .	37
<i>De la chaussée.</i> — Écoulements des eaux. . . . .	38
Pose des traverses ou des dés en pierre. — Petit mur d'encaissement. — Chaussée en remblai. . . . .	39
<i>Des gares.</i> — Situation. . . . .	39

	Pages.
<i>De la voie.</i> — Parties dont elle se compose. — Dés en pierre. — Coussinets; leur pose. — Mouvement de lacet; ses résultats. — Chevilles en bois . . . . .	40
Traverses; leurs avantages sur les dés en pierre. . . . .	41
<i>De la pose des dés ou des traverses.</i> — Pilonage du sol. . . . .	42
<i>Avantages des rails en fer malléable.</i> — Augmentation de la portée. — Qualité du fer em- ployé. . . . .	43
<i>Des rails ordinaires.</i> — Rails à champignon. . . . .	43
Rails à champignon simple; à champignon double; avec semelle; fixé sur longuerine. — Motifs du double champignon. — Formes diverses du champignon. . . . .	44
Inclinaison de sa surface supérieure. — Conformation de la tige. — Rails ondulés. . . . .	45
<i>Des rails sur longuerine.</i> — Avantage de ce genre de rails. . . . .	45
Chemins en fer et bois préférables à ceux tout en fer. . . . .	46
<i>Des changements de voie.</i> — Mobilisation de l'extrémité de la voie. — Changement au moyen d'une seule aiguille. . . . .	46
Changement au moyen d'aiguilles mobiles distinctes formant contre-rail. . . . .	47
<i>De la pose des rails.</i> — Fonction des cales ou coins. — Différence de niveau des rails dans les courbes. . . . .	47
Jeu dans les joints. . . . .	48
<i>Des coins.</i> — Coins en fer. — Coins en bois. . . . .	48
<i>Du remplissage de la voie.</i> — Pilonage autour des supports. . . . .	49
<i>Entretien.</i> — Exécution des travaux au printemps ou à l'automne. . . . .	49
Tassements sous le rail extérieur des courbes. . . . .	50
<i>Exemples de gare.</i> — Gare de Paris. ( <i>Chemin de fer de Paris à Orléans.</i> ) . . . . .	50
Station de Saint-Louis. ( <i>Chemin de Strasbourg à Bâle.</i> ) . . . . .	54
Station de Merxheim. . . . .	55
<i>Chemin de fer de Londres et Greenwich établi sur un viaduc.</i> — Guérites de retraite pour les ouvriers. . . . .	56
<i>Chemin de fer de Londres à Croydon.</i> — Substitution de pièces de charpente aux dés en pierres et aux coussinets. . . . .	57
Rails vissés sur les longuerines. . . . .	58
<i>Chemin de fer de Londres à Birmingham.</i> — Assemblage du rail avec le coussinet. . . . .	58
Assemblage de rails ondulés avec les coussinets. . . . .	59
Coussinets de M. G. W. Bukc. . . . .	60
Portée des rails dans les coussinets. — Point de contact du rail et du coussinet. — Pièce de remplissage en fonte. — Coinçage au moyen d'une clef en fer; son effet. Extraction de la clef. — Coussinets de joint. — Épreuve faite sur les clefs. — Clefs en bois . . . . .	61
<i>Exemples de changements de voie.</i> . . . . .	63
<i>Exemples de rails.</i> — Rails parallèles. . . . .	64
Rails ondulés. — Rails sur longuerines. . . . .	65
<i>Détails des plates-formes tournantes du chemin de fer de Londres à Birmingham.</i> . . . . .	65
DES BRIQUES.	
<i>De la fabrication et de l'emploi des briques crues.</i> — Preuves de solidité. . . . .	67
Cohésion. — Incombustibilité. — Propriétés. — Confection. . . . .	68
Moulage. — Exécution des fondations; — Murs en élévation. — Mortier. . . . .	69

	Pages.
Tassement. — Grillages en bois au niveau du dessus et du dessous des baies. — Plafonnage et recrépissage. — Peinture à l'extérieur . . . . .	70
<i>Des murs en briques.</i> — Temple du dieu Ridicule. — Démaigrissement des lits; ses résultats.	71
<i>De la construction en poteries des cloisons et des murs de refend.</i> — Légèreté. — Incombustibilité. — Absorption du son . . . . .	72
Poids comparés des cloisons en poteries, de celles en briques, et de celles en bois et plâtre. — Murs de refend en porte-à-faux. Murs de refend en poteries portant plancher. — Baies de portes et de fenêtres. — Coffres de cheminées et languettes . . .	73
Poids comparés des murs de refend en poteries, en briques et poteries, et en moellons . . . . .	74
<i>Des tuyaux de cheminée.</i> — Inconvénient des anciens tuyaux . . . . .	74
Tuyaux adossés aux murs. — Tuyaux contenus dans l'épaisseur des murs. — Languettes de face. — Languettes costières. — Action du feu sur le plâtre. — Système Gourlier . . . . .	75
Avantages de la terre cuite. — Inconvénients de la pierre, du plâtre et de la fonte employés à la construction des cheminées. — Considérations relatives à la dimension des tuyaux . . . . .	76
Forme des tuyaux; briques employées à leur construction; leurs avantages sous le rapport de la solidité . . . . .	77
Épaisseur des murs. — Dévoiement des tuyaux au moyen d'un évasement oblique qui les met en communication avec le foyer. — Partie des tuyaux à l'extérieur du bâtiment. — Disposition de la plinthe ou couronnement des souches . . . . .	78
Modification de la forme circulaire des tuyaux . . . . .	79
Construction des raccordements obliques. — Hauteur d'assises de briques égales à la hauteur moyenne du moellon. — Absence de joints verticaux dans les languettes. — Briques pour tuyaux dévoyés. Souches au-dessus du toit . . . . .	80
Tuyaux adossés aux murs . . . . .	81
Moyen de communication entre l'étage supérieur de la maison et l'orifice des souches de cheminée . . . . .	82
Enveloppe métallique isolée des murs dans toute sa hauteur. — Trappe mobile pour fermer le tuyau. — Briques Courtois . . . . .	83
Briques Fonrouge. — Absence de tout joint vertical . . . . .	84

## DU MORTIER.

<i>De la chaux.</i> — Division en cinq catégories . . . . .	84
Signes caractéristiques . . . . .	85
<i>Des chaux artificielles.</i> — Imitation de la chaux hydraulique naturelle . . . . .	86
<i>De l'extinction.</i> — Trois procédés principaux portant les noms d'extinction ordinaire, extinction par immersion, et extinction spontanée . . . . .	87
Moyen de conserver les chaux éteintes . . . . .	88
<i>De la composition des mortiers et ciments.</i> — Substances très-énergiques . . . . .	88
Peu énergiques, inertes . . . . .	89
Tableaux des mélanges à opérer pour obtenir des mortiers et ciments capables d'acquiescer une grande dureté . . . . .	90
Rapports de ces mélanges . . . . .	91
<i>De la manipulation.</i> . . . . .	92

TABLE DES MATIÈRES.

231

	Pages.
Mauvaise pratique des ouvriers. Manipulation à couvert. . . . .	93
<i>De l'emploi en immersion.</i> — Enlèvement de la chaux noyée. . . . .	94
<i>De l'emploi du béton.</i> . . . . .	95
Exécution de deux ponts. — Construction de voûtes. . . . .	96
Construction des jetées. — Construction des murs en élévation au moyen de prismes en béton. . . . .	97
Construction des murs de soutènement. Construction des voûtes de caves. . . . .	98
Exécution des voûtes au moyen de cintres en briques. . . . .	99
Extrados du cintre maçonné en mortier hydraulique ou en ciment. Intrados maçonné en plâtre. . . . .	100
Couche de terre argileuse formant l'enduit de l'extrados. . . . .	101
<i>Reprise en sous-œuvre exécutée à l'arsenal de Sa Majesté Britannique à Chatham.</i> — Tasse- ment des pieds-droits. . . . .	101
État des fondations. . . . .	102
Exécution d'une fondation nouvelle en béton. — Préparation du béton. . . . .	103
Mode d'exécution. — Épreuve. . . . .	104

CONSTRUCTION DES VOUTES EN MAÇONNERIE.

<i>Des tunnels.</i> — Causes qui en ont déterminé l'emploi. . . . .	105
<i>Nouveau tunnel de Harecastle dans le Staffordshire.</i> — Chemin de halage; cintre qui a servi à l'exécution. . . . .	106
<i>Tunnel du canal joignant la Tamise à la rivière Medway.</i> . . . .	106
Tracé du tunnel. — Gare d'évitement. . . . .	107

DES PONTS.

Projections de deux ponts construits sur le chemin de fer de Londres à Southampton. . . . .	107
<i>Viaduc de Wharncliffe.</i> — Murs en aile. — Décintrement des arches. . . . .	108
<i>Pont de Maidenhead.</i> — Les arches de ce pont sont les plus grandes qui soient exécutées en briques. . . . .	109

DES VOUTES EN BRIQUES.

<i>Voûtes en briques à crochets.</i> . . . . .	109
Avantages qui résultent pour ces voûtes de la propriété d'expansion du plâtre; — Moyen de suppléer à sa mauvaise qualité. . . . .	110

CHARPENTE.

<i>Des assemblages.</i> . . . . .	110
<i>Assemblages à tenon et mortaise.</i> — Assemblage simple. . . . .	111
Assemblage de pièces horizontales. — Tenon à contre-fort. — Assemblage à embrè- vement. . . . .	112
Inclinaison de l'about d'embrèvement. — Assemblage à embrèvement par encastre- ment. — Embrèvement à crans. . . . .	113
Assemblage anglais. — Avantage de cet assemblage. . . . .	114
Assemblage à tenon et mortaise des pièces équarries présentant leurs arêtes. — As- semblage à tenon et mortaise des pièces cylindriques. — Assemblage à Oulice. . . . .	115
<i>Assemblages à queue d'aronde.</i> . . . . .	115

	Pages.
Assemblage simple. — Assemblage de deux pièces dont les axes déterminent un plan vertical. . . . .	116
<i>Assemblage d'angle</i> . . . . .	117
<i>Entures des pièces horizontales</i> . — Enture au moyen de pièces auxiliaires. . . . .	117
Enture par entailles longitudinales à mi-bois. — Enture avec abouts en coupe et brisés. . . . .	118
Entures diverses. . . . .	119
Assemblage à trait de Jupiter simple avec abouts en coupe et brisés. — Assemblage à trait de Jupiter à double clef. — Assemblage à trait de Jupiter à triple entaille et à clef unique. — Assemblage à endents. . . . .	120
<i>Entures des pièces verticales</i> . — Enture à fausse tenaille. . . . .	121
Enture à tenailles réciproques. — Enture par quartiers. — Enture par quartiers avec tenons en chevrons. — Enture à enfourchement en fausse coupe. . . . .	122
<i>Des planchers</i> . — Planchers en maçonnerie et charpente. . . . .	122
Planchers avec solives en fonte creuse. — Plancher double. . . . .	123
Assemblage du plancher de pied à rainures et languettes. — Augets en plâtre. . . . .	124
<i>Enchevêtrures</i> . — Assemblages de solives d'enchevêtrure avec un chevêtre et des linçoirs. . . . .	124
<i>Plancher de la Chambre des notaires à Paris</i> . — Causes de la ruine du plancher primitif. — Précautions prises dans la construction du nouveau plancher pour le préserver des mêmes inconvénients. . . . .	125
DES PONTS EN CHARPENTE.	
<i>Des passerelles</i> . — Passerelles pour les piétons. Passerelles pour les bestiaux. . . . .	126
<i>Ponceaux de Prusse</i> . — Doubles longerons de tête. — Construction des culées. . . . .	127
<i>Ponts sur palées simples</i> . . . . .	127
Chapeau. — Sous-longerons. — Garde-corps. — Plancher. . . . .	118
<i>Ponts d'une seule travée sur longerons alternés</i> . — Longerons formés de deux pièces. . . . .	128
<i>Ponts suspendus à des cintres.</i>	
<i>Ponts du Custrin</i> . — Palées formées de trois files de pieux. . . . .	129
<i>Pont du Neker</i> . . . . .	129
<i>Pont du Schuylkill</i> . . . . .	130
<i>Ponts supportés par des cintres.</i>	
<i>Pont d'Ivry</i> . — Solivage du plancher. — Contrevents en fer. — Plancher du trottoir. Second plancher. — Voies en fer. — Pavage en bois. — Élévation des arches du milieu. — Arc de parabole raccordant les deux pentes du tablier. — Système de contrevents. — Assemblages. . . . .	130
Plaques de cuivre entre les abouts contigus des arbalétriers courbes. — Circulation de l'air autour des bois. — Mode de courbure des bois. — Solivage général. — Contrevents en fer. — Trottoirs. . . . .	131
Plancher inférieur à claire-voie. — Division de la chaussée en trois voies. . . . .	152
<i>Ponts en treillis</i> . — Construction de ces ponts ; leur rigidité. . . . .	133
<i>Pont sur le Schuylkill, près les écluses de Peacock</i> (chemin de fer de Mont-Carbon à Philadelphie). . . . .	133
<i>De la chapente des fondations</i> . — Fonctions des pilotis. . . . .	134
Terrains dont ils doivent être exclus. . . . .	135

	Pages.
<i>Des grillages. — Recépage des pilotis. — Pose du plancher. . . . .</i>	135
Remplissage en maçonnerie. Encaissement au moyen de palplanches. — Établissement sur pilotis des palées de pont. . . . .	136
Sabots en fonte pour pilotis. — Chasse-sabot en fer. — Sabots de palplanches. . . . .	137
<i>Des brise-glace. — Leur emploi. . . . .</i>	137
DES COMBLES A SURFACES PLANES.	
<i>Formation des combles. . . . .</i>	138
<i>Combles du moyen âge. — Chevrons portant sur des blochets et des sablières. — Fermes de remplage. — Maîtresses fermes. . . . .</i>	140
<i>Comble de la salle des Pas-Perdus du palais de justice de Rouen. — Ferme sans entrain. . . . .</i>	141
<i>Comble d'un corps de bâtiment du couvent des Prémonstrésiens, à Metz. . . . .</i>	141
<i>Comble de la grange de Meslay. — Principes de la disposition des éléments des fermes appliqués à la charpente des combles de plusieurs édifices. . . . .</i>	142
<i>Ferme du comble du bâtiment de la boucherie du marché des Blancs-Manteaux. — Éclairage. — Aération. . . . .</i>	142
<i>Comble de l'abattoir de Grenelle. . . . .</i>	143
<i>Combles surhaussés de deux bâtiments de filature, exécutés en Suisse. . . . .</i>	143
Croix de Saint-André. . . . .	144
<i>Comble du grand magasin aux vivres du Helder. . . . .</i>	144
COMBLES EN BOIS PLATS.	
<i>Ferme d'un comble en Hollande. — Construction en bois plats. . . . .</i>	144
<i>Comble d'un hangar, rue Hauteville, à Paris. . . . .</i>	144
<i>Comble d'un atelier de filature à Rouen. . . . .</i>	145
<i>Toit à deux égouts en contre-pente. . . . .</i>	145
<i>Comble de l'ancienne salle des séances du Corps législatif, à Paris. . . . .</i>	145
<i>Charpente du hangar du génie à Marac, près Bayonne. — Arcs en madriers courbés sur leur épaisseur. — Moises normales. . . . .</i>	146
Jambes de fore. — Liens en fer et boulons. . . . .	147
Poussée des arcs à peu près nulle. — Dimensions des madriers dont ils sont formés, Distribution des joints. — Maintien des fermes à leurs distances respectives. . . . .	148
Échafaud volant pour le levage des fermes. — Surhaussement de la ferme. — Charge d'épreuve. . . . .	149
Résultats de l'épreuve. — Conséquences qu'on en peut déduire. . . . .	150
Additions faites à la ferme d'épreuve. — Formes invariables. Anéantissement de la poussée. . . . .	151
Établissement du chantier. — Gabarit. . . . .	152
Entailles. — Construction des arcs. . . . .	153
Assemblage des jambes de force. — Échafaud. . . . .	154
Surhaussement de la ferme. . . . .	156
Pose de la couverture. — Vérification de la courbure des arcs. . . . .	155
<i>Charpente du manège de la caserne de Libourne. Portée des arcs. . . . .</i>	156
Disposition de la couverture. . . . .	157
Levage des fermes. . . . .	158
<i>Comparaison avec d'autres charpentes. — Nombre des joints dans le système de Philibert Delorme. — Déchet. . . . .</i>	159

	Pages.
Avantages des arcs en madriers courbés sur leur épaisseur .....	160
Tableau comparatif .....	161

## COMBINAISON DU BOIS ET DU FER DANS LA CHARPENTE DES COMBLES.

<i>Comble de la fonderie de Romilly</i> .....	162
Écoulement des eaux. — Composition des fermes .....	163
<i>Comble de la grande salle de l'Hôpital du Christ à Londres</i> .....	164
<i>Comble du hangar d'attente de la station du pont de Londres</i> (chemin de fer de Croydon). — Boîtes en fonte pour les assemblages. — Disposition de la couverture .....	165
<i>Ferme du comble des forges de Rosières</i> .....	165
<i>Ferme du comble des docks de Liverpool</i> .....	166
<i>Fermes des combles de la remise de voitures d'une gare de chemin de fer à Londres, et d'un atelier à Liverpool</i> .....	167
<i>Comble de la nouvelle halle de laminage de l'usine des ponts établie aux fonderies de Romilly- sur-Andelle</i> . — Substitution du fer au bois pour toutes les pièces agissant en tirage..	167
<i>Comble de la Rotonde des Panoramas</i> . — Système de suspension .....	169
<i>Exemples de charpentes apparentes formant décoration</i> .....	170
<i>Comble du cirque des Champs-Élysées</i> . — Absence de l'entrait .....	171
<i>Comble de la chapelle de la Maison impériale de Charenton</i> .....	172
<i>Comble des bâtiments qui séparent les préaux des convalescents de celui de la chapelle</i> .....	172

## DES ÉCHAFAUDS MOBILES.

<i>Échafaud tournant de la coupole du Panthéon, à Rome</i> .....	173
<i>Échafaud tournant avec plancher mobile</i> .....	174
<i>Échafaud tournant mobile sur parallélogramme</i> .....	175

## MENUISERIE.

Meubles de bibliothèque servant à divers usages, râtelier d'armes. — Guérite .....	176
Devantures de boutique .....	177

## SERRURERIE.

## DES PLANCHERS ET DES VOUTES EN FER.

<i>De l'emploi des poteries</i> . — Avantages de leur application à la construction des voûtes et des planchers .....	177
Formes et dimensions. — Confection. — Modelage. — Séchage. — Cuisson .....	178
Exemples de voûtes et de planchers .....	179
<i>Poutrelles en tôle des planchers du Palais impérial de Saint-Petersbourg</i> .....	180
<i>Des escaliers en fonte, et en fer et poteries</i> .....	181
Escalier en fonte dit anglais, à un seul étage. — Inconvénients de la fonte. — Escaliers en poteries .....	183

## DES COMBLES.

<i>Comble de l'abattoir du marché à la volaille à Paris</i> . — Chaîne de fer encastrée dans le cou- ronnement des murs. — Absence de l'entrait .....	185
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

TABLE DES MATIÈRES.

235

	Pages.
Simplicité de combinaison . . . . .	186
<i>Comble du palais de justice de Tours</i> . . . . .	187
Disposition et assemblage des pannes. — Petits fers portant le grillage qui reçoit l'enduit intérieur . . . . .	188
<i>Comble de la cour de la Douane à Paris</i> . . . . .	188
Châssis vitrés ménagés dans la couverture. — Disposition de la ferme. — Assemblage des parties courbes. — Renforts latéraux . . . . .	189
<i>Comble de l'embarcadère d'Euston-grove</i> (chemin de fer de Londres à Birmingham). — Colonnes et chéneaux en fonte. — Forme des arbalétriers et des contre-fiches. — Fers à angle. — Agrafes en cuivre . . . . .	190
<i>Comble de la forge de l'usine de Butterley, en Angleterre</i> . . . . .	190
Portée et espacement des fermes. — Combinaison du fer et de la fonte. — Disposition et forme des pièces de fonte . . . . .	191
<i>Comble d'un établissement hydraulique en Angleterre</i> . . . . .	192
<i>Comble du dépôt des machines de l'usine de Butterley</i> . — Tirant en bois . . . . .	192
<i>Comble de la salle des modèles de l'usine de Butterley</i> . — Portée, espacement des fermes. — Tirants formant poutres . . . . .	193
<i>Nouveau comble en fer et fonte de la cathédrale de Chartres</i> . . . . .	193
Composition de la ferme. — Panneaux à jour. — Tirant en fer en deux parties. — Emploi du fer et de la fonte. — Ferme de noue. — Fermes d'embranchement des nefs. Douille en verre servant d'isoloir au paratonnerre . . . . .	194
<i>Projet de comble en fer et fonte pour la couverture de la cour de la Douane, à Paris</i> . . . . .	196
Constitution de la ferme. — Combinaison particulière de la fonte et du fer . . . . .	197
<i>Couverture en métal du marché de Hungerford</i> . — Motif de l'exclusion du bois de cette construction . . . . .	198
Couverture en zinc. — Chape de bourre goudronnée. — Absence de tirant résultant d'une disposition particulière de la ferme . . . . .	199
Aération et éclairage. — Charge d'épreuve . . . . .	200
<i>Comble de l'église de Saint-Dunstan, dans l'ouest, à Londres</i> . — Arbalétriers en fonte, à jour . . . . .	200
DES COMBLES EN TÔLE.	
<i>Caractères de la tôle; leur application</i> . . . . .	201
<i>Ferme en fonte de l'usine de Goroblagodatz, dans l'Oural, en Russie</i> . . . . .	202
<i>Comble de l'abattoir de Bourges</i> . . . . .	203
DE L'EMPLOI DU FER A LA CONSTRUCTION DES SERRES CHAUDES,	
<i>Serres du Jardin des Plantes de Paris</i> . . . . .	204
Serres courbes. — Grands pavillons à colonnes . . . . .	205
<i>Serres de Trianon à Rouen</i> . — Châssis à tabatière . . . . .	207
Serres courbes . . . . .	208
Panneaux mobiles . . . . .	208
<i>Devanture de boutique</i> . — Construction en fer. Décoration en fonte . . . . .	206
<i>Exemples de fermetures appliquées aux cellules des pénitenciers américains</i> . — Machine au moyen de laquelle on ferme cinquante cellules à la fois . . . . .	209
<i>Détails des fenêtres de la prison cellulaire et du palais de justice de Tours</i> . . . . .	211
<i>Systèmes de construction des ponts en fer fondu</i> . . . . .	212

	Pages.
<i>Pont sur le canal du Régent.</i> (Chemin de fer de Londres à Birmingham.) Fermes doubles dont chaque moitié est fondue d'un sel jet. — Plaques de fonte à jour formant la chaussée. . . . .	212
<i>Pont sur le canal de Paddington et le chemin de fer à Wormholt-Scrubbs</i> (chemin de jonction de Birmingham-Bristol et de la Tamise). — Voûte formée de plaques de fonte. . . . .	213
<i>Pont sur la rivière de Trent dans le Staffordshire.</i> . . . . .	214
<i>Pont du Carrousel.</i> . . . . .	214
Système de construction des anciens ponts en fonte. — Inconvénients. . . . .	215
Époque de la construction du pont du Carrousel. Arches décrites avec le même rayon. Longueur de flèches. — Contrevents en fer et en fonte. — Arcs ou <i>âmes</i> en bois dans le vide des arcs en fonte. — Facilité de la pose. — Solidité. . . . .	216
Détails des arcs en fonte. . . . .	217
Calage. . . . .	218
Mode d'attache des entretoises. — Coulage du bitume dans le vide des arcs. — Pose simultanée des fermes des trois arches. . . . .	219
Fonctions des anneaux situés dans les timpans des arcs. — Revêtement des longrons de rive. — Contrevents du plancher. . . . .	220
<i>Pont tournant en fonte.</i> . . . . .	220

## COUVERTURE.

## EXEMPLES DE COUVERTURES EN TUILES.

Tuiles plates à rebords. — Tuiles faitières à recouvrement. . . . .	221
Modification d'une couverture antique. . . . .	222

## DES COUVERTURES EN PIERRE.

<i>Couverture en marbre du temple d'Appollon Épicurien, à Bassæ.</i> . . . . .	222
<i>Dallage de la plate-forme de l'Arc de triomphe de l'Étoile.</i> . . . . .	223

## DES COUVERTURES EN CUIVRE, EN PLOMB, ET EN ZINC.

<i>Couverture en métaux laminés.</i> . . . . .	223
Pattes de fer et crampons au moyen desquels se fixent les feuilles de métal. — Dimensions des feuilles de métal. . . . .	224
<i>Couvertures en tuiles de fonte.</i> . . . . .	224
Dimensions et forme de ces tuiles. — Mode d'attache sur les chevrons. Tuiles faitières droites à leur partie supérieure et courbes à leur partie inférieure. — Dilatation. — Remplacement des tuiles. . . . .	225



Biblioteca Pública de Valladolid



72022669 BPA 2018 (V.1)











RONDELET.

L'ART

DE BATIR



1



BPA  
2018