

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Revue technique de l'Exposition universelle de 1900. Texte
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1900
Numérotation	1, 1900 - 14, 1901
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1900-1901
Collation	14 vol. ; in-8
Nombre de volumes	14
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 585
Sujet(s)	Exposition universelle (1900 ; Paris)
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585</a>
LISTE DES VOLUMES	
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	<a href="#">1. Première partie. Architecture et construction. Tome I</a>
	<a href="#">2. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome I</a>
	<a href="#">3. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome II</a>
	<a href="#">4. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome III</a>
	<a href="#">5. Troisième partie. Électricité. Tome I</a>
	<a href="#">6. Quatrième partie. Génie civil. Tome I</a>
	<a href="#">7. Quatrième partie. Génie civil. Tome II</a>
	<a href="#">8. Cinquième partie. Moyens de transport</a>
	<a href="#">9. Sixième partie. Génie rural et industries agricoles et alimentaires. Tome I</a>
	<a href="#">10. Sixième partie. Génie rural et industries agricoles et alimentaires. Tome II</a>
	<a href="#">11. Septième partie. Mines et métallurgie. Tome I</a>
	<a href="#">12. Huitième partie. Industries textiles</a>
	<a href="#">13. Neuvième partie. Industries chimiques et diverses</a>
	<a href="#">14. Dixième partie. Armées de terre et de mer</a>

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1900
Volume	<a href="#">1. Première partie. Architecture et construction. Tome I</a>
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1900
Collation	1 vol. (408 p.) ; 27 cm
Nombre de vues	502
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 585 (1)
Sujet(s)	Exposition universelle (1900 ; Paris) Architecture -- 19e siècle Construction -- Matériaux -- 19e siècle
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	06/10/2010
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/152477306">https://www.sudoc.fr/152477306</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585.1">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585.1</a>



REVUE TECHNIQUE  
DE  
L'EXPOSITION UNIVERSELLE  
DE 1900

---

Courbevoie — Imprimerie E. Bernard et C<sup>ie</sup>, 14, Rue de la Station,  
Bureaux : 29, quai des Grands-Augustins, Paris

---

791

8° 202 585-1

# Revue Technique

DE

# L'EXPOSITION UNIVERSELLE

DE 1900

*Par un Comité d'Ingénieurs,  
d'Architectes, de Professeurs et de Constructeurs*

**Directeur**  
**CH. JACOMET** ✱  
DIRECTEUR-INGÉNIEUR DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES,  
DIRECTEUR  
DE L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE  
EN RETRAITE

**Secrétaire de la Rédaction**  
**MICHEL SVILOKOSSITCH**  
INGÉNIEUR CIVIL

---

PREMIÈRE PARTIE

---

## Architecture et Construction

---

TOME I

---

**PARIS**  
**E. BERNARD & C<sup>ie</sup>**, IMPRIMEURS-ÉDITEURS  
*29, Quai des Grands-Augustins, 29*

1900



## INTRODUCTION

---

Présenter un Tableau aussi complet que possible des progrès réalisés dans toutes les branches de l'Art de l'Ingénieur depuis l'Exposition Universelle de 1889, tel est le but que nous nous sommes proposé d'atteindre par la publication de la *Revue technique de l'Exposition Universelle de 1900*.

Si l'Exposition de 1889 se distinguait surtout par l'emploi, dans des proportions inusitées jusqu'alors, du métal dans les constructions, celle de 1900 n'a donné lieu qu'à l'application de procédés de construction déjà connus mais qui ont été du moins mis en œuvre avec art et intelligence.

L'œuvre architecturale qu'on peut admirer aux Champs-Élysées et sur d'autres points restera comme la caractéristique de cette Exposition, au point de vue des Bâtiments et des Edifices. Nos lecteurs trouveront toutefois dans le 2<sup>me</sup> Tome de la 1<sup>re</sup> Partie la preuve du rôle, de plus en plus considérable, que jouent dans la construction le ciment armé et les matériaux similaires dont quelques-uns d'invention récente.

Les nations représentées à l'Exposition, et ce sont, à peu d'exceptions près, toutes les nations civilisées du globe, ont rivalisé de zèle pour présenter chacune aux visiteurs de l'Exposition le type de construction plus spécialement en usage dans le pays. Il en est résulté une grande variété dans les styles et l'arrangement qui parfois charme l'œil du spectateur. Le spectacle ainsi offert eût gagné à être débarrassé d'un certain nombre d'édicules qui ne servent qu'à abriter des exhibitions où ni l'Art ni l'Industrie ne sont pour rien. Certains pays orientaux ont, en effet, usé de la faculté que l'Administration

de l'Exposition leur a laissée, pour établir des bazars peu dignes d'une œuvre aussi grandiose que l'Exposition de 1900.

L'Hygiène a été l'objet des préoccupations de tous, ainsi que l'attestent les Habitations ouvrières si heureusement groupées à proximité du lac Daumesnil, à Vincennes. Le Palais de l'Économie sociale contient d'ailleurs des spécimens très nombreux de constructions de ce genre, représentées par des plans. L'Ingénieur aussi bien que l'Économiste y trouveront une ample moisson de faits et de renseignements.

Hors de l'enceinte de l'Exposition, les nouvelles gares de Paris, dont deux ont été édifiées de toutes pièces, témoignent de la fécondité qu'on peut attendre d'une collaboration rationnelle de l'Architecte et de l'Ingénieur dans l'édification de bâtiments de cette importance. Elles constituent, en outre, la preuve manifeste de la rapidité avec laquelle l'industrie privée sait achever des Palais aussi grandioses.

Si, pour suivre la classification établie par l'Administration supérieure de l'Exposition Universelle de 1900 et qui, à l'usage, ne paraît pas des plus rationnelles, nous passons au groupe Matériel et Procédés généraux de la Mécanique, nous remarquons des progrès qui frappent les yeux des visiteurs.

L'Exposition actuelle ne nous montre pas, à la vérité, un grand nombre de machines ou d'appareils nouveaux, mais elle atteste la préoccupation constante et générale de perfectionner les procédés et les appareils connus. Parmi les machines à vapeur, on peut constater la place considérable que les moteurs à grande vitesse ont prise depuis l'Exposition de 1889. La raison doit en être cherchée dans l'habitude qui se répand de plus en plus d'accoupler ces moteurs directement avec des dynamos.

D'autre part l'emploi des dynamos a apporté à la mise en mouvement de machines-outils et d'autres machines réceptrices de travail, des facilités jusqu'alors inconnues. On en trou-

vera la preuve dans l'Annexe des États-Unis, à Vincennes, qui montre également que l'air comprimé peut parfois remplacer avec avantage le courant électrique pour la mise en action des machines-outils.

Les presses hydrauliques ont suivi le mouvement et la puissance de ces appareils ne cesse de s'accroître. Des machines similaires, où la pression hydraulique joue un rôle, des appareils de levage notamment et des ascenseurs, fonctionnent actuellement avec plus de sécurité et plus de précision qu'il y a dix ans.

L'Automobilisme avec les formes si variées qu'il reçoit aujourd'hui constitue une des nouveautés intéressantes de l'Exposition actuelle. Le propulseur qui semble encore préféré pour ce genre de véhicules est le moteur à pétrole dont le précurseur, le moteur à gaz, se construit actuellement suivant le principe compound et avec des puissances de plus en plus considérables. Mais ce qui frappe surtout l'œil du visiteur dans le Palais des Machines, c'est l'emploi très étendu des moteurs alimentés par des gaz des hauts fourneaux, et destinés soit à actionner des machines soufflantes soit à mettre en mouvement des laminoirs. Cet emploi permet d'entrevoir, dans un avenir prochain, un abaissement considérable du prix de revient de la fonte.

L'Electricité n'a occupé, lors de l'Exposition de 1889, qu'une faible partie du Palais des Machines. En 1900 on a dû lui édifier un Palais des plus importants qui s'est trouvé encore trop exigü au gré des constructeurs de dynamos et d'appareils électriques et dont l'installation a donné lieu à de nombreuses critiques. Aux dynamos bien connues en 1889 sont venues s'ajouter celles dont la construction repose sur l'emploi des courants polyphasés. La facilité avec laquelle ceux-ci se transforment a suscité la création d'appareils qui trouvent leur application dans le transport de l'énergie à distance.

L'électro-chimie a pris un essor considérable, et parmi les

produits obtenus par la voie électro-chimique, le carbure de calcium mérite une mention spéciale. D'autre part, des produits organiques s'obtiennent actuellement avec une grande facilité par la voie électrolytique. L'éclairage à l'acétylène s'affirme de plus en plus, malgré les tâtonnements du début et les accidents parfois terribles qui en ont été la suite.

Une nouvelle branche d'application de l'électricité est née quelques années avant l'ouverture de l'Exposition. Nous voulons parler de la Radiographie, dont les progrès intéressent également le savant et le technicien.

Enfin, la Télégraphie sans fil a pris rang parmi les applications de l'électricité qui ont apporté des facilités nouvelles à l'échange des communications dans des circonstances particulièrement intéressantes.

Si l'Exposition de 1900 ne peut montrer aucun nouvel ouvrage métallique de l'importance du Palais des Machines de 1889, dont la hardiesse a étonné et les techniciens et les gens du monde, elle prouve néanmoins qu'un progrès considérable a été accompli dans la mise en œuvre du fer et surtout de l'acier. Le pont Alexandre III le démontre sans qu'on ait besoin de sortir de l'enceinte de l'Exposition. C'est pour la construction de cet ouvrage d'art qu'on a, pour la première fois, croyons-nous, fait un usage aussi considérable de l'acier moulé. Et ce n'est pas la faute des Ingénieurs si la décoration so-disant artistique de ce pont lui a enlevé, aux yeux des connaisseurs, une partie de sa valeur.

Le tonnage du fer et de l'acier qui entrent dans la construction des différents Palais et Édifices est tellement considérable que les industriels français ont pu à peine suffire aux demandes de ces métaux, dont on a fait également usage, sur une grande échelle, dans l'édification des nouvelles gares de Paris, ainsi que pour la construction des voies ferrées de pénétration dans l'intérieur de la capitale.

Les chemins de fer ont encore étendu leurs réseaux tandis que leurs auxiliaires dans les cités populeuses, les tramways, se sont multipliés grâce surtout à l'emploi de la traction mécanique et électrique. Le matériel des chemins de fer, l'Annexe de Vincennes en fournit la preuve, a été notablement perfectionné depuis l'Exposition de 1889. On remarquera surtout l'application de plus en plus étendue du principe compound aux locomotives, pour en accroître la puissance. Le confort que les voyageurs sont en droit d'exiger des Compagnies de chemins de fer, commence à préoccuper celles-ci. De beaux spécimens de voitures à voyageurs nous font espérer la mise au rebut prochaine d'un matériel datant presque de la création des chemins de fer et dont on fait encore trop souvent usage sur des lignes d'intérêt secondaire en France.

D'autres moyens de transport ont été perfectionnés; les canaux notamment ont vu s'accroître le tonnage des marchandises qui empruntent ces voies navigables et cet accroissement est dû en grande partie à l'établissement d'écluses qui rachètent actuellement des différences de niveau très considérables. Toutefois, l'emploi de l'électricité pour la traction sur les canaux ne semble pas avoir donné les résultats qu'on aurait pu en espérer il y a dix ans; par contre les moyens que la Mécanique met de nos jours à la disposition des Ingénieurs chargés d'assurer la navigation sur les canaux se sont accrus depuis l'Exposition de 1889. C'est ainsi qu'aux trois ascenseurs pour bateaux, connus avant 1889, on peut ajouter celui de Henrichsburg sur le canal de Dortmund à l'Ems.

La Navigation maritime n'est pas restée en arrière; l'outillage des ports se perfectionne constamment; la construction des navires de commerce progresse avec le tonnage des marchandises qu'ils doivent transporter.

Quant à la Navigation aérienne elle semble être sortie de la période d'essais pour entrer dans une phase nouvelle qui permet d'entrevoir dans un avenir peu éloigné la solution pratique

des questions multiples qu'elle soulève. Toutefois, l'Exposition de 1900 a dû être une déception pour beaucoup de visiteurs qui espéraient y voir figurer des appareils nouveaux.

Les industries qui dérivent de l'Agriculture donnent un rendement supérieur en quantité et en qualité grâce à l'utilisation des procédés de culture rationnels. L'emploi de moyens mécaniques, voire de l'électricité, a permis de réaliser de grands perfectionnements dans les divers travaux agricoles.

L'outillage de l'exploitation forestière est sorti de la routine plusieurs fois séculaire et la lutte contre le déboisement se poursuit avec beaucoup de succès pour le plus grand bien des habitants des vallées. Pour beaucoup de personnes, les Expositions de certains pays étrangers contiennent des révélations à ce sujet.

La Meunerie et la Boulangerie, la Distillerie et la Brasserie, la Laiterie et l'Industrie fromagère mettent actuellement en pratique les enseignements recueillis dans les laboratoires scientifiques.

Le domaine si vaste des Mines et de la Métallurgie n'est pas resté en arrière du mouvement de progrès. Bien que depuis l'invention du procédé basique nous n'ayons à signaler aucun progrès notable dans la production de la fonte, les fonderies se sont très puissamment outillées pour faire face à la demande de jour en jour grandissante du fer et de l'acier.

Des aciers spéciaux dont la Guerre et la Marine font une consommation considérable sont fabriqués de nos jours avec une perfection qui semble ne rien laisser à désirer.

Les méthodes d'essai des métaux usuels sont bien près d'être unifiées suivant les vœux émis par plusieurs Congrès internationaux réunis à l'occasion de l'Exposition de 1889.

Dans l'exploitation des Mines, l'emploi de l'électricité en général et des courants polyphasés en particulier, a permis de

réaliser de grands progrès. Toutefois, l'expérience des deux années qui viennent de s'écouler, et où le manque de charbon s'est fait si vivement sentir, doit encourager les Ingénieurs qui exploitent des mines de charbon à persévérer dans la recherche de méthodes d'extraction de plus en plus perfectionnées.

Parmi les industries qui ont le plus profité de l'émulation qui s'exerce entre concurrents de différents pays, la Filature et le Tissage occupent sans conteste une place des plus en vue.

L'obligation de se conformer aux lois protectrices du travail, tout en abaissant le prix de revient d'objets de première nécessité qu'ils produisent, a incité les industriels à renouveler et à perfectionner leur outillage depuis l'Exposition de 1889. Aussi trouvera-t-on dans le Palais du Champ de Mars affecté à la Filature et au Tissage des machines très bien adaptées aux besoins multiples qui naissent de la concurrence, mais dont un trop grand nombre marchent à vide.

Des textiles nouveaux ou qui n'étaient que peu connus en 1889 sont actuellement utilisés pour la filature et le tissage et leur emploi a donné lieu à la création de métiers et d'appareils parfois très ingénieux.

La grande industrie chimique ne s'est pas laissé distancer par celles que nous venons de passer en revue. L'utilisation des résidus jusqu'alors réputés inutilisables a fait encore des progrès depuis 1889. Toutefois un certain nombre d'industries semblent lutter avec difficulté contre les procédés nouveaux, étant donné le prix élevé du combustible. Nous estimons qu'il est équitable de rendre justice aux recherches de certains industriels dont les efforts tendent à l'abaissement du prix de revient des produits chimiques.

L'industrie du gaz d'éclairage est prospère malgré la concurrence que lui fait l'éclairage électrique. Cela est dû, d'une part, nous l'avons déjà vu, au nombre toujours croissant de moteurs

à gaz et, d'autre part, à la mise en pratique de la lumière à incandescence.

Grâce à l'industrie des automobiles et des vélocipèdes, les applications du caoutchouc s'étendent d'année en année et des esprits prévoyants expriment déjà la crainte de voir la matière première s'épuiser. Des succédanés de ce produit indispensable sont recherchés par plusieurs savants et il semble que ces recherches doivent être bientôt couronnées de succès.

Les machines frigorifiques se répandent dans les colonies; les brasseries modernes ne peuvent plus s'en passer. Un nouveau produit réfrigérant est venu s'ajouter à ceux qui étaient connus en 1889; nous voulons parler de l'air liquide dont la production industrielle ne nécessite que des frais relativement minimes.

Enfin les questions coloniales et celles qui intéressent la Guerre et la Marine méritent d'occuper, bien plus que par le passé, l'attention de l'Ingénieur. La plupart des peuples civilisés ont agrandi depuis 10 ans leur domaine colonial et de vastes champs ont été ouverts à l'activité de l'Ingénieur. Il en est résulté pour celui-ci l'obligation de créer des types d'habitations propres aux colonies et de les adapter aux climats les plus divers.

L'armement se perfectionne constamment grâce à l'invention de nouveaux dispositifs et à l'emploi d'explosifs nombreux. Les marines de guerre, outre qu'elles ont porté leur matériel naval à un degré de perfectionnement prodigieux, mettent actuellement à l'essai, et avec succès, des types de navires sous-marins qui, au dire des gens compétents, doivent apporter des modifications profondes dans la tactique des futures guerres maritimes.

Pendant l'Exposition, venant utilement compléter les leçons

de choses résultant pour l'observateur des objets exposés eux-mêmes, des Congrès internationaux où l'on doit traiter les principales questions qui intéressent l'Ingénieur apporteront des enseignements utiles à recueillir. Nous nous ferons un devoir de tenir les lecteurs de notre *Revue* au courant des travaux les plus importants qui seront présentés à ces Congrès, et nous aurons la possibilité, grâce à l'obligeance de leurs auteurs respectifs, d'en incorporer un certain nombre dans les différents volumes de la *Revue technique de l'Exposition universelle de 1900*.

Si nous jetons un coup d'œil rapide sur l'ensemble de l'Exposition de 1900, au moment où elle bat son plein, nous sommes heureux de pouvoir constater la grande part que notre pays a prise dans l'élaboration de cette œuvre immense. Toutefois, la satisfaction qu'on éprouve à étudier en détail les diverses expositions est mitigée par des regrets, dont nous allons, en toute franchise, indiquer la cause.

Le premier défaut, inhérent aux exhibitions de ce genre, c'est l'encombrement des bâtiments, des édicules et des objets exposés. A certaines heures, l'homme d'étude éprouve beaucoup de difficulté à se frayer le passage à travers la foule, resserrée dans d'étroits couloirs, entre des kiosques et des bâtisses, dont la suppression eût été préférable à tous les points de vue. D'autre part, quel intérêt y avait-il à grouper, sur des longueurs parfois démesurées, des objets disparates, que l'on pouvait tout aussi bien admirer dans les vitrines des grands boulevards et d'autres voies parisiennes ? Le Palais des Fils, Tissus et Vêtements a été tout à fait détourné de sa destination par le genre d'exposition qu'il contient. Et il n'est malheureusement pas le seul. Son pendant, sur le Champ de Mars, le Palais du Génie civil, si bien conçu d'ailleurs, contient, à côté des objets les plus intéressants, une multi-

tude de véhicules, dont une Exposition sérieuse aurait pu très bien se passer.

Quant aux Pavillons de certains pays étrangers, mieux vaut n'en pas parler. Nous en avons dit quelques mots au début de cette introduction. Ajoutons que l'Administration n'aurait jamais dû tolérer l'installation, dans quelques pavillons dont il s'agit, des commerçants dont la présence était tout au moins inutile.

Un autre grief, adressé souvent à l'Administration supérieure et que nous ne saurions passer sous silence, c'est le défaut qu'on remarque dans la classification générale des objets exposés.

Il est en effet impossible de dissimuler que celle de l'Exposition de 1889 nous a paru supérieure, tout au moins sur un point. Nous voulons parler de l'ordre dans lequel sont présentés les deux groupes aussi importants que celui des Industries extractives et celui du Matériel et des procédés de la Mécanique et de l'Electricité. Il est absolument certain que l'homme a d'abord extrait le minerai, l'a ensuite transformé en fonte et finalement a confectionné, avec le fer et l'acier, les machines, les rails, etc. Or, dans la classification de l'Exposition de 1900 que, pour des raisons que nos lecteurs comprendront facilement, nous avons dû adopter également, le groupe IV (Matériel et Procédés généraux de la Mécanique), le groupe V (Electricité), le groupe VI (Génie civil et Moyens de transport), précèdent l'Agriculture (groupe VII) ainsi que les Mines et la Métallurgie (groupe XI).

S'il nous était permis d'indiquer une classification rationnelle des objets exposés, nous suggérerions aux futurs organisateurs d'Expositions l'ordre suivant : Education et Enseignement ; Procédés des Sciences, des Lettres et des Arts ; Œuvres d'Art ; Industries extractives (Agriculture, Mines, etc.) ; Génie civil et Moyens de transport ; Mise en œuvre des produits fournis par

le sol (Métallurgie, Chimie); Mécanique; Electricité, etc. On voit, par cette énumération rapide, que la classification qui semble suivre l'ordre naturel des inventions de l'homme, coïncide assez bien avec celle adoptée pour l'Exposition de 1900 quant aux premiers groupes et aux derniers (I à III et XIII à XV).

Mais ces griefs, après tout secondaires, ne peuvent pas nous faire oublier le grand effort accompli à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1900 et le succès mérité qu'on peut dès à présent constater. En parcourant les nombreux volumes de notre *Revue*, les lecteurs voudront, nous l'espérons du moins, ratifier ce jugement et reporter tout le mérite de la réussite à M. le Commissaire général Picard et à ses collaborateurs.

*Paris, le 1<sup>er</sup> Août 1900.*

---



# PALAIS ET ÉDIFICES

DE

## L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

PAR

**CH. LABRO**

ARCHITECTE, INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

---

L'Exposition Universelle internationale de 1900 fut décrétée le 13 juillet 1893. Le 9 septembre 1893, l'organisation des services de l'Exposition fut arrêtée.

### RECHERCHE D'UN EMPLACEMENT

L'Exposition une fois décidée, on se mit à la recherche d'un emplacement. Une commission préparatoire siégeant au Ministère du Commerce se chargea d'examiner les propositions relatives à ce sujet.

Les principaux emplacements examinés étaient au nombre de sept ;

- 1° Vincennes ;
- 2° Le Plateau de Courbevoie ;
- 3° Bagatelle ;
- 4° Auteuil (Champ de courses) ;
- 5° Auteuil-Boulogne-Issy ;
- 6° Parc de Saint-Cloud ;
- 7° Champ-de-Mars.

Les six premiers emplacements constituèrent le groupe des Expositions extra-muros, le septième seul étant situé à l'intérieur de Paris.

Les emplacements extra-muros soulevèrent des objections particulières tirées des circonstances topographiques, des difficultés d'accès, des charges financières variables avec chaque localité, et des objections d'ordre général communes à tous les emplacements.

1° *Vincennes*. — Cet emplacement est presque entièrement compris dans la portion du bois de Vincennes frappée de servitudes militaires. Voisin de la Marne, il n'est pas en contact direct avec elle ; les arts de la navigation auraient dus être concentrés dans le périmètre du lac de Gravelle tout à fait insuffisant.

L'objection la plus grave à ce projet était la dépense considérable nécessaire à l'amélioration, à l'augmentation ou à l'établissement des moyens de transport. La Compagnie de l'Est estimait à 82 millions la dépense à prévoir de ce fait.

2° *Plateau de Courbevoie*. — Ce second emplacement, situé à 1<sup>kil.</sup>,5 de la Seine, obligeait à renoncer à la formation d'une section fluviale et maritime, ce qui retirait un élément de pittoresque si apprécié aux Expositions précédentes.

De plus, les moyens de transport par eau, pour la classe la moins aisée, l'arrivage et le débarquement direct des matériaux et des produits à exposer étaient impossibles.

La seule voie praticable de Paris à cette Exposition était constituée par une seule avenue et un seul pont, ne permettant le passage qu'à un nombre de voitures très restreint.

La dépense des voies ferrées à exécuter était estimée à 30 millions, dont 20 exclusivement pour l'Exposition. Une autre dépense s'ajoutait : celle des expropriations de terrains cultivés ou bâtis sur l'emplacement de cette Exposition et montant à 10 ou 12 millions.

3° *Bagatelle*. — Emplacement bien situé, comprenant l'île de la Folie, une partie de celle de Puteaux, et un bras de Seine de 1 kilomètre de long, mais séparé de Paris par le Bois de Boulogne, présentait au point de vue de la sécurité publique de graves inconvénients.

De plus la dépense des voies ferrées à exécuter pour le transport des matériaux et des objets à exposer s'élevait à 37 millions dont 17 relatifs à l'Exposition.

4° *Auteuil (Champ de courses)*. — La superficie en vue comprenait : le champ de courses d'Auteuil, une partie de bois assez importante et une zone de terrains longeant les fortifications jusqu'à la Seine. Le choix de cet emplacement nécessitait la destruction des pépinières de la ville et de 13 hectares du Bois de Boulogne, plus l'éviction de la Société des Courses d'Auteuil, locataire du terrain ayant un bail avec la Ville de quarante-six ans à courir.

5° *Auteuil-Boulogne-Issy*. — Le terrain proposé, coupé en deux par la Seine et tout en longueur, affecte une mauvaise forme peu propice au groupement des installations principales de l'Exposition. Il eût fallu procéder, en outre, à l'expropriation des terrains avoisinants, estimés à 12 millions.

6° *Parc de Saint-Cloud*. — De même que pour le plateau de Courbevoie, cet emplacement est situé trop loin de la Seine. Mêmes dépenses exceptionnelles relatives aux voies ferrées estimées à 27 millions dont 7 spécialement attribués à l'Exposition ; en outre, destruction des arbres, une des grandes beautés du parc.

Indépendamment de ces objections tirées des circonstances locales qui n'étaient pas en faveur des emplacements suburbains il en est une, d'ordre plus général, relative aux probabilités de recette résultant du plus ou moins grand nombre de visiteurs.

Le meilleur emplacement serait donc celui qui se trouverait le plus à la portée des deux millions et demi de Parisiens qui constituent la clientèle principale des Expositions.

Aucun des emplacements suburbains ne pouvait entrer, à cet égard, en comparaison avec un emplacement choisi dans l'intérieur de Paris. Il suffit pour s'en convaincre de jeter un regard sur le tableau suivant des distances séparant le centre de Paris de chacun des emplacements proposés :

Plateau de Courbevoie . . . . .	7 800 m
Parc de Saint-Cloud. . . . .	10 050 —
Bagatelle-Auteuil . . . . .	7 000 —
Auteuil (Champ de courses) . . . . .	6 300 —
Vincennes. . . . .	7 700 —
Auteuil-Boulogne-Issy . . . . .	6 250 —
Champ-de-Mars . . . . .	3 400 —

Le Conseil municipal et le Conseil général de la Seine repoussèrent, en outre, tous les emplacements extérieurs comme préjudiciables à l'intérêt parisien ; il fallut donc revenir aux emplacements intérieurs et comme il n'est pas facile à Paris de trouver une surface disponible d'une centaine d'hectares, on était ramené à l'emplacement de 1889.

*Le Champ-de-Mars*. — Deux objections furent alors relevées contre cet emplacement. Il était, paraissait-il, douteux d'établir dans ce cadre trop connu une Exposition qui ne parût pas une simple reproduction de

ses devancières ; ensuite il était insuffisant, car il fallait tenir compte, en effet, de l'accroissement probable du nombre des exposants et du prolongement du chemin de fer des Moulineaux, qui diminuerait la surface disponible d'une partie du quai d'Orsay et de l'Esplanade des Invalides.

Pour répondre à la première objection on décida de raser presque complètement les constructions existantes en y ajoutant les emplacements du Palais de l'Industrie et du Cours-la-Reine ; on renouvellerait ainsi l'aspect décoratif de l'Exposition, la Seine prenant alors un rôle prépondérant dans l'ensemble artistique qu'on voulait créer. En outre, par cette adjonction, l'emplacement réunissait environ 108 hectares au lieu de 82 qui furent réellement utilisés en 1889.

La Commission préparatoire vota, le 13 novembre 1893, l'extension à la rive droite et l'emplacement affecté à la future Exposition comprit : le Champ-de-Mars, le Trocadéro et ses abords, le quai d'Orsay, l'Esplanade des Invalides, le quai de la Conférence, le Cours-la-Reine, le Palais de l'Industrie et les terrains avoisinant ce palais entre son axe longitudinal prolongé, l'avenue d'Antin et le Cours-la-Reine.

## LES PROJETS.

La commission préparatoire après l'adoption de l'emplacement fit ouvrir un crédit de 100 000 francs pour les dépenses d'un concours.

Le programme donné aux concurrents demandait avant tout la conception d'un plan permettant de classer d'une manière rationnelle les divers groupes constituant l'ensemble des produits à exposer. Il fut basé sur une classification assez différente de celle de 1889.

Les surfaces demandées pour les divers groupes étaient les suivantes :

Groupes.	m <sup>2</sup>
I. Education et enseignement . . . . .	12 000
II. Œuvres d'art . . . . .	50 000
III. Instruments et procédés généraux des lettres, des sciences et des arts. . . . .	20 000
IV. Matériel et procédés généraux de la mécanique . . . . .	29 000
V. Electricité. . . . .	18 000
VI. Génie civil. — Moyens de transport . . . . .	44 000
VII. Agriculture . . . . .	34 000
VIII. Horticulture . . . . .	7 000

Groupes.	m <sup>3</sup>
IX. Forêts. — Chasse. — Pêche. — Cueillettes .	9 000
X. Aliments . . . . .	17 000
XI. Mines. — Métallurgie . . . . .	23 000
XII. Décoration et mobilier des édifices publics et habitations . . . . .	38 000
XIII. Fils, tissus, vêtements . . . . .	43 000
XIV. Industrie chimique. . . . .	15 000
XV. Industries diverses . . . . .	24 000
XVI. Economie sociale. — Hygiène, assistance pu- blique . . . . .	5 000
XVII. Colonisation . . . . .	5 000
XVIII. Armées de terre et de mer. . . . .	5 000
Total. . . . .	<u>402 000</u>

Les architectes français furent invités à présenter leurs projets pour l'Exposition universelle de 1900. Ce n'était pas un concours d'exécution, mais un concours destiné à suggérer des idées nouvelles pour la disposition générale des bâtiments, parcs et jardins, etc.

Le délai pour remettre les projets fut de quatre mois ; le nombre des concurrents fut de 120 ; 108 projets répondant aux prescriptions du concours purent être présentés au jury.

La forme du terrain affecté à l'Exposition se prêtait peu à une composition d'ensemble.

Le concours produisit heureusement assez d'éléments divers. Malgré cela il se dégagea, de l'ensemble des projets, l'impression d'une analogie trop grande avec les aspects des précédentes Expositions.

L'effort de la plupart porta sur les rives de la Seine et les abords du Cours-la-Reine ; quelques-uns avaient tenté des arrangements plus ou moins heureux du Palais de l'Industrie, une vingtaine environ, profitant hardiment des facultés données par le programme, avaient prévu l'ouverture d'une nouvelle avenue dans l'axe de l'Esplanade des Invalides et aboutissant aux Champs-Élysées. Cette solution entraînait la démolition du Palais de l'Industrie que plusieurs concurrents proposaient de remplacer par deux palais en bordure sur la nouvelle avenue.

Les opérations du jury furent résumées dans un rapport de M. Guadet. L'éminent architecte appelle notamment l'attention du gouvernement sur la beauté artistique de la nouvelle avenue et l'embellissement qui en résulterait pour Paris.

Il y eut 18 projets primés sur lesquels :

12 conservaient la tour Eiffel ; 9 la Galerie des Machines ; 3 les Palais des Arts ; 10 le Palais de l'Industrie.

Les trois premières primes furent attribuées à MM. Girault, Hénard (Eugène), Paulin.

*Projet Girault.* — Dans son projet M. Girault réunissait toutes les classes d'un même groupe dans un édifice spécial. Cette heureuse innovation, créant autant de palais que la classification comporte de groupes aurait été originale ; chaque palais, par sa construction et sa décoration aurait pu présenter un caractère en harmonie avec sa destination. On conçoit quel champ cette méthode aurait ouvert à l'imagination des constructeurs, chaque groupe restant libre de chercher ce qui serait le plus utile pour la mise en relief de ses œuvres ou de ses produits ; avec ce système, le programme nouveau de classification élaboré recevait tout son développement ; de plus, l'extérieur ayant l'avantage de traduire bien exactement la classification des groupes, le visiteur se dirigeait plus facilement, et au lieu de se trainer péniblement au travers de galeries interminables, il ne voyait que ce qu'il voulait voir, n'étant pas troublé par la foule qui traverse avec indifférence un groupe d'objets exposés comme un passage. On a tenu compte dans la mesure du possible de ces indications dans le plan définitif. L'inconvénient de ce projet, c'est que ce lotissement par palais séparés, pour chaque groupe, aurait exigé des surfaces plus considérables que celles dont on disposait.

La Galerie des Machines était maintenue dans ce projet ; on conçoit l'importante économie réalisée par la conservation d'une surface de 61 000 m.

*Projet Hénard.* — Le projet de M. E. Hénard plaçait au Champ-de-Mars les éléments constitutifs de la vie matérielle ; au centre s'élevait un édifice spécial, sorte de palais des Illusions comprenant une salle hexagonale à parois de glace ; tous les effets décoratifs et de lumière produits dans cette salle sont réfléchis à l'infini et les spectateurs éblouis ont comme la sensation d'un rêve féerique. Cette partie du projet de M. Hénard a été exécutée. Les jardins du Trocadéro étaient réservés aux colonies. Le long des berges de la Seine se trouvaient les pavillons des industries diverses, ainsi qu'une exposition flottante. L'Esplanade était affectée à l'électricité et à l'horticulture. Ce projet était surtout

l'affirmation de cette idée, issue du concours : la percée complète allant de l'avenue des Champs-Élysées à l'Esplanade des Invalides.

Le palais de l'Industrie, supprimé, était remplacé du côté de l'avenue d'Antin par un nouveau Palais des Beaux-Arts.

L'aspect de la Galerie des Machines était modifié en supprimant huit travées centrales qu'on remplaçait par une coupole de 100 m de diamètre.

En outre, M. Hénard se proposait de donner un caractère triomphal au pont reliant les deux rives de la Seine.

*Projet Paulin.* — Ce projet réalisait le mieux l'art d'accommoder les restes de ce que fut l'Exposition de 1889 ; il conservait en effet la totalité des anciennes constructions, en y apportant toutefois d'importantes modifications d'aspect.

La Seine, considérée comme artère principale, recevait, sur ses deux rives, une série de palais d'une décoration orientale très séduisante dont le pied reposait jusque dans l'eau ; cette partie du fleuve offrait le charme et le pittoresque du grand canal de Venise, et le soir, entre le pont d'Iéna et celui des Invalides, on jouirait d'un coup d'œil féerique ; de nombreux moyens de communication et de transport s'y trouvaient combinés, contribuant par leur mouvement à l'animation de cette sorte de ville flottante. Cette partie du projet a été prise en considération dans la conception du plan définitif. En outre, M. Paulin reliait les Champs-Élysées à l'Esplanade par un pont triomphal, aux dômes étincelants qui venait se raccorder avec le Palais de l'Industrie.

Ce premier concours terminé, il fallut préparer le projet définitif de l'Exposition ; sous la haute direction de M. Bouvard, directeur des services d'architecture, on coordonna et on compléta les éléments donnés par le concours ; la distribution méthodique des divers groupes fut arrêtée.

La création d'une nouvelle avenue reliant les Champs-Élysées à l'Esplanade des Invalides par le Pont Alexandre III fut décidée ainsi que l'édification des Palais en bordure sur cette nouvelle voie.

Le Cours-la-Reine fut affecté aux Beaux-Arts proprement dits, l'Esplanade aux Arts décoratifs, les deux rives de la Seine à l'Horticulture et aux Pavillons des puissances étrangères, le Champ-de-Mars à l'Électricité, à la grande Industrie et à l'Agriculture, les pentes du Trocadéro à l'Exposition Coloniale.

La création de la nouvelle avenue, une fois acceptée, il fallut s'occuper de la construction des deux palais des Champs-Élysées, qui devaient s'élever en bordure sur cette nouvelle voie.

Ces deux Palais furent mis au concours, une soixantaine d'artistes répondirent à cet appel.

Les résultats du concours pour le grand palais furent les suivants :

M. Louvet eut une première prime (15 000 fr.) ;

MM. Deglane et Binet une deuxième prime (12 000 fr.) ;

M. Thomas une troisième prime (8 000 fr.) ;

M. Girault une quatrième prime (6 000 fr.) ;

M. Troppey-Bailly une cinquième prime (5 000 fr.).

Ensuite furent classés les projets de MM. Paulin, Esquié, Gautier et Blavette.

C'est son plan qui a valu à M. Louvet la première place.

L'idée qui ressort de son projet, c'est la création d'une nef transversale, normale à la nef longitudinale à laquelle elle se raccorde ; toutes les parties du palais jusqu'à l'avenue d'Antin sont ainsi largement ouvertes. La communication des deux ailes était sacrifiée, il est vrai, mais judicieusement.

La salle de concerts, exigée au programme, avait sa place à l'extrémité du côté droit du bâtiment du fond.

Le projet de MM. Deglane et Binet offrait une bonne disposition de plan ; la disposition d'ensemble était analogue au projet précédent. L'entrée monumentale est plus triomphale, le dôme qui la surmonte est d'un très bon effet, il rompt franchement avec la classique monotonie des autres projets ; la silhouette heureuse de l'ensemble évitait l'aspect massif.

Le projet de M. Thomas était caractérisé par la disposition d'une grande salle de concert séparant la grande piste des expositions disposées sur l'avenue d'Antin ; la façade, assez dégagée, comprenait latéralement deux colonnades de belle allure.

Dans le projet de M. Girault, trois arcades monumentales donnaient accès à la grande nef ; ces ouvertures, un peu exagérées, donnaient cependant à l'entrée un aspect grandiose. Elles étaient surmontées de trois petits dômes qu'on retrouve dans la plupart des conceptions de M. Girault, et qui écrasaient l'aspect monumental des arcades d'entrée. Les ailes, assez élégantes, manquaient d'ampleur.

Le projet de M. Troppey-Bailly, bien étudié, était un peu trop classique, son aspect massif nous aurait trop rappelé le Palais de l'Industrie.

Pour le *Petit Palais des Beaux-Arts* le premier projet primé était de M. Girault.

Les qualités de grâce et de finesse de cet artiste, qui n'avaient pu se manifester complètement dans un projet monumental comme celui du Grand Palais, ont ici toute leur valeur.

Son Palais comprend un étage sur soubassement élevé, un jardin demi-circulaire avec, au pourtour, des doubles galeries, l'ensemble offrant l'aspect séduisant d'une villa romaine.

C'est M. Girault qui fut choisi pour réaliser l'édification du Petit Palais, son projet primitif fut très peu modifié.

---

## Description d'ensemble des Palais et Edifices de l'Exposition Universelle de 1900.

---

L'entrée principale de l'Exposition a lieu sur la place de la Concorde, par la Porte Monumentale. L'édifice, constitué par trois grandes arches surmontées d'une coupole, d'un ton général blanc bleuâtre, est revêtu d'une décoration polychrome dont les tons sont d'un heureux effet. Le public accède librement sous la coupole; une série de guichets en hémicycle permet à la foule de pénétrer dans l'Exposition.

La porte franchie, nous entrons dans une avenue bordée d'arbres qui se continue jusqu'au pont des Invalides.

De part et d'autre de cette allée principale s'étendent des parcs et jardins de l'avenue des Champs-Élysées jusqu'aux berges de la Seine. Ces jardins ont été réservés à l'horticulture et à l'arboriculture, de nombreux emprunts furent faits aux serres de la Ville de Paris du Parc des Princes et aux réserves de Longchamps et d'Auteuil.

Les exposants en outre contribuèrent à l'ornementation de cette partie du Cours-la-Reine. Nos horticulteurs, pépiniéristes et fleuristes se sont distingués sous l'heureuse direction de M. Vacherot, jardinier en chef, dans le gracieux arrangement des pelouses, des corbeilles de fleurs, des massifs d'arbustes, coupés harmonieusement de sentiers et d'allées ombrageuses, les superbes marronniers du Cours-la-Reine ayant été conservés.

Nous arrivons ainsi à l'avenue Nicolas II, à droite et à gauche de celle-ci se trouvent deux monuments, le Grand Palais des Beaux-Arts et le Petit Palais des Beaux-Arts.

La façade du Petit Palais est constituée essentiellement d'une colonnade ionique avec un porche au milieu surmonté d'un dôme; aux extrémités se trouvent deux pavillons à frontons triangulaires. Il est l'œuvre, nous l'avons vu, de M. Charles Girault qui a très heureusement mis son architecture en rapport avec celle de la place de la Concorde et de l'Hôtel des Invalides.

Le Petit Palais contient l'exposition rétrospective de l'art français.

Les surfaces disponibles au rez-de-chaussée et à l'étage s'élèvent ensemble à 7 000 m<sup>2</sup> au minimum.

À partir de 1901, ce palais sera approprié à destination de musée d'œuvres d'art, avec salles pour expositions temporaires, concours ou examens ; il sera remis à la Ville de Paris.

Le Grand Palais des Beaux-Arts, construit sur les plans de MM. Deglane, Louvet et Thomas, occupe une étendue de 40 000 m<sup>2</sup> ; il a été effectué à l'exposition contemporaine et à l'exposition centennale des œuvres d'art (peinture, sculpture, gravure, architecture) ainsi qu'à l'enseignement spécial artistique. L'exposition centennale comprend une série de salons où sont groupés les chefs-d'œuvre des beaux-arts et ceux des arts décoratifs, aux époques caractéristiques du siècle.

Après 1900, ce Palais sera principalement affecté aux salons annuels des Beaux-Arts ; il servira en outre aux concours agricole et horticole, au concours hippique, ainsi qu'aux expositions, fêtes et concours divers.

Ces deux monuments destinés à survivre à l'Exposition et à remplacer l'ancien Palais de l'Industrie ont été construits avec toutes garanties de solidité.

L'avenue Nicolas II, nouvellement créée, se prolonge par le pont Alexandre III, et conduit dans le milieu de l'Esplanade des Invalides. La perspective de cette nouvelle avenue est d'un effet imposant. De l'entrée d'honneur de l'avenue des Champs-Élysées, on aperçoit, dans le fond, la coupole dorée des Invalides avec, au premier plan, les façades monumentales des Palais des Beaux-Arts, puis le pont Alexandre III, avec ses pylônes majestueux, se poursuit par une avenue de 33 m de largeur, bordée de Palais, dont les dômes élancés et les tourelles successives accusent la perspective.

Le pont Alexandre III est d'une réelle beauté ; il se compose de quinze arcs en acier moulé, et, par une seule arche de 107<sup>m</sup>,50, franchit la Seine un peu en biais. Du niveau des eaux moyennes à la clef de l'arche, la distance est de 8<sup>m</sup>,08. Pour ne pas détruire la perspective de l'Esplanade des Invalides, vue des Champs-Élysées, il fallut baisser le tablier du pont, sans nuire aux intérêts de la batellerie.

L'emploi du métal permit de réaliser cette double condition.

L'encastrement des arcs aux naissances, avec articulations comme au sommet, réduisit l'épaisseur à son minimum, au milieu de l'arche.

Afin de ne pas interrompre la circulation le long des quais, pendant

la durée de l'Exposition, deux tunnels ont été réservés dans la maçonnerie des têtes du pont, le long du quai d'Orsay et du Cours-la-Reine.

A chacune des extrémités du pont, deux hauts pylônes carrés en pierre de taille viennent reposer la vue, qui s'égarerait dans une si vaste perspective (*Planche 29*).

Ces pylônes sont flanqués de colonnes engagées, à fûts unis, surmontés de chapiteaux néo-ioniques. Ils représentent, du côté des Champs-Élysées : la France au moyen âge, par Lenoir, et la France moderne, par Michel. Du côté des Invalides : la France de la Renaissance, par Coutant, et la France de Louis XIV, par Marquette.

Sur l'entablement, viennent reposer des Pégases et des Renommées en bronze doré. En avant des pylônes, les entrées du pont sont ornées de quatre lions conduits par des enfants. Des candélabres en bronze, du dessin le plus gracieux, émergent, de distance en distance, d'une balustrade, ornée de guirlandes, et d'écussons aux armes de la Ville de Paris et de la Russie.

Le pont Alexandre III répondait à un réel besoin ; entre la place de la Concorde et l'Esplanade des Invalides, l'espace était trop vaste, il fallait réunir les rives intermédiaires par un nouveau pont. Le choix de l'Esplanade des Invalides était décidé en principe, depuis assez longtemps. L'empereur de Russie, Nicolas II, en posa solennellement la première pierre, le 7 octobre 1896.

L'éclairage du pont Alexandre III est assuré par 520 lampes à incandescence.

A la sortie du pont, nous nous trouvons en face de l'Esplanade, coupée dans sa longueur par une large avenue, bordée de Palais.

Ceux de gauche, réservés à l'Exposition des Sections étrangères, ceux de droite à l'Exposition des Sections Françaises.

Au-dessus du tablier métallique qui recouvre la nouvelle gare souterraine de l'Ouest, à l'entrée de l'allée principale et, de chaque côté, se trouvent trois petits jardins français, réservés à la culture des roses.

L'Esplanade des Invalides est affectée aux Palais des Manufactures Nationales et des Industries diverses ; ils couvrent une étendue de 12 000 m<sup>2</sup>, séparés par une avenue centrale ; chacune des ailes mesure 50<sup>m</sup>,00 de largeur.

Les Palais des Manufactures Nationales ont été exécutés par MM. Toudoire et Pradelle. Ils présentent trois parties symétriques, par rapport à l'axe de l'Esplanade. La première partie est reliée aux

deux autres par des portiques circulaires aboutissant à deux pavillons d'entrée.

La partie parallèle à la Seine est également terminée par des pavillons que surmontent des dômes à jour, destinés à éclairer l'étage supérieur, car, à l'inverse de ce qui s'est fait en 1889, pour augmenter l'étendue des espaces disponibles, la plupart des Palais de 1900 sont composés d'un rez-de-chaussée et d'un étage.

En bordure de l'allée centrale, du côté de l'Esplanade, sur une longueur d'environ 100 m, les Palais des Manufactures Nationales sont divisés en trois parties distinctes. Sur les murs de fond des terrasses ont été exécutées de grandes peintures décoratives; les Palais sont terminés à chaque extrémité par un portique circulaire, flanqué de deux pylônes. Les Palais suivants sont réservés à la Décoration et au Mobilier des Edifices publics et des Habitations et aux Industries diverses, ils se raccordent aux précédents dans la partie médiane de l'Esplanade des Invalides et s'élèvent en bordure sur la rue de Grenelle et présentent deux parties jumelles.

En arrière de ces Palais, les intervalles des quinconces ont été utilisés du côté de la rue Fabert pour les annexes des sections étrangères : le Japon, l'Autriche, la Hongrie, le Danemark, l'Italie, la Grande-Bretagne, les Etats-Unis, l'Allemagne, la Russie et la Belgique.

On y remarque un restaurant Viennois et une boulangerie Hongroise.

L'Allemagne expose une série de petits pavillons destinés à l'art religieux; la Russie, un petit édifice des œuvres de bienfaisance de l'Impératrice Marie, un pavillon météorologique et une isba.

Les constructions élevées par ces différents pays sont très pittoresques tout en répondant à un programme assez délicat, celui de conserver les arbres des quinconces.

En outre nous rencontrons, de ce côté, les bâtiments de la douane et de l'octroi et des fours pour la verrerie et la céramique.

Du côté de la rue de Constantine, et dans les quinconces, une partie est réservée aux annexes des sections françaises, une autre est attribuée aux expositions régionales telles que : le Poitou, le vieux Berri, le Mas Provençal, le vieil Arles, la section Bretonne; cette dernière rassemble dans un petit espace les curiosités de l'art armoricain. On y voit, reconstitués avec une rigoureuse fidélité, les maisons à pans de bois de Morlaix, l'édicule de l'église Saint-Jean-du-Doigt, la fontaine de Sainte-Barbe du Faouet, la colonnade du cloître de la Forêt, à Quimper; la porte du cimetière de la Martyne, à Landerneau; l'autel de granit

de Notre-Dame du Folgoët, une exposition rétrospective des œuvres les plus remarquables dues au génie breton, entre autres choses le merveilleux calvaire de Plougastel.

En outre, nous trouvons à la suite, les constructions élevées par les grands magasins de nouveautés : le Bon Marché, le Louvre, le Printemps ; le pavillon des Arts décoratifs et un autre réservé à l'art nouveau.

En bordure sur la rue Fabert est établie la double circulation du chemin de fer électrique et de la plate-forme mobile.

L'éclairage de l'allée centrale de l'Esplanade des Invalides est obtenu à l'aide de 26 lampes à arc et, dans les quinconces, par 40 lampes.

Le soir, chacune des deux rangées de Palais de l'Esplanade des Invalides est éclairée par 1100 lampes à incandescence.

En quittant l'Esplanade, nous nous dirigeons vers le Champ-de-Mars en suivant le quai d'Orsay. Nous rencontrons successivement le poste du service médical, un poste de police, un kiosque de tabacs étrangers et un pavillon des postes et télégraphes.

A l'extrémité du pont des Invalides, contre l'enceinte extérieure de l'Exposition, se trouve disposé un garage de bicyclettes ; ensuite, entre le pont des Invalides et le pont de l'Alma, se présente une double rangée de Palais et de Pavillons des Puissances étrangères, dont l'ensemble forme ce que l'on a appelé très justement, la « rue des Nations ». — Ces édifices, construits avec art, dans le style particulier à chaque État, sont comme un centre de réceptions et de réunions des nationaux venus des divers points de l'Univers pour visiter notre grande Exposition.

Les plus importantes de ces constructions sont situées au bord de la Seine, partie sur la tranchée couverte du chemin de fer des Moulineaux, partie sur une plate-forme en ciment armé qui prolonge le quai et qui est supportée par des piliers fortement encastrés dans le sol des basses-berges.

Dans les allées du quai d'Orsay, entre les arbres, vient s'aligner, parallèlement à la première série de Palais, une seconde rangée de Pavillons des Puissances étrangères.

Vu de la rive opposée, cet ensemble de Palais bordant la Seine est d'un effet des plus imposants. Ces édifices étrangers parés de leurs couleurs nationales, chacun de style spécial, forment un ensemble cosmopolite saisissant et pittoresque avec leurs coupes, leurs arcades, leurs tours, leurs flèches de toutes les architectures.

Nous rencontrons successivement : le Palais de l'Italie, un des plus beaux. C'est un grand monument dans le style du XV<sup>e</sup> siècle ; avec ses

dômes, ses grandes rosaces et les meneaux en trèfles de sa façade, il est d'un aspect un peu religieux.

La Turquie a élevé un pavillon qui est un heureux mélange de types d'architectures les plus intéressants de Constantinople.

Le Danemark, a édifié un pavillon de style gothique, entièrement en bois.

Les Etats-Unis, ont construit un Palais qui, s'il ne montre pas une architecture nationale, ne manque pas d'une grande allure classique.

Le pavillon du Portugal, de style sobre, a été attribué plus particulièrement aux essences forestières.

Le palais de l'Autriche, assez simple comme lignes, avec ses quatre façades à deux étages flanquées de pavillons en saillie, et surmonté d'un grand dôme à profil ovoïde, est une reconstitution d'un bel hôtel du style « barocco ». Ce genre fut en grand honneur en Autriche au XVIII<sup>e</sup> siècle.

Le pavillon de la Bosnie et de l'Herzégovine est d'un style composite, il résume plusieurs types de construction et caractérise ce pays qui, détaché de la Turquie, s'est rapproché par ses tendances de la civilisation occidentale.

Le Pérou a élevé, en seconde ligne, un bâtiment dont le style renaissance espagnole est caractérisé par l'abondance d'ornementations.

La Hongrie a édifié un pavillon de silhouette gothique rappelant un château historique hongrois du XV<sup>e</sup> siècle, auquel on a adjoint, du côté du quai d'Orsay, une reproduction du merveilleux portail de l'ancienne chapelle de Gyulafehérvár.

La Grande-Bretagne a reconstitué un monument national, sorte de vieux manoir anglais, le château de Kingston-House.

Derrière ce dernier palais, s'élève le pavillon de la Perse, caractérisé par l'originalité de son style, et par sa porte monumentale qui est la reproduction d'une des belles œuvres de l'art persan.

Le pavillon du Luxembourg est une reconstitution partielle du palais ducal luxembourgeois. Sa construction de style hispano-flamand ne manque pas de grâce dans ses lignes.

La Belgique nous offre une reconstitution fidèle d'un superbe spécimen de l'art ogival flamand : le ravissant hôtel de la ville d'Audenarde avec ses clochetons, ses statues et son ornementation sculpturale, profusion de guillochures et de dentelles.

Le pavillon Norvégien, complètement en bois, rappelle les construc-

tions rurales du pays ; son ornementation inspirée des édifices scandinaves est intéressante.

Le pavillon de la Finlande situé en seconde ligne est très caractéristique ; d'un goût exquis, il donne un curieux échantillon de l'art religieux finlandais.

Le pavillon de l'Allemagne dans le style gothique germanique est une savante reconstitution d'un hôtel d'un riche bourgeois des bords du Rhin.

Le pavillon royal de l'Espagne est construit dans le style de la renaissance espagnole, et inspiré des plus remarquables monuments de la péninsule. On y retrouve de profondes traces de l'art mauresque.

Le pavillon de la Bulgarie s'élève sur le quai d'Orsay en seconde ligne ; quoique un peu fantaisiste, cette séduisante construction rappelle cependant un peu l'Orient.

La Roumanie a construit un édifice inspiré de l'art byzantin caractéristique des contrées danubiennes ; il est composé de divers éléments architecturaux, empruntés aux monuments du XVII<sup>e</sup> siècle, les plus célèbres de la Roumanie.

Le pavillon de Monaco est assez imposant d'aspect, avec sa tour, sa terrasse, sa loggia à colonnes. C'est en quelque sorte une réduction du palais de Monaco, auquel on aurait adjoint une élégante villa monégasque.

La Suède a édifié un pavillon bien national qui montre l'abondance des essences forestières de cette contrée ; il est constitué essentiellement de quatre tourelles reliées à une tour principale par des passerelles aériennes.

Le palais du Royaume Hellénique est de style byzantin, il est constitué d'un dôme surbaissé de forme octogonale, émergeant d'un ensemble architectural à plan carré terminé par quatre frontons grecs. La construction en céramique et marbre aux tonalités polychromes est d'un heureux effet à cette extrémité de la rue des Nations.

Le pavillon de la Serbie porte l'empreinte de l'influence byzantine ; l'ordonnance de l'édifice est inspirée des monuments religieux du pays.

En sous-sol de chacun des pavillons étrangers, et de plain-pied avec les berges de la Seine, ont été installés des cafés et des restaurants de toutes nationalités.

Cette double rangée de palais, constituant la rue des Nations, est reliée à la rive droite par deux passerelles, l'une établie immédiatement après le pont des Invalides, l'autre près le pont de l'Alma. Ces passe-

relles sont entièrement métalliques, avec poutres et entretoises en acier. Celle qui est voisine du pont de l'Alma présente l'aspect d'un pont de bateaux, disposés en travers du fleuve, soutenu dans sa partie centrale par des piliers habillés de rochers artificiels.

De cette passerelle, ainsi que du pont de l'Alma, on a des deux côtés un merveilleux panorama, la double ligne des quais offre de cet endroit une splendide perspective qui impressionne vivement les spectateurs passionnés d'art.

Abandonnant la rue des Nations qui vient de nous charmer par la diversité de ses silhouettes, tout en nous donnant une idée générale très saisissante de l'architecture étrangère ainsi que de ses coutumes, nous admirons dans le fond de verdure des Champs-Élysées, la « Parisienne » émergeant fièrement du sommet de la porte monumentale ; puis, plus en arrière, en prolongement de l'avenue Nicolas II, les pylônes du pont Alexandre III, surmontés de Pégases en bronze doré, jettent une note étincelante. Ensuite, le palais de la Ville de Paris, réminiscence un peu fantaisiste, mais intéressante de l'Hôtel de Ville de Paris, dont la toiture ardoisée, ornée de nombreux campaniles, détache du ciel une heureuse silhouette. A la suite, les palais de l'Horticulture, de l'Arboriculture et les serres de la Ville de Paris, montrent leur fine ossature métallique agrémentée de mâts et d'oriflammes du plus gracieux effet.

Dans une mince échappée nous apercevons quelques pavillons des attractions de la rue de Paris, et enfin, comme pour nous rappeler à des réalités plus sévères, la silhouette imposante du Palais des Congrès, aux lignes sobres et harmonieuses de style Louis XVI. Le soubassement repose directement sur la berge. Cet édifice est dû au talent de M. Mewès, architecte.

En poursuivant notre coup d'œil nous apercevons, reliant les quais à chaque extrémité du pont de l'Alma, des passerelles en bois, décorées assez sobrement, la charpente en bois restant apparente.

Plus loin, nous admirons la reconstitution des vieux édifices les plus célèbres de la Grande Ville au Moyen âge. L'ensemble du « Vieux Paris » offre à l'œil un spectacle à la fois agréable et instructif.

La vue est alors arrêtée par une élégante passerelle métallique franchissant le fleuve.

La grande arcature de cet ouvrage d'art, supportant par des aiguilles le tablier de la passerelle, rappelle par sa silhouette nos grands ponts suspendus ; elle relie le palais des Armées de Terre et de Mer au res-

taurant Duval, dont la façade jette sur la rive droite de la Seine, une longue teinte blanche.

Cette ligne de constructions élevées en bordure de la Seine se termine de l'autre côté du pont d'Iéna par le restaurant de la Belle Meunière.

Puis le regard s'élevant au-dessus de cette rangée d'édifices aperçoit, se détachant sur le fond gris du palais du Trocadéro, dans le massif de verdure, les silhouettes des constructions coloniales : Algérie, Tunisie, Indo-Chine, Cambodge, etc.

D'autre part, sur la rive gauche et en aval du Pont de l'Alma faisant suite à la station de chemin de fer des Moulineaux, la vue est arrêtée par le palais du Mexique, le palais des Armées de Terre et de Mer, la tourelle du Creusot, le palais de la Navigation et celui des Forêts, Chasse, Pêche et Cueillettes.

Revenant en arrière, si nous fouillons l'horizon davantage, nous remarquons, sur la rive droite, après le pavillon de la Ville de Paris : le restaurant des Cadets de Gascogne, la maison du Rire, sorte de théâtre d'ombres, le pavillon du Phono-Cinéma-Théâtre, le théâtre des Tableaux vivants, le Jardin de la Chanson, la Roulotte, les serres de l'Horticulture et de l'Arboriculture, l'Aquarium de Paris, le théâtre des Grands Guignols, celui des Bonshommes Guillaume, le pavillon de la Loie Fuller, le palais de la Danse, le théâtre des Auteurs gais, le Manoir à l'envers, le restaurant des Congrès et le palais de l'Economie sociale et des Congrès dont il a déjà été question.

Franchissant maintenant la passerelle du Vieux Paris, nous rencontrons d'habiles reconstitutions telles que :

La porte Saint-Michel, la tour du Louvre, l'église Saint Julien des Ménétriers, les anciennes Halles, le grand Châtelet, la tour de l'Archevêché, le Pré aux Clercs, les maisons historiques de Nicolas Flamel, de Théophraste Renaudot, la rue des Vieilles Ecoles, la foire Saint-Laurent, les concerts des chanteurs Saint-Gervais dans l'Eglise des Ménétriers, le cabaret de la Pomme de Pin, etc.

Puis, après le restaurant Duval, entre la berge et l'estacade construite dans le fleuve, un emplacement maritime a été réservé à la navigation de plaisance.

Nous arrivons à l'exposition de la meunerie, boulangerie et pâtisserie, dont les constructions élevées sur la rive de la Seine, abritent les procédés de fabrication, fours, etc., des fabriques telles que Olibet, Lefèvre-Utile, Schweitzer, etc.

Nous visitons ensuite le Pavillon des Voyages Animés où dans un

édifice élégant abritant une petite salle de théâtre nous admirons les vues cinématographiques des plus beaux sites de France.

Traversant le pont de l'Alma, nous rencontrons le restaurant de la Belle Meunière, puis sur la berge, différentes annexes de classes.

Sur la rive opposée, en face de ces dernières installations, nous visitons l'usine élévatoire, puis le palais des Forêts, Chasse, Pêche et Cueillettes, avec les annexes étrangères de la Hongrie, de la Russie, des Etats-Unis, de l'Autriche et de la Grande-Bretagne.

Franchissant le pont d'Iéna, nous rencontrons le palais de la Navigation de Commerce d'une grande simplicité de construction, décoré de pylônes surmontés de mâts, entre lesquels sont percées des baies circulaires ornementées de faisceaux de vergues, bouées, harpons, chaînes, réunis par des cordages.

Plus loin, sur la berge, le pavillon du Creusot, majestueux et terrifiant à la fois, par sa couleur d'un rouge un peu vif et ses gueules de canons menaçantes qui sortent des flancs de l'énorme tourelle métallique.

Puis le Palais des Armées de terre et de mer à l'aspect massif, dont la façade assez remarquable est inspirée de l'architecture du Moyen âge. Le motif central du bâtiment forme donjon, la passerelle lancée dans son axe par dessus la Seine vient déboucher comme un pont-levis dans le vestibule d'honneur. Ce Palais avec ses mâchicoulis, ses créneaux, donne l'impression d'une enceinte fortifiée.

Ensuite le Palais du Mexique, avec ses portiques et colonnes ioniques, se termine aux extrémités par des parties circulaires ; il n'est pas de style aztèque ainsi qu'on aurait pu l'espérer mais de style néo-grec, comme beaucoup de constructions de la ville de Mexico ; il a cependant un caractère d'exotisme assez net.

Derrière ces édifices nous rencontrons successivement, en revenant vers le Champ-de-Mars, une seconde rangée de constructions.

C'est d'abord le pavillon de la Presse, construction en bois apparent, avec terrasses et balcons, d'une silhouette agréable.

Immédiatement ensuite s'élève le restaurant royal Roumain, construit en briques et pierres de petit appareil, d'un heureux effet polychrome.

A côté de ce pavillon un petit kiosque tout en céramique sert à un débit de tabacs roumains.

Puis un pavillon de style très simple construit par la Collectivité des Fabricants français d'appareils de chauffage. Là se trouvent groupés un

grand nombre d'appareils calorifiques de tous genres et de tous systèmes.

En suivant, nous visitons une Annexe du Palais des Armées de terre et de mer destinée au matériel de campagne et utilisée par la manutention militaire pour la fabrication du pain. Adossés à cette annexe, des baraquements en bois abritent l'exposition des Dames de France « Société de la Croix Rouge » qui comporte un nombreux matériel d'ambulance, appareils de pansements, boîtes de secours, etc.

Nous rencontrons alors un édifice élevé par les soins du ministère de la Guerre Russe, construit tout en bois d'un caractère bien national, renfermant une exposition de fusils de chasse et de guerre, des canons de fort calibre avec affûts spéciaux.

Puis le pavillon de la guerre de la Grande-Bretagne, dont la construction en forme de tourelle cuirassée contient des spécimens de canons et de mitrailleuses système « Vickers-Maxim ».

Le pavillon de la Collectivité des Fabricants d'armes belges frappe nos regards ensuite. Cette construction est d'une très grande simplicité, le haut est décoré d'une frise représentant des scènes militaires, de chasses et de tir.

Le pavillon de la Compagnie d'Électricité qui utilise le matériel Westinghouse, abrite les machines fournissant l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de la Plate-forme roulante et du Chemin de fer électrique. Cet édifice termine la série de constructions élevées en bordure au quai d'Orsay.

Traversant le prolongement de l'avenue de la Bourdonnais nous trouvons successivement les pavillons élevés par : la Navigation de la Grande-Bretagne, la Navigation allemande, celle des Etats-Unis, la Chambre de Commerce de Paris, les Messageries maritimes.

Nous voilà au Pont d'Iéna, le spectacle qui s'offre alors à nos yeux est des plus pittoresques.

En amphithéâtre, émergeant d'édifices, aux silhouettes diverses : mosquées, pagodes Indoues, toitures Chinoises étagées, bambous Japonais, chaumes Dahoméens, roseaux Javanais ; des minarets, des campaniles, des clochetons, des dômes, se détachent d'un ensemble de constructions exotiques.

Avec la rue des Nations composée presque exclusivement de Palais Européens nous avons eu une reconstitution des architectures de la Vieille Europe.

Ici, c'est l'Asie, l'Afrique, l'Océanie qui nous offrent des échantillons

d'architectures indigènes ; l'Extrême Orient, y tient une large place, les colonies françaises et étrangères y sont bien représentées.

En face du Pont, le centre des jardins est réservé à la section Algérienne.

A droite, le palais officiel de l'Algérie, d'architecture arabe, avec portique à colonnes, chapiteaux finement ouvragés, ornements de faïences aux vives couleurs.

A gauche, s'élève la ville Algérienne avec ses cafés Maures, ses bazars, ses échoppes indigènes, ses attractions : le Stéréorama mouvant, le diorama Saharien.

Près de l'Algérie s'ouvre la section Tunisienne qui nous offre d'abord une reproduction de la porte et du minaret de la mosquée du Barbier de Kairouan ; en face une autre mosquée à l'usage des indigènes, dont le minaret est une reconstitution de celui de Sidi-Makhlouf, au Kef ; plus loin encore un troisième minaret : celui de la grande mosquée de Sfax ; puis la mosquée de Sidi-Mharès, de Tunis.

Le mur entourant la section rappelle ceux de l'enceinte de Kairouan, et de Gafsa.

Au centre, le pavillon de « La Manouba » est affecté à un café maure ; enfin le Souk ou quartier des marchands rappelle une rue de Tunis.

Le Souk est divisé en boutiques occupées par des bazars. Parmi les indigènes travaillant sous les yeux des visiteurs, citons un chaudronnier de Kairouan, un nattier, un lanternier, un potier de Nabeul, un tisserand, un vannier, un tisseur de tapis etc...

Après l'Algérie et la Tunisie, nous arrivons aux Expositions importantes des autres colonies françaises et des pays de protectorat.

C'est d'abord le Sénégal et le Soudan, puis l'Inde Française, les constructions du Dahomey, de la Guinée, de la Côte d'Ivoire.

Puis, perdu dans le fond panoramique de ces édifices, on aperçoit :

La silhouette élancée de l'Andalousie aux temps des Maures élevée dans le style arabe du XII<sup>e</sup> siècle ; l'exposition de l'Indo-Chine qui réunit les pavillons exotiques de la Cochinchine, du Cambodge, du Tonkin, de l'Annam ; le pavillon du Cambodge, reproduction de la montagne de Pnôm-Penh, avec au sommet, la pagode du roi du Cambodge.

A gauche du Tonkin les intéressants dioramas, réservés aux colonies de Saint-Pierre et Miquelon, de Mayotte, de la côte de Somalis et de l'Océanie.

En se rapprochant du palais du Trocadéro, nous visitons successivement le pavillon de la Nouvelle-Calédonie, le palais du Ministère des

Colonies, de style Louis XV, le bâtiment commun à la Guyane Française, à la Guadeloupe, à la Martinique, à la Réunion.

Deux colonies françaises n'ont pu trouver place que derrière le Trocadéro : le Congo et Madagascar. La première dans les jardins et la seconde à l'emplacement de l'ancien bassin circulaire de la place du Trocadéro. L'exposition du Congo comprend notamment un panorama de la mission Marchand.

Le palais de la colonie de Madagascar qui a l'avantage d'être isolé, est important comme construction, il affecte une forme circulaire. Outre l'exposition malgache qui est variée et fort intéressante, le pavillon renferme un merveilleux panorama relatif à la conquête de Tananarive.

Derrière l'aile droite du palais du Trocadéro, un emplacement important a été réservé à la colonisation qui expose des habitations coloniales et tout un matériel exotique à l'usage d'expéditions lointaines.

Puis les Houillères de France nous font connaître tout le matériel minier, depuis le puits d'extraction avec son chevalement, sa machinerie, jusqu'aux galeries souterraines montrant les différentes méthodes d'exploitation des couches carbonifères.

Le Monde souterrain nous présente un tableau de l'histoire des mines dans le passé, des reproductions de chambres sépulcrales étrusques, égyptiennes, puis, en dioramas, les principaux épisodes de l'histoire géologiques.

Tout près, l'exposition des Phares nous montre de beaux spécimens de tours avec feux intermittents.

Devant l'aile droite du palais du Trocadéro, s'élèvent les constructions de l'Asie russe, reproduction du Kremlin, qui présente des silhouettes les plus pittoresques, avec ses hautes tours et beffrois, son donjon et ses saillies pyramidales. C'est du plus pur style slave du XII<sup>e</sup> siècle.

Une rue sibérienne annexée au palais, nous montre des boutiques dans lesquelles travaillent des ouvriers russes. A l'intérieur le panorama du chemin de fer transsibérien nous montre le merveilleux décor qui se déroule de Saint-Petersbourg à Vladivostok.

Plus loin, l'Empire chinois est représenté par plusieurs pavillons aux innombrables toits superposés, hérissés de chimères fantastiques de vives couleurs, rouge, vert, or.

En redescendant les pentes des jardins du Trocadéro, nous visitons l'Exposition du Transvaal qui comprend un pavillon principal, inspiré de l'art hollandais modernisé avec grâce et coquetterie, une ferme

boér et deux constructions annexes abritant les expositions aurifères.

Derrière le Transvaal, se trouvent les pavillons des Indes Néerlandaises. Au milieu, en retrait sur l'avenue centrale, le Temple de Tandji-Sari. Ce temple est un des plus remarquables spécimens de l'architecture hindoue de Java, il s'élève sur deux terrasses superposées; l'accès à la première terrasse est formé par deux autres temples de petites dimensions, reconstitués d'après les ruines de Prambanam, à Java.

Les deux pavillons latéraux, élevés sur la même terrasse en avant du temple central, représentent des types de maisons indigènes du haut plateau de Padang, à l'île de Sumatra. Les toitures, d'une courbe gracieuse, reposent sur des façades en bois sculpté et doré.

En se rapprochant vers la rue de Magdebourg, nous rencontrons le pavillon des colonies Portugaises.

Le Portugal a donné un soin tout particulier à son exposition coloniale; Macao, l'Inde et la Guinée portugaise, Mozambique, Angola, etc., y sont représentés d'une façon intéressante.

Nous visitons ensuite le pavillon des Missions et des Collectivités. Puis le palais de l'Égypte, sorte de construction massive en forme de tronc de pyramide rappelant l'architecture des Pharaons. Cette exposition comprend trois parties distinctes : l'une est une reconstitution d'un ancien temple d'Égypte, l'autre abrite un bazar oriental, la troisième renferme un théâtre égyptien.

Près de l'Égypte nous rencontrons le restaurant international.

Ensuite les colonies anglaises comprenant plusieurs pavillons, l'un de style hindou abritant les produits des Indes anglaises, puis les expositions du Canada, de l'Australie occidentale, du thé de Ceylan. Cette exposition des colonies de la Grande-Bretagne est la plus importante des expositions coloniales étrangères.

En bas des rampes du Trocadéro l'exposition du Japon, composée de plusieurs constructions :

Le bâtiment principal reproduit une grande pagode, le temple Koudo qui appartient à la communauté bouddhique d'Horioudji, c'est un des beaux spécimens de l'art japonais.

C'est à l'intérieur de cet édifice que se trouve l'exposition rétrospective de l'art japonais, si riche en chefs-d'œuvre. À côté, on remarque une maison de thé, où l'on peut savourer le fameux « thé impérial », puis à l'angle du quai Debilly on passe devant un bazar japonais renfermant les produits des industries du pays. L'ensemble de cette exposition est entouré d'une clôture en bambou. Avec son jardin de style

japonais, ses passerelles et kiosques, elle rappelle un peu les magnifiques jardins de Tokio.

Quittant les merveilles du Trocadéro pour nous rendre au Champ-de-Mars, nous franchissons le pont d'Iéna. L'ordonnance qui s'offre alors à nos yeux ne ressemble en rien à celle des édifices de l'exposition dernière :

La tour Eiffel et la galerie des machines ont seules été conservées, mais l'intérieur de cette dernière a été complètement transformée et l'ancienne façade du côté de la Seine a été dissimulée par la merveilleuse élévation du palais de l'Électricité.

Dans la double ligne des palais en façade sur le Champ-de-Mars, entre le palais de l'Électricité et la tour Eiffel, une transformation complète a changé l'aspect du Champ-de-Mars de 1889.

Ce n'est plus un alignement uniforme d'édifices, mais une série de palais d'architectures variées, encadrant une esplanade centrale de 130 m de large.

Des jardins en occupent le milieu et contribuent par leur heureuse disposition à la beauté de l'ensemble.

La série de palais, qui s'élèvent à droite et à gauche de ces jardins, sont d'une teinte à peu près uniformément blanche, rehaussée discrètement d'une gamme de couleurs adoucies aux tons très tendres.

Ces masses et ces silhouettes architecturales produisent par leur forme plus que par leur couleur un effet saisissant.

Partant du palais de l'Électricité en faisant face à la tour Eiffel nous rencontrons à gauche : le palais des Industries chimiques, le palais du Génie civil et des Moyens de transport, le palais de l'Éducation, de l'Enseignement et des procédés généraux des Lettres, des Sciences et des Arts.

A droite : le palais des Industries mécaniques, le palais des Fils, Tissus et vêtements, le palais des Mines et de la Métallurgie.

Tous ces édifices sont reliés les uns aux autres par des pavillons d'angle qui ajoutent à l'aspect grandiose de l'ensemble.

Les Palais, commençant la double série d'édifice que nous venons de désigner se raccordent aux portiques du Château-d'Eau, ce sont les moins importants ; ceux placés au centre, ont une longueur double de celle des autres, environ 281<sup>m</sup>, 40, leur profondeur est de 129<sup>m</sup>, 50. Les façades s'élevant sur les avenues de Suffren et de la Bourdonnais sont relativement moins intéressantes, celles en bordure sur les jardins intérieurs du Champ-de-Mars ont été traitées d'une façon magistrale.

Les deux Palais terminant cette série de constructions ont, par leur situation d'angle, une façade donnant sur le jardin central et une autre en retour, parallèle à la Seine.

Le palais du Génie Civil présente un porche monumental à voûte arrondie, flanqué de tours rectangulaires surmontées de campaniles. Au-dessus du porche s'étend une sorte de longue loggia à colonnettes dominée par une balustrade armée de mâts. De chaque côté de cette partie principale s'étend une série d'arcades, au-dessus desquelles court une frise représentant les moyens de transport en usage depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours.

Le Pavillon d'angle qui relie ce palais à celui de l'Enseignement est surmonté d'un dôme historié, et décoré d'une loggia, avec arcature ajourée. Un escalier à double révolution forme perron extérieur et conduit à cette loggia. La coupole, surmontée d'un campanile élancé est ornée de clochetons.

Le palais des Fils, Tissus et Vêtements qui fait face au palais du Génie civil, possède les mêmes dimensions que ce dernier.

L'axe de la partie centrale coïncide sur l'avenue de la Bourdonnais avec celui de l'avenue Rapp, ce qui a nécessité, de ce côté, l'édification d'un porche monumental auquel fait suite une galerie transversale aboutissant aux jardins du Champ-de-Mars.

La façade intérieure est formée d'un porche en voûte arrondie, surmonté d'une frise circulaire portant l'inscription : « Fils, Tissus, Vêtements ». Le motif formant clé représente la Mode.

Ce palais, comme son vis-à-vis, est flanqué de pylônes à campaniles, le reste de la façade est une succession d'arcades en plein cintre, recoupées à l'étage par des balcons en fer.

Le pavillon d'angle qui relie ce palais à celui des Mines et de la Métallurgie est de forme circulaire, il est surmonté d'un dôme, et possède un double escalier extérieur semblable à celui situé de l'autre côté du Jardin central.

Le palais des Mines et de la Métallurgie, celui de l'Enseignement lui faisant vis-à-vis, ont une élévation de 96 m de longueur sur le Champ-de-Mars, la façade parallèle à la Seine est d'une longueur de 76 m. Elles sont toutes deux traitées avec portiques et très simples de lignes.

La grande entrée, en pan coupé à l'angle des deux façades, est surmontée d'un dôme en forme de tiare, encadrée de deux petits pavillons circulaires ajourés, renfermant chacun un escalier à double révolution.

On a accès au dôme par un porche monumental surmonté d'un campanile renfermant un carillon de trente-deux cloches.

Sous les portiques de ces palais, sauf ceux des Mines et de l'Éducation, s'abritent de nombreux restaurants, cafés et brasseries ; des promenoirs à rez-de-chaussée spacieux ont permis l'installation de tables et chaises ne gênant pas trop la circulation.

Au premier étage, du haut des terrasses occupées également par ces cafés, le spectacle qui se déroule est des plus animés ; on y voit une foule contemplative ondoyer à travers les parcs et jardins du Champ-de-Mars, avec, dans le fond, d'une part, la tour Eiffel et le Trocadéro et, d'autre part, le palais de l'Electricité avec ses fontaines lumineuses.

Ce palais dominant tous les édifices environnants, précédé du Château-d'Eau et de deux rampes semi-circulaires, constitue, dans le décor du Champ-de-Mars, une toile de fond d'une originalité tout à fait imprévue.

Il n'est construit que de fer et de verre, il mesure une largeur de 130 m environ et s'élève jusqu'à une hauteur de 70 m. Le motif central est surmonté d'un cartouche avec la date de 1900, au-dessus s'élance une figure allégorique. Debout, sur un char attelé d'hippogriffes, le Génie de l'Electricité brandit le flambeau du Progrès.

La toiture, en arc de cercle tréflée, est formée de petits arcs réunis les uns aux autres et soutenus par des pylônes de plus en plus petits ; la ligne de toiture se termine par une crête à jour, sorte de frise, parée d'oriflammes aux vives couleurs.

La façade, en zinc repoussé et ajouré en dentelle se compose de neuf baies revêtues d'ornements polychromes, vitraux et céramiques transparentes, du plus heureux effet.

Ce palais est illuminé par 5 000 lampes à incandescence de diverses couleurs.

L'étage supérieur communique par des escaliers avec les annexes latérales du palais formées de deux galeries de 30 m de largeur.

Le Château d'Eau, placé en avant du palais de l'Electricité fait partie en quelque sorte de l'ensemble de l'édifice.

Il est formé par une large niche hémisphérique de 30 m d'ouverture sur 11 m de profondeur renfermant une série de vasques disposées en amphithéâtre d'où tombent des cascades d'eau se déversant dans un vaste bassin situé au bas de rampes ellipsoïdales.

L'ornementation inspirée du Louis XV est constituée de sculptures allégoriques représentant les génies des Eaux, puis dispersés ça et là des groupes de chimères rejettent de l'eau parmi des gerbes.

Au milieu des rochers d'où émerge la vasque inférieure, un groupe important se dresse, représentant : « Le Progrès dirigeant l'Humanité vers l'Avenir. »

Le Château-d'Eau offre en outre, à la foule, des promenoirs sous les portiques bordant la façade du palais de l'Electricité. Ces portiques à leurs extrémités servent de vestibules donnant accès dans le palais de la Mécanique du côté de l'avenue de la Bourdonnais, et dans le palais des Industries chimiques du côté de l'avenue de Suffren.

L'aspect du palais de l'Electricité et du Château-d'Eau est réellement d'une grande beauté.

Pendant le jour les tons polychromes, les drapeaux multicolores, les découpures étincelantes d'où jaillissent en cascade les eaux d'une hauteur de 30 m forment un ensemble harmonieux et imposant.

Le soir, la voûte du Château-d'Eau s'embrace de rayons multicolores, les gerbes lumineuses s'irradient de jeux polychromes et de tons chatoyants.

Sept mille lampes à incandescence illuminent le palais de l'Electricité et les Cascades.

Cet ensemble architectural éclairé avec cette puissance et cette variété fantastique forme un décor merveilleux et féerique.

Derrière le palais de l'Electricité nous visitons la Salle des Illusions, autre merveille due à l'ingéniosité de l'architecte M. E. Hénard. Cette salle polygonale est tapissée de glaces disposées de façon à obtenir des effets d'optique saisissants. Elle n'est éclairée directement par aucune baie, mais elle peut être illuminée à volonté par des milliers de lampes électriques multicolores à incandescence.

L'allumage et l'extinction des lampes aux colorations variées est dirigé au moyen d'un clavier d'orgue.

L'organisation habile de ces jeux de lumière permet d'obtenir toutes les combinaisons possibles des couleurs de l'arc-en-ciel.

Les images qui se réfléchissent et se répercutent à l'infini reproduisent des portiques mauresques en ogives outrepassées supportées par des colonnettes finement découpées.

On se croirait transporté dans un Alhambra féerique, immense et merveilleux.

En quittant la Salle des Illusions on se trouve rapidement à la Grande Salle des Fêtes au niveau du premier étage.

Cette immense Salle a été construite dans la Grande Nef de l'ancienne Galerie des Machines, elle est circulaire comme un immense cirque ;

autour s'étagent des gradins et tribunes. Son diamètre est égal à la largeur de la Galerie des Machines, soit 115 m.

Le plafond de cette salle est décoré de grands panneaux marouflés peints par Flameng, Rochegrosse, Cormon, Maignan, etc.

Les deux extrémités de l'ancienne Galerie des Machines, de part et d'autre de la Salle des Fêtes, ont été disposées pour contenir les expositions de l'Agriculture et de l'Alimentation.

Les sections étrangères occupent la partie en bordure de l'avenue de Suffren, tandis que celle en bordure sur l'avenue de la Bourdonnais a été réservée à la section française.

Les produits sont classés par région dans une série de constructions originales ; on y voit des chocolateries, des minoteries, des brasseries etc ; parmi ces installations nous citerons l'exposition de M. Abel Leblanc, qui a édifié un véritable moulin, l'exposition de MM. Menier qui ont reconstitué la fabrication du chocolat dans l'avant d'un bateau historique.

Le Syndicat des vins de Champagne s'est distingué également par la fantaisie artistique de l'édifice abritant son exposition.

Nous rencontrons, en outre, dans ces sections, des pavillons séparés dans lesquels sont disposés les produits et moyens de fabrication rétrospectifs de l'Agriculture et de l'Alimentation.

En bordure sur l'avenue de la Motte-Piquet et derrière la Galerie des Machines, sont construits : à l'extrémité Est, le restaurant de l'Agriculture, à l'extrémité Ouest, un restaurant Duval.

Entre ces deux établissements, nous visitons les pavillons de plusieurs annexes dans l'ordre suivant : le pavillon du Champagne Mercier ; le Grand Foudre de Frühenholtz ; l'annexe de la classe 42 (Insectes utiles et leurs produits ; insectes nuisibles et végétaux parasitaires). Ensuite le pavillon élevé par la maison Vilmorin-Andrieux, puis un moulin, édifié par M. Rose ; — l'annexe de la classe 37 (Matériel et procédés des industries agricoles) ; — l'annexe de la classe 35 (Matériel et procédés des exploitations rurales).

Si nous suivons derrière les palais du Champ-de-Mars, le chemin parallèle à l'avenue de la Bourdonnais, nous rencontrons successivement les pavillons de : l'annexe de la classe 20 (Moteurs à gaz) ; — l'annexe de la classe 24 (Fours électriques) ; — l'annexe de la classe 21 (Matériel d'incendie) ; — puis l'agence des Travaux des Palais du Champ-de-Mars, nous arrivons ainsi à la porte Rapp, et nous rencontrons ensuite un bureau de Postes et Télégraphes, le pavillon de l'Octroi, le

Poste médical, l'importante construction des Industries collectives du gaz et le restaurant des Mines.

En suivant derrière les palais du Champ-de-Mars le chemin parallèle à l'avenue de Suffren, nous visitons d'abord l'annexe de l'Espagne, puis le Village suisse construit en dehors de l'Exposition, mais relié à celle-ci par une passerelle. C'est bien en effet tout un village en miniature qui est offert à nos yeux.

Cette reconstitution des chalets et des prairies à flancs de coteaux est intéressante. Du haut de la montagne jaillit au milieu des rochers une cascade de 30 m de hauteur. On y visite un panorama des Alpes d'une réelle beauté artistique.

En retournant au Champ-de-Mars par la passerelle, nous trouvons immédiatement à gauche une biscuiterie espagnole, le Separator suédois (laiterie), une annexe de la section des Etats-Unis, le pavillon Baker (boulangerie), un bureau de Postes et Télégraphes, les pavillons annexes de l'Italie et de l'Allemagne réservés à la Mécanique ; l'exposition de la Corée, celle des Caoutchoucs russes, le restaurant-brasserie de Spatenbraeu, les annexes des classes 6, 28, 63, etc.

Entre l'ancienne Galerie des Machines et les palais de la Mécanique, sont installées de véritables usines génératrices de vapeur. Les foyers de toutes les chaudières se réunissent dans un carneau central, aboutissant à deux cheminées monumentales de 80 m de hauteur. Ces cheminées ont les plus élégantes proportions malgré leur fort diamètre. Les effets polychromes obtenus avec les briques blanches et de couleurs, les terres cuites et les faïences sont des plus heureux. Ainsi d'une construction industrielle, massive, a-t-on fait un édifice presque joli qui s'harmonise bien avec l'architecture des constructions voisines.

Quittant la galerie des Chaudières, nous traversons le palais de l'Electricité au rez-de-chaussée et nous arrivons dans les jardins du Champ-de-Mars. Une première partie de ces jardins, tracée à la mode française, s'étend du Château-d'Eau aux premiers piliers de la tour Eiffel, la seconde partie, entourant la base de celle-ci, a été tracée différemment, son allure dissymétrique rappelle les parcs anglais.

Les allées longitudinales et transversales de ces jardins sont ombragées de superbes platanes. Pour ménager la perspective du Château-d'Eau, les autres essences forestières ont été disposées par grandeur décroissante.

Dans ces parcs et jardins on a édifié quatre kiosques à musique,

ceux voisins de la tour Eiffel sont ombragés d'acacias et de marronniers d'Inde.

Les deux lacs des parcs situés aux pieds de la tour Eiffel et qui existaient déjà à l'Exposition de 1889 ont été conservés avec leurs rochers, les pelouses seules et les massifs ont été modifiés.

Des essences tropicales : bananiers, palmiers, aloës, bambous, etc., ont remplacé une partie de l'ancienne flore.

Entre les jardins que nous venons de décrire et le quai d'Orsay, sont groupés toute une série d'édifices renfermant des expositions et des attractions variées.

Sur l'un des lacs, par des rampes sinueuses, on accède au palais lumineux Ponsin.

Cette construction avec ses colonnes, balustres, rampes, etc., est toute de verre ; même les portières sont en verre tissé et filé de Venise.

Au soleil, tout y scintille de feux ardents et le soir, quand les lampes électriques s'allument, dissimulées dans les cloisons d'opale et les verroteries multicolores, on se croirait dans un palais de cristal en feu.

Derrière ce bâtiment s'allonge le gracieux palais du Costume dont la décoration est des plus intéressantes. Il contient une exposition de l'Histoire du Costume à travers les âges ; vêtements et coiffures sont reconstitués habilement sur des figures de cire.

Au rez-de-chaussée de ce palais, le restaurant Champaux et un café-glacier en complètent l'installation.

Puis le Club-Alpin dont le pavillon renferme un panorama des Alpes, des plus réussis.

En bordure du quai d'Orsay, une construction aux styles variés, où l'on trouve des spécimens d'architecture hindoue, chinoise, arabe, abrite un panorama très intéressant, celui du Tour du Monde, qui nous fait voir successivement l'Espagne, la Grèce, Constantinople, la Syrie, l'Égypte, les Indes, Ceylan, le Cambodge, la Chine et le Japon.

Nous rencontrons ensuite les édifices suivants :

Les palais du Siam, le Chalet suisse, le pavillon des Manufactures de l'État, le restaurant du Pavillon bleu, les expositions des Ardoisières d'Angers et de Rocle, le pavillon de la République de Saint-Marin et ceux de la Maternité belge, du Crédit Lyonnais et de la Société Générale.

De l'autre côté de la tour Eiffel nous visitons en commençant près du quai :

Le palais de la Femme, sorte de cercle féminin, le pavillon de l'Équateur, le Panorama de la Compagnie transatlantique qui représente une superbe perspective de la ville d'Alger, le Maréorama qui simule à merveille le pont d'un navire avec roulis et tangage conduisant le touriste le long des côtes de l'Algérie, de la Tunisie, de l'Italie et de la Turquie.

Puis les pavillons du Cinéorama, celui des Alcools russes, une maison tyrolienne, l'édifice du Touring-Club, le pavillon du Maroc, celui du Rembourseur automatique avec loterie organisée par le journal le *Matin*, les bureaux du Comptoir d'Escompte et le palais de l'Optique où l'on a su grouper un grand nombre d'attractions amusantes et instructives.

Cette énumération de différents Palais, Edifices et Edicules terminée, nous allons passer à la description détaillée des constructions les plus importantes.

---

## Porte monumentale.

(Planches 1 et 2).

---

La porte de l'Exposition placée à l'entrée du quai de la Conférence, sur la place de la Concorde, a été considérée parmi les quarante-huit portes d'entrée de l'enceinte comme la plus importante; aussi en a-t-on fait la porte d'honneur et lui a-t-on donné par sa construction et sa décoration un caractère monumental.

Elle est constituée par trois grandes arches dont la disposition en plan affecte la forme d'un triangle, ces arches soutiennent une coupole. Deux grands minarets placés aux deux côtés prolongent la porte à l'avant. L'entrée du porche sur la place est entièrement libre. Deux milles personnes peuvent trouver un abri momentané avant de pénétrer dans l'enceinte de l'Exposition.

L'aspect de la porte est vraiment monumental et pittoresque. L'arc principal est majestueux et les pylônes qui l'encadrent semblent deux immenses flèches élancées.

Mais c'est surtout le soir, toute illuminée, qu'elle se présente éblouissante de lumière et de couleur comme dans un décor de féerie.

L'architecte, M. Binet, aime la polychromie.

M. Boileau décrit en ces termes cette entrée (1).

« Nous avons cru, de loin, sur le premier témoignage des silhouettes et à cause de certains éclats fondus dans de vagues réseaux d'or, à quelques pagodes d'un de ces Orients merveilleux rêvés par les poètes.

« Nous arrivons tout auprès de la porte triomphale, et, en effet, voici bien le mode exotique des décors conçus dans la lumière des régions incessamment ensoleillées, où les couleurs vibrent et chantent, plus claires, plus joyeuses, plus riches que sous nos climats.

« N'était le rythme plus savant des moulures, on dirait de ces socles des minarets, développés en gradins et curieusement sculptés, que ce sont des assises détachées de l'un des palais de l'Indo-Chine.

« La grande frise de l'exèdre, où l'on verra des ouvriers de notre temps et de nos pays, qui semblent se ruer au travail, mettra sans doute

(1) Extrait de la revue *l'Architecture*.

à cet endroit une note bien moderne; mais les bandeaux et les nus chargés de reliefs aux répétitions monotones, cependant riches à plaisir, feront encore penser aux œuvres de l'Extrême-Orient.

« Il paraît à M. Binet, architecte, que de tous les bonheurs procurés par la vision des choses, le plus vif est encore celui qui nous vient du chatolement des couleurs, des splendeurs irisées, changeantes, étincelantes, fulgurantes, comme celles des couchers du soleil où l'or en fusion s'éteint dans des océans de brumes violettes accentuées d'outremer et de carmin, comme celles des matins roses où l'argent se mêle à des flots d'opale.

« Les colorations vulgaires ne suffisent pas à Binet; il en veut de profondes, de mystérieuses.

« Il n'aime rien tant que l'éclat des pierres précieuses. Il rêve de nous donner des illusions de saphirs ou d'émeraudes, de rubis ou de topazes; il lui faut des lapis-lazuli, de la malachite, des gemmes, des agates, des oppositions vitreuses translucides ou laiteuses, des menus diamants rangés en cercle autour de cabochons étincelants, colorés comme des feux de Bengale, et des sertissures et des cloisons d'or.

« M. Binet a fait de son cher projet une aquarelle très intéressante et qui rend bien les vraies tonalités qu'il désire : l'aspect de la porte est une masse blanche parsemée de couleurs; des bleus clairs, des jaunes limpides vont s'étaler sur la coupole, sur les grandes arcades, le long des minarets, alternant avec des mosaïques phosphorescentes, des cabochons de verre colorés finement. Tout cela brillera au soleil comme une mosquée d'Orient et, le soir, s'allumera comme un feu d'artifice. »

« Et qu'on ne nous dise pas — écrit M. Paul Vitry dans *Art et Décoration* — que c'est une illumination banale avec des cordons de verres de couleur que nous préparons. Certes, c'est une illumination et grandiose et chatoyante, mais une main d'artiste se révèle dans la composition de ces ornements et dans la disposition de ces éléments lumineux. Des cabochons de verre sont comme sertis dans cette voussure par une composition serrée et puissante qui se rehausse de colorations vigoureuses. Cela tient à la fois des entrelacs barbares de l'art roman et des feuillages compliqués et fouillés du XV<sup>e</sup> siècle gothique.

« Cette voussure est destinée à encadrer le grand arc de la porte principale; on trouve à l'intérieur, à la base de la coupole, une frise analogue, composée des mêmes éléments, qui entoure le dôme comme d'un cercle de couleurs et de lumières. La voûte elle-même est unie et calme, d'une seule teinte, sans théories d'allégories peintes, plus ou

moins décoratives ; et quant aux pendentifs, tout ajourés, tout en nervures blanches, rehaussés de blocs de verre mordorés, c'est encore à la lumière seule et à ses jeux féeriques qu'ils doivent leur plus belle parure.

« Plus bas les entrées de guichets s'ornent de cartouches décoratifs aux colorations intenses.

« A un autre endroit, la décoration imaginée par M. Binet est encore tout à fait originale et ingénieuse. C'est au bas des minarets qui dressent leur silhouette effilée aux deux côtés de la grande entrée, sur le socle qui précède immédiatement l'aiguille, de grandes plaques de staff aux couleurs éclatantes simulent une sorte de tapisserie relevée çà et là par des applications de verres lumineux sertis de feuilles d'or ».

Le programme donné à l'architecte recommandait de faire face, pour les guichets, à un débit de foule immense ; M. René Binet adopta pour cette réalisation un plan ingénieux, qui dans son ensemble présente la forme d'un entonnoir qui s'épanouirait, à la sortie, en éventail.

C'est d'abord, espacées de 46<sup>m</sup>,50, deux bases carrées qui s'avancent puis deux quarts de rond, formant exèdre, ensuite un léger étranglement, produit par les maçonneries de l'entrée, puis en arrière, les assises de la porte délimitent un espace triangulaire, dont la base serait sur cette façade.

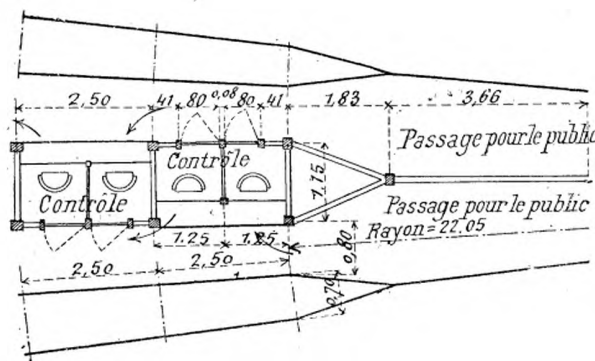


Fig. 1. — Disposition en plan des guichets.

C'est en hémicycle, autour de cette base comme diamètre, que se développent les trente-deux guichets, se déployant en un vaste éventail.

La foule, reçue, pour ainsi dire, par ces exèdres en avant-corps comme par deux bras étendus, est donc conduite jusqu'à une sorte de

parvis demi-circulaire, au travers duquel elle peut s'écouler sans peine.

La construction des guichets est en bois, les balustrades qui séparent les rampes d'accès des bureaux des contrôleurs sont partie en bois, partie en fer. (fig. 1).

Une frise de 1<sup>m</sup>,20 de hauteur surmonte les guichets, elle est revêtue d'une décoration en staff et verres spéciaux.

#### OSSATURE MÉTALLIQUE.

La charpente métallique de la porte monumentale présentait dans son établissement une certaine difficulté : disposer une coupole hémisphérique sur trois arcs pleins cintrés, n'était pas chose aisée, d'autant plus que le raccordement des arcs à la coupole ne pouvait s'opérer que par des surfaces gauches auxquelles il importait de donner un caractère décoratif.

Les arcs de la porte monumentale ont leur ossature entièrement en fer et sont composés de poutres en treillis.

Ces trois arcs sont rendus solidaires par des poutrelles courbes en treillis en forme de voussure ; les poutrelles supérieures sont tangentes aux plus hautes membrures des grands arcs.

La coupole vient donc prendre ses points d'appui sur l'ossature hexagonale formée par les arcs principaux et les arcs secondaires ; pour doubler les points de contact du dôme, les arcs précédents sont réunis par douze petits arcs. Les arêtières de la coupole, au nombre de douze, sont réunis à leur partie supérieure par une ceinture ; ils reposent par leur partie inférieure sur les petits arcs.

En avant de l'arc principal constituant la façade de la porte, deux arcs plus grands viennent supporter le fronton. La constitution de ces arcs est analogue aux autres. En plan la projection des trois arcs ne coïncide pas, ce qui permet un heureux effet décoratif, l'ensemble de la surface, ainsi formée, se retrécissant vers l'intérieur.

Les retombées des arcs sont constituées par de larges piliers rectangulaires.

La disposition d'ensemble de l'arc frontal, de l'arc principal, et de l'arc médian, est représentée sur la *Pl. 2*.

Ces arcs sont rendus solidaires par des entretoises et des contreforts. Les membrures intérieures et extérieures de l'arc de front sont excentrées.

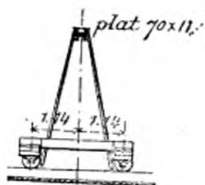


Fig. 5.  
Vue par bout du chariot,  
suivant AB.

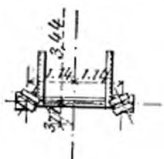


Fig. 6.  
Vue en dessous du chariot  
de la flèche.

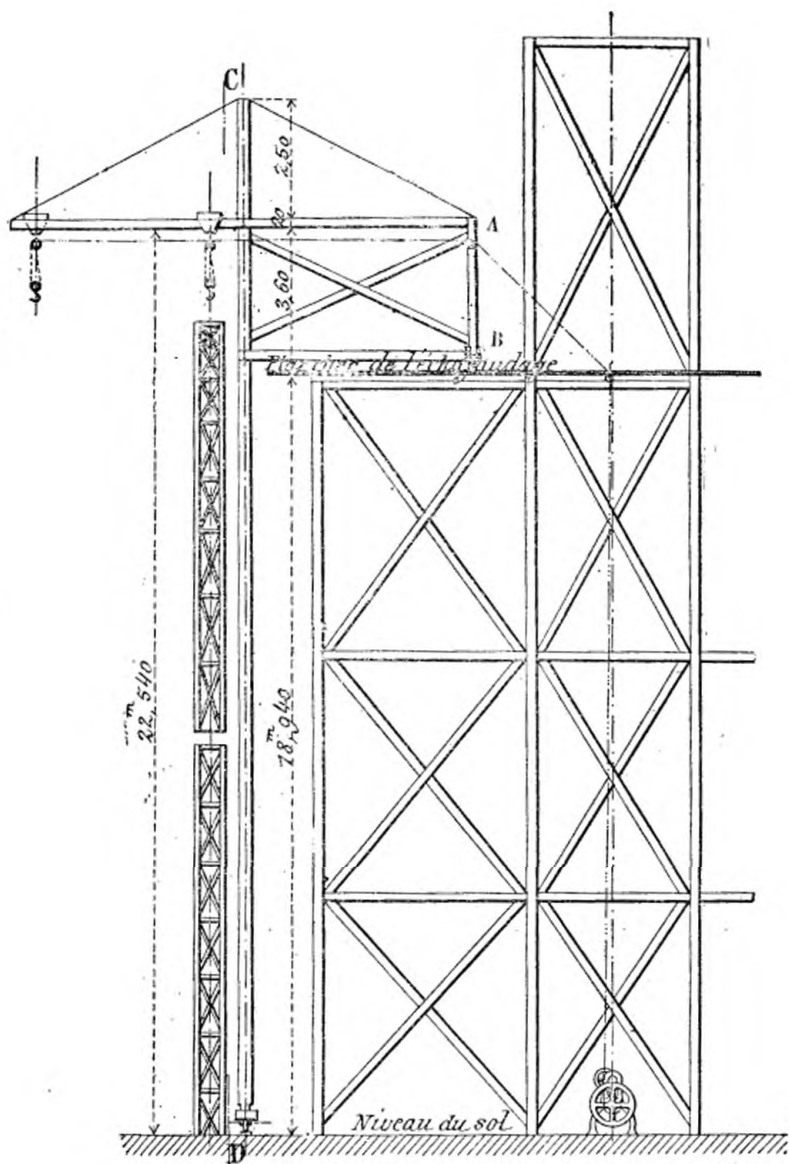


Fig. 2. — Elévation.

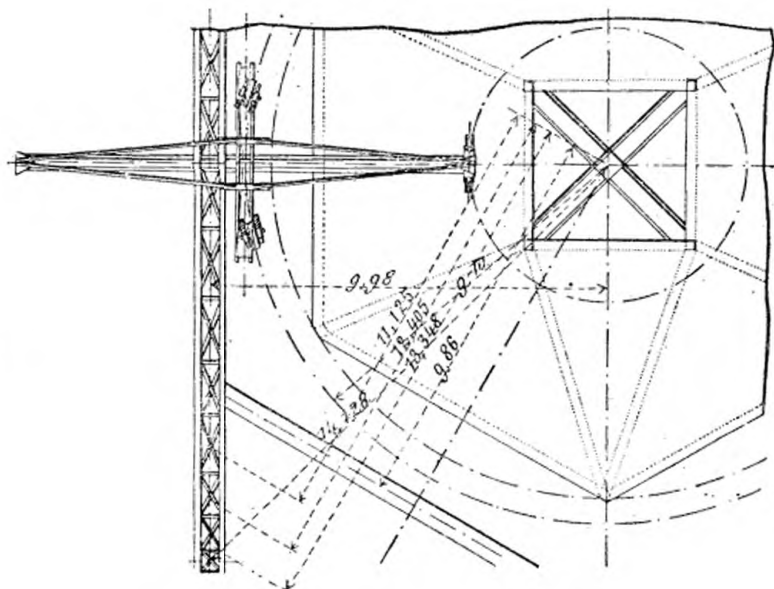


Fig. 4. — Plan.

Fig. 2 à 6.  
Appareil de levage.

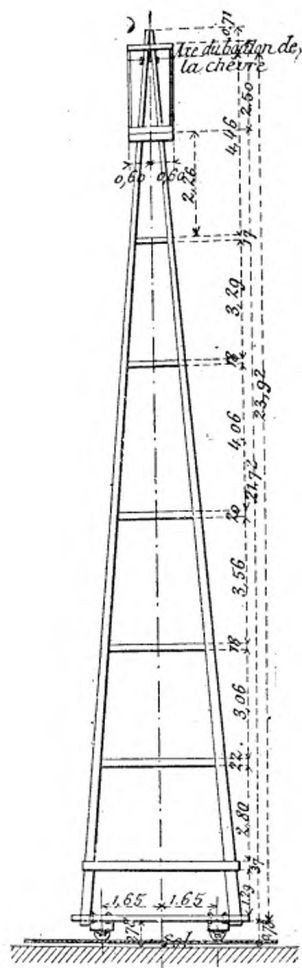


Fig. 3.— Coupe suivant CD (fig. 2).

Dans l'axe de ces arcs une sorte de pyramide à base rectangulaire, supportée par un caisson assemblé avec l'arc frontal, soutient une statue monumentale.

En avant de la baie principale, deux exèdres terminés par des minarets forment comme un prolongement à la porte.

Ces minarets sont constitués par deux pylônes en fer, à poutres en treillis, dont la hauteur est de 43 m environ. Ils sont à base carrée de 2 m de côté.

Des pylônes en fer, de 20<sup>m</sup>,50 de hauteur, sont disposés autour de l'édifice; ces pylônes, au nombre de huit servent, de porte-lampes; leur base carrée mesure 0<sup>m</sup>,36 de côté; au sommet, la section n'a plus que 0<sup>m</sup>,30 de côté.

#### MONTAGE DE L'OSSATURE MÉTALLIQUE.

Le montage de la charpente de la Porte monumentale a été exécuté par MM. Ducros frères, Ingénieurs-constructeurs à Paris; il s'est effectué par des procédés simples et avec une grande rapidité.

Les pylônes ont été montés par flasques; on se servait de la partie déjà placée pour élever les autres pièces à l'aide d'un balancier pivotant sur son axe médian.

On levait chaque flasque, puis on la descendait après l'avoir redressée, à la place qui lui convenait; on a atteint ainsi le dernier tronçon à la hauteur de 42 m.

Toutes les pièces étaient rivées à l'aide d'échafaudages volants.

L'ensemble de la charpente métallique est d'un poids d'environ 200 t.

Pour lever toute cette masse métallique, on a évité, par économie, de construire un échafaudage qui aurait embrassé toute la porte monumentale, dont l'élévation et les dimensions auraient été trop considérables.

On a disposé une sapine, au milieu de la coupole qui s'élevait jusqu'au dôme; une poulie à axe horizontal et mobile autour d'un axe vertical était fixée à la partie supérieure.

Tout autour de la sapine, et s'assemblant avec elle, un échafaudage léger n'était utilisé que comme plancher de service. La coupole et tous les arcs qui comprenaient des tronçons du poids de 3 t, ont été montés au moyen d'une chèvre de 23 m de hauteur, roulant sur des galets. Cette chèvre, disposée à 9 m du centre de la coupole, pouvait tourner autour de ce point (fig. 2 à 6).

A la partie supérieure une flèche horizontale de 12 m reposait par son milieu sur la chèvre, une des extrémités s'appuyait sur l'échafaudage, sur l'autre une moufle accrochée à un chariot pouvait se déplacer sur toute la demi-longueur de la flèche.

La flèche était constituée par deux fers à double T de 0<sup>m</sup>,22 sur 0<sup>m</sup>,11 assemblés par des boulons et maintenus par une âme en fer à double T de 0<sup>m</sup>,22 sur 0<sup>m</sup>,07. Cette sorte de poutre était armée de tirants en fers plats, elle reposait sur l'échafaudage par l'intermédiaire d'une croix de Saint-André en bois, montée sur galets.

Cet ensemble était actionné par un treuil disposé à la base et au centre de l'échafaudage ; le câble métallique du treuil passait sur une poulie de renvoi placée en haut de la sapine et orientée dans le plan de la flèche, puis venait s'enrouler sur la moufle du chariot.

La flèche était toujours équilibrée, les efforts verticaux et transversaux étaient supportés uniquement par la chèvre.

L'arc de front, dont la flèche était de 42 m et pesait 37 t restait à monter. Les piédroits du poids de 7 t chacun furent mis en place au moyen de la chèvre de 23 m qui avait servi au montage des arcs et de la coupole.

Devant l'emplacement de l'arc de front deux sapines avaient été placées. La chèvre fut terminée par un mât métallique, donnant à l'ensemble une hauteur de 30 m. Le haut de ce mât fut relié par une poutrelle en fer à chaque sapine ; le treuil qui avait servi à monter la première partie actionnait le câble métallique passant sur la poulie de renvoi, et s'enroulait sur une moufle accrochée à la poutrelle en tête de la chèvre.

La partie supérieure au-dessus de l'arc frontal fut montée à l'aide d'un mât placé en tête de l'arc.

L'ossature métallique de la porte monumentale a été calculée en envisageant principalement les efforts dus au vent, en outre de la charge résultant de son propre poids.

#### DÉCORATION.

La structure de la Porte Monumentale disparaît complètement sous

les motifs d'une décoration variée et originale. L'ensemble est habillé de stoff mouluré avec dessins en relief. Des cabochons de verres sont disséminés dans la masse. Ces incrustations vitreuses opalines réfléchissent la lumière et scintillent au soleil comme des pierres précieuses.

Entre les arcs principaux, un harmonieux mélange de parties pleines et ajourées diffuse la lumière. Les niches, situées de part et d'autre de l'entrée, la coupole du dôme et la couronne qui s'ouvre à son sommet sont dorées. Le grand tympan de la façade est coloré en bleu de cobalt.

Les tonalités dominantes de l'Entrée Monumentale sont, en résumé, à l'extérieur le bleu de cobalt, l'or à l'intérieur. Le revêtement en verres irisés permet une dégradation uniforme des tons.

Les exèdres qui précèdent l'entrée jusqu'aux minarets sont constitués par des murs en meulière de 7 m de haut sur lesquels viennent s'appliquer, à 4 m au-dessus du sol, deux frises cintrées de 2 m de hauteur et de 9 m de développement, dont l'exécution a été confiée au sculpteur Guillot.

Elles représentent : « Les Ouvriers apportant à l'Exposition les produits de leur travail ». L'artiste a modelé une frise admirable de vie et de mouvement, où l'on voit tous les travailleurs, ceux de l'usine, ceux de l'atelier, ceux de la terre, apportant leur concours à l'Exposition.

Ce sont de robustes gars, aux bras noueux, aux épaules de colosses, marchant d'un pas allègre vers la Porte en théories pressées. Et nul d'entre eux ne sent le Grec, ni le Romain, ce qui ne les empêche pas d'avoir une allure crâne et noble.

La maison Emile Muller s'est chargée d'exécuter cette frise en grès mordoré dont la valeur est estimée à 250 000 francs.

Au-dessus de cette frise court une autre, analogue, œuvre de M. Paul Jouve, formée d'animaux, lions et taureaux alternés.

Dans les niches situées de part et d'autre de l'entrée reposent deux statues de 6 m de hauteur dues à M. Jondet, et représentant l'*Électricité*.

L'archivolte du tympan de la façade a sa clef de voûte ornée d'une proue de vaisseau surmontée d'un coq Gaulois aux ailes éployées. C'est la nef symbolique de la Ville de Paris *Fluctuat nec mergitur*.

Enfin, couronnant tout l'édifice au faite de cet arc principal, se dresse une statue de 7 m de hauteur représentant « la Ville de Paris accueillant ses hôtes ».

Elle symbolise la Parisienne d'aujourd'hui, jolie naturellement, non pas drapée dans un peplum à l'antique, mais parée d'un corsage de dentelle recouvert d'une fourrure d'hermine.

## Petit Palais des Beaux-Arts.

(Planches 3 à 9).

---

Le Petit Palais, dans son ensemble, affecte la forme d'un trapèze isocèle, dont trois des éléments seraient tangents à un demi-cercle et dont la grande base serait parallèle à la nouvelle avenue, faisant face au Grand Palais.

La partie demi-circulaire forme cour intérieure; elle est de plain-pied avec l'étage principal et en terre plein avec l'étage de soubassement.

On accède, par un grand escalier, au vestibule de l'étage principal, sous le dôme. Ce premier étage comprend, sur les façades latérales et sur la façade arrière, trois galeries de 7<sup>m</sup>,50 de largeur, contiguës à trois galeries de 12 m de largeur avec éclairage supérieur, et sur la façade principale, deux galeries de 13 m avec pavillons d'extrémités; au centre une rotonde de 25 m de diamètre. Ces pavillons, galeries et rotonde, largement ouverts, forment comme une sorte de vaste salle de pas perdus. Au pourtour de la cour-jardin, en hémicycle, un portique demi-circulaire relie les diverses parties de l'étage. Aux angles du monument, les pavillons et les tourelles sont en raccordement avec les diverses salles d'Exposition; les tourelles de la façade postérieure renferment les escaliers permettant d'accéder au premier étage.

L'étage de soubassement d'environ 5 m de hauteur, sans plafond, se compose de galeries éclairées latéralement, de vestibules, de galeries de circulation et de dépôts. La galerie sur la façade postérieure est élevée sur caves servant de dépendances; ces caves sont destinées également à recevoir les appareils de chauffage du Palais.

La disposition des toitures traduit exactement les affectations des différentes parties du plan, de telle sorte que les pavillons et les tourelles représentent des combles en coupole, en arc de cloître etc.

Le profil des combles ainsi relevé aux angles donne d'heureuses silhouettes.

### Nature de la Construction.

La plupart des matériaux employés pour la construction du Petit

Palais sont ceux habituellement en usage à Paris. L'assise de socle est en pierre de Souppes, le soubassement en roche d'Euville, le bandeau en pierre de Contarnoux, les motifs de sculpture détachés formant groupe ont été exécutés dans de la roche douce de Lavoux et du Tercé.

A l'intérieur, dans la cour, les colonnes sont en granit des Vosges, les revêtements du mur du portique circulaire sont garnis de plaque en pierre polie de Villette, des bandes et les portions triangulaires en pierre de Sarancolin polie ; les revêtements intérieurs de la rotonde centrale sont en dalles de brèche rose de Gavarnie ; dans le soubassement, sur la façade postérieure, les colonnes du vestibule sont en marbre bleu de Gavarnie.

Les combles sont couverts en ardoises et en zinc ; les ornements de ces combles ont été exécutés en zinc repoussé ou fondu, doré dans certaines parties.

Les plafonds de l'étage de soubassement se composent des éléments résultant de la nature des matériaux employés ; les planchers exécutés en ciment armé nous montrent soit des poutrelles, soit des caissons. Certaines parties sont disposées aussi en voûtes surbaissées de très faible flèche. Au premier étage les galeries, pavillons, tourelles ainsi que la rotonde centrale et le portique de la cour sont voûtés de voûtes légères, ayant en moyenne 0<sup>m</sup>,06 d'épaisseur et construites sans cintres, au moyen de cercles ; ces voûtes exécutées en briques creuses et plâtre sont, suivant la forme des surfaces à couvrir, soit à pénétrations, soit en arc de cloître ou en coupoles avec pendentifs. Les voûtes de la Grande Galerie sur l'avenue nouvelle sont compartimentées par des moulurations et des ornements en staff, les panneaux ainsi constitués sont destinés à recevoir une décoration picturale. La coupole de la rotonde centrale est percée de quatre grands œils de bœuf, qui permettent à la lumière d'arriver abondamment dans la partie supérieure de cette rotonde.

### Ornementation.

Au centre de la façade principale est un vaste porche, abrité sous un fronton circulaire. Cette façade est composée d'une ordonnance Ionique ; c'est une colonnade ayant, en second plan rapproché des colonnes, des baies rectangulaires ; ces baies sont arrêtées, en contre-bas de l'architrave, sous une deuxième frise inférieure portée elle-même par de petits pilastres.

Cette frise, nécessairement interrompue, à chaque travée, par les grands pilastres correspondant aux colonnes est décorée d'une suite de bas-reliefs, un couronnant chaque baie, alternativement composés par des enfants ou par une figure de femme couchée formant motif principal, comme dans les frontons de la partie Henri III du Louvre, du côté de la Seine.

L'esprit de cette ordonnance se retrouve aussi dans les tourelles d'angle et dans le motif principal de la façade postérieure.

Les façades secondaires sont formées d'arcades, des piliers intermédiaires soutiennent l'entablement de l'édifice. Des motifs de sculpture, en haut relief, ou en silhouette dus au ciseau de MM. de Saint-Marceaux Injalbert, Hugues, Fagel, Peynot, Desvergnès et Moncel, ornent les tympans et les murs de ces diverses façades, en complétant les lignes de la balustrade de couronnement. Deux groupes, dus aux statuaires Ferray et Convers, accompagnent le perron du porche central.

Les balcons des baies de l'étage principal ainsi que la porte d'honneur sont en fer forgé rehaussé d'ornements en cuivre repoussé.

A l'intérieur, le portique de la cour demi-circulaire est d'ordonnance Dorique. Les fûts des colonnes de cette ordonnance sont en granit des Vosges et monolithes.

M. Lefeuve a exécuté en haut relief le motif de sculpture qui orne le tympan de l'arc d'accès de la rotonde. Les renommées du fronton sont du statuaire Peynot.

Les dallages de soubassement sont en grès cérame disposé à compar timents.

### Conduite des travaux.

Les études des plans d'exécution furent commencées en octobre 1896 et se poursuivirent pendant tout le temps qui s'écoula depuis ce moment jusqu'au 15 octobre 1897, époque à laquelle les derniers vestiges du Palais de l'Industrie disparurent dans la partie Est que devait occuper le nouveau Palais. C'est alors seulement que l'on put faire sur place les tracés, alignements, nivellements, etc.

Les travaux commencés le 15 octobre 1897 furent conduits avec toute l'activité que comportait un délai restreint d'exécution pour un édifice de cette importance. Du 15 octobre au printemps de 1898, on procéda aux travaux de terrassement, au battage de pilotis et à l'établissement des maçonneries de basses fondations. Le gros œuvre fut terminé au cours de l'exercice de 1898; pendant la bonne saison de 1899, les travaux de

ravalement, sculpture, plomberie d'art, etc., furent exécutés. Les plâtres intérieurs et la décoration en staff de la grande galerie sur la façade principale se poursuivirent pendant l'hiver 1899-1900 et furent terminés à temps pour qu'on ait pu livrer utilement le Palais au service des installations.

La construction du Petit Palais, qui occupe une surface de 7 000 m<sup>2</sup> environ a duré deux ans et six mois.

### Description de la Charpente du Petit Palais.

L'ensemble de la charpente du Petit Palais comprend comme ossatures distinctes, celles des parties suivantes :

- 1° Galerie de 13 m de la façade principale ;
- 2° Galeries de 12 m des façades latérales et postérieure ;
- 3° Galeries de 7<sup>m</sup>,50 des façades latérales et postérieure ;
- 4° Portique de la cour intérieure ;
- 5° Pavillons d'angle de la façade principale ;
- 6° Coupole principale et coupoles d'angles de la façade postérieure (Voir la *Pl. 6 bis*).

1° *Galerie de 13 m de la façade principale.* — L'ossature de cette galerie comprend seize fermes. Il y en a huit disposées à droite de la coupole.

La fig. 7 montre l'élévation d'une de ces fermes.

Elles sont constituées de cornières de dimensions variant de  $\frac{100 \times 100}{10}$  à  $\frac{70 \times 50}{6}$ . La membrure supérieure est de forme polygonale, la membrure inférieure est circulaire ; ces deux membrures sont rendues solitaires par des croisillons.

Les pannes comprennent deux pannes de rives en fer à I de  $\frac{180 \times 100}{7}$ , six pannes intermédiaires en fer à I de 0,200 à ailes ordinaires.

Le contreventement des fermes est assuré par un panneau de faitage constitué d'une membrure supérieure ou panne de faitage en fer à I de 0,200 ordinaire, d'une membrure inférieure formant solivage de voûte en fer à I de 0,140 ordinaire ; ces membrures sont réunies par un croisillon en cornières de  $\frac{70 \times 50}{6}$ .

Le chevronnage comprend des fers à I de 0,080.

La distance entre les fermes est de 3<sup>m</sup>,76.

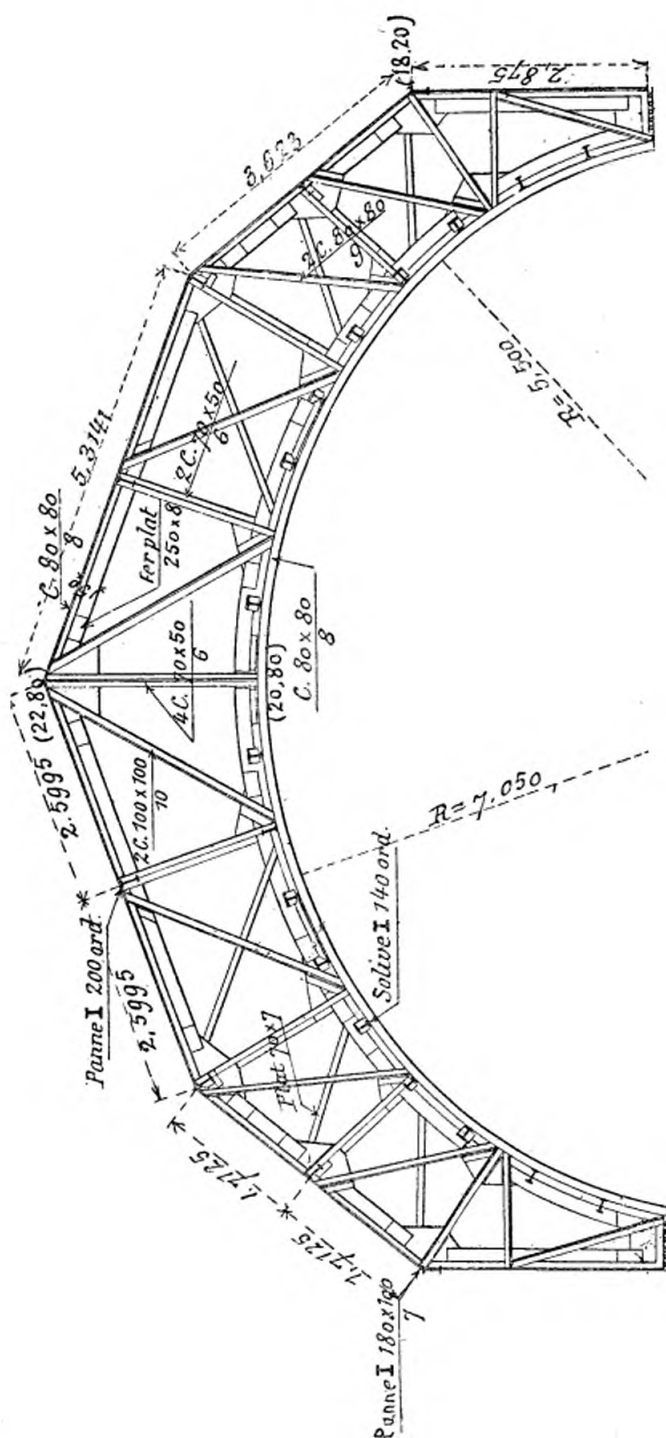


Fig. 7. — Elevation d'une ferme de la galerie de la façade principale. — Echelle de 0<sup>m</sup>,01 pour 1<sup>m</sup>,00.

L'ouverture intérieure des fermes est de 13 m.



Chaque ferme est composé de treillis en cornières de  $\frac{70 \times 60}{6}$  rivées sur deux membrures composées d'une âme de  $\frac{200}{10}$ , de deux cornières de  $\frac{120 \times 75}{8}$  et d'une plate-bande de  $\frac{250}{10}$ .

Les pannes comprennent une panne de rive en deux cornières de  $\frac{70 \times 50}{6}$  rivées sur une âme de 8 mm d'épaisseur et cinq pannes intermédiaires en fer à I larges ailes, de 0,200 à 0,250 de hauteurs variables.

Les pannes supportent des chevrons en cornières de  $\frac{70 \times 50}{6}$  sur lesquelles sont assemblés des fers à vitrage en I de  $\frac{55 \times 60}{5}$ .

3° *Galleries de 7<sup>m</sup>,50 des façades latérales et postérieure.* — Comme les précédentes, ces galleries comprennent deux galleries latérales et une galerie postérieure. Chaque galerie latérale est constituée par six fermes courantes et une ferme de croupe.

La galerie postérieure comprend huit fermes.

Les fermes courantes sont espacées de 6<sup>m</sup>,80, elles sont représentées dans la partie gauche de la fig. 8.

Elles affectent une forme assez irrégulière, la membrure extérieure de la ferme est inclinée, la membrure intérieure est circulaire; ces membrures sont réunies par des croisillons en treillis de cornières.

Chacune de ces fermes se raccorde à celles correspondantes de la galerie de 12 m.

Les membrures sont constituées de cornières de  $\frac{60 \times 60}{6}$  pour la ferme inférieure et de cornières de  $\frac{80 \times 80}{9}$  pour la ferme supérieure.

Les pannes, au nombre de cinq, comprennent une panne de faitage en fer à I, une panne de rive en treillis de cornières et trois pannes intermédiaires différentes. Celle voisine de la rive est constituée par un fer à I de 250×110, celle du milieu forme poutre en treillis composée de cornières de  $\frac{60 \times 60}{6}$ , la poutre ayant 0<sup>m</sup>,50 de hauteur; enfin la troisième panne est doublée, c'est un fer à I de 220×100 pour la membrure supérieure et un fer à I de 200×60 pour la membrure inférieure.

Le chevronnage est composé de fers à I de 80×40.

4° *Portique de la cour intérieure.* — La charpente métallique destinée à soutenir la toiture du portique de la cour intérieure a une portée de 3<sup>m</sup>,50.

L'ossature est simple; chaque ferme comprend un arbalétrier en fer

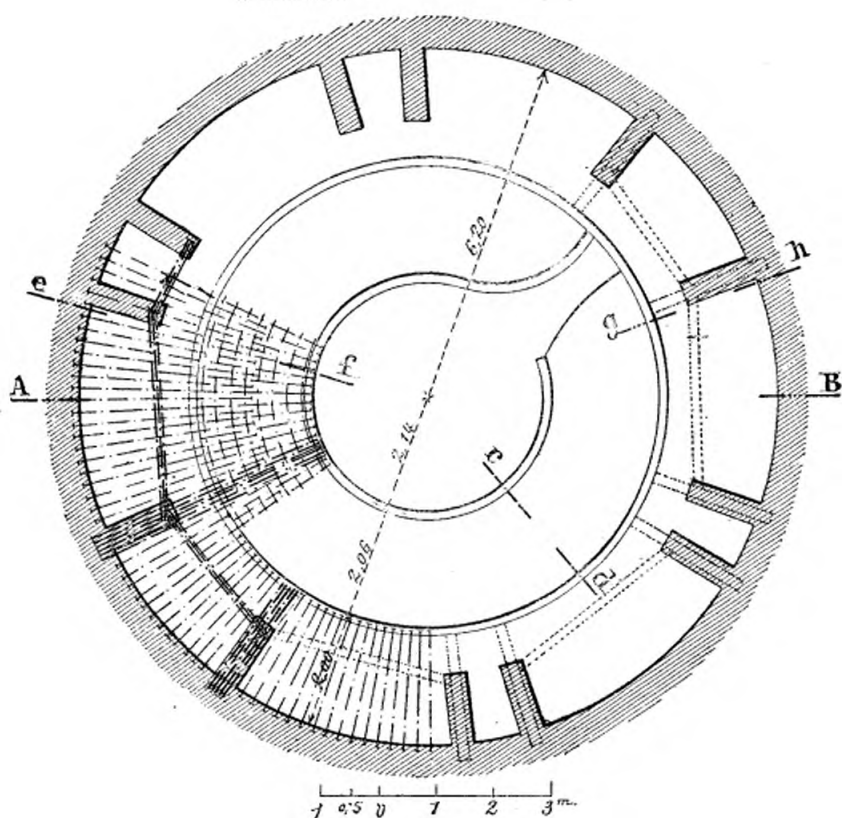
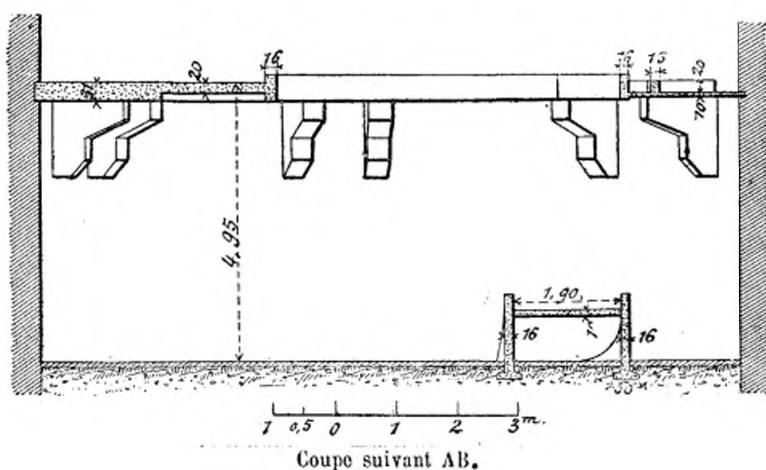


Fig. 9 et 10. — Escalier des Tourelles.

à **I** de 0,160 incliné à 30° environ, un entrain horizontal en fer à **I** de 0,160, une aiguille et une contrefiche en fer à **I** de 0,100.

Les fermes sont espacées de 6<sup>m</sup>,80.

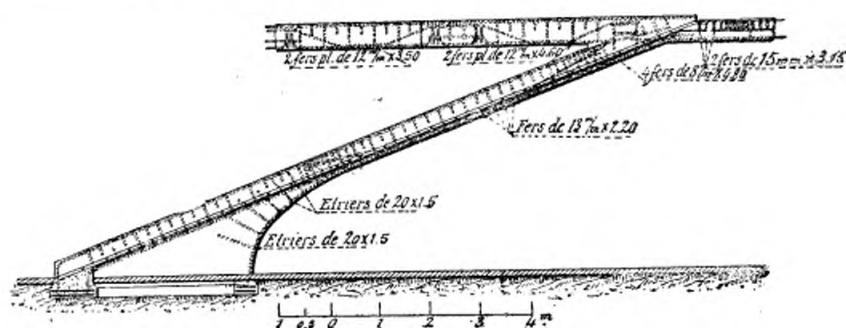


Fig. 10. — Escalier des Tourelles.  
Développement du limon extérieur.

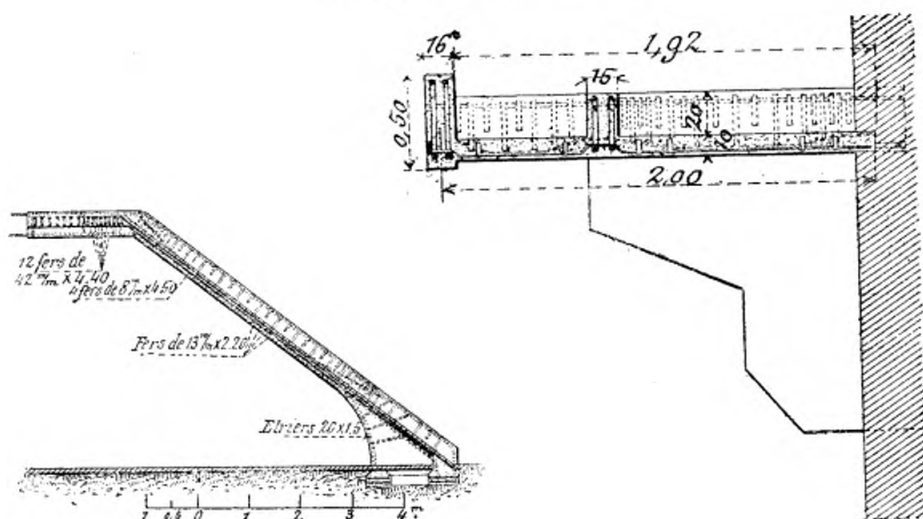


Fig. 11.  
Développement du limon intérieur.

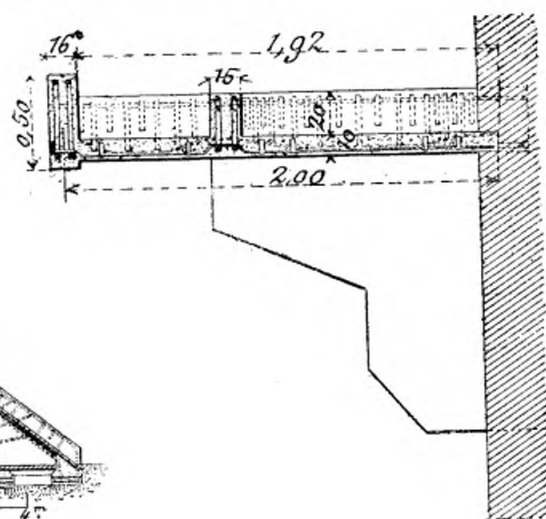


Fig. 12.  
Escalier des Tourelles. — Coupe suivant ef (fig. 10).

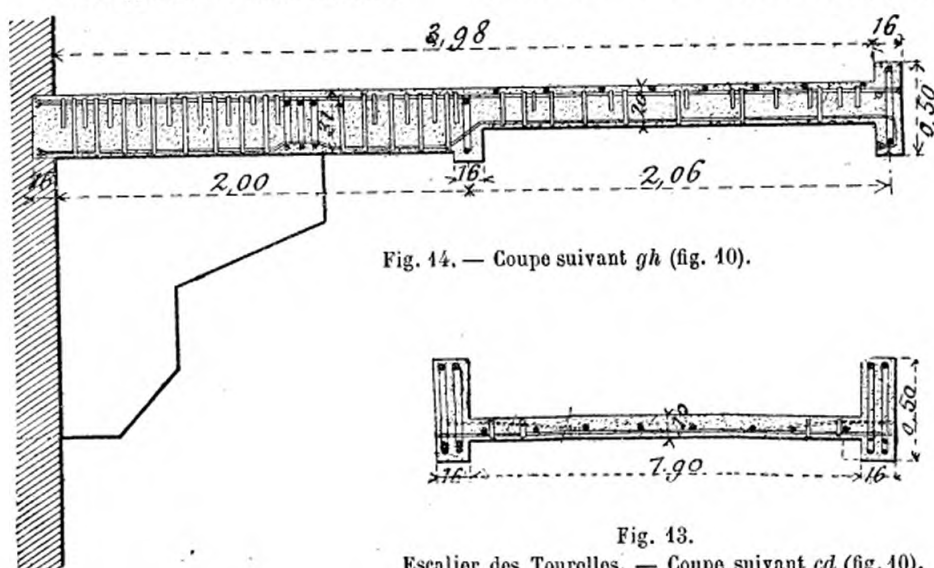


Fig. 14. — Coupe suivant gh (fig. 10).

Fig. 13.  
Escalier des Tourelles. — Coupe suivant cd (fig. 10).

Les pannes en fers à I de 0,160 comprennent une panne de rive et deux intermédiaires.

5° *Pavillon d'angle de la façade principale.* — Ces pavillons d'angle sont constitués chacun de trois fermettes dont la construction offre beaucoup d'analogie avec les fermes de la galerie de 13 m. Huit demi-fermettes forment les croupes.

Les pannes et le chevronnage complètent cette ossature indiquée en plan sur la *Pl. 6 bis*.

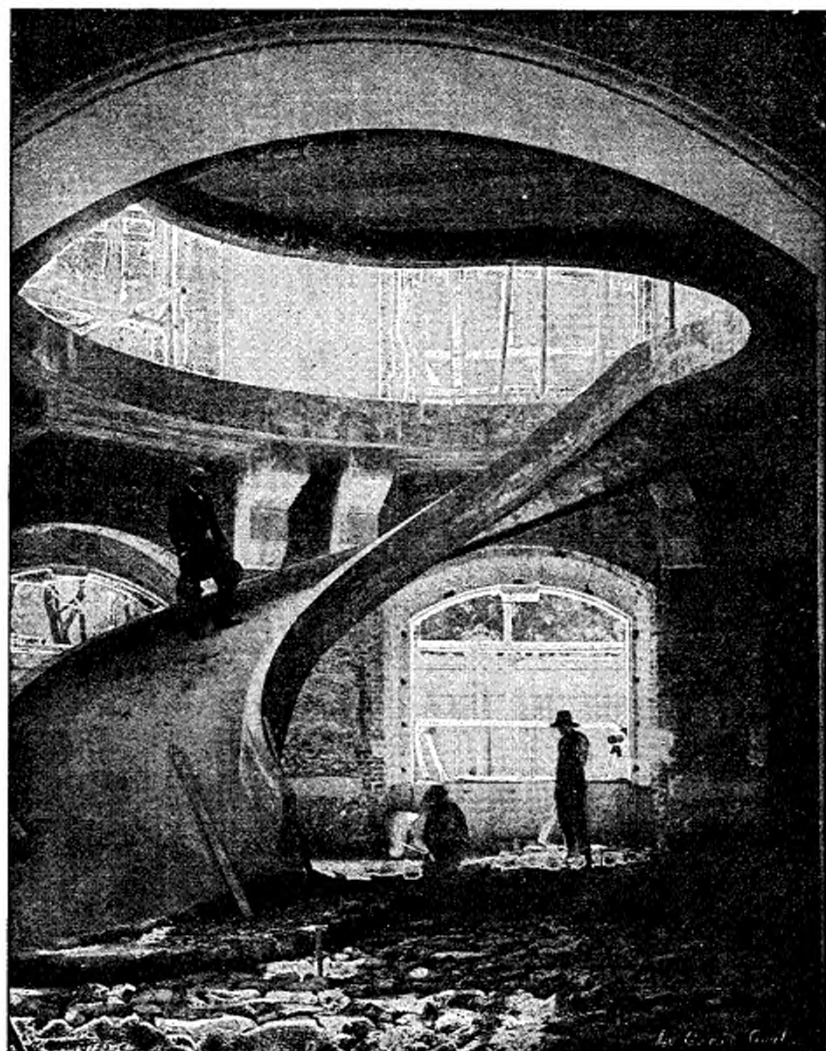


Fig. 15. — Petit Palais des Beaux-Arts. — Escalier des Tourelles.  
(Vue prise au moment où l'escalier était décintré, mais les marches n'étant pas encore posées)

6° *Coupoles.* — La coupole principale, les coupoles d'angle de la façade postérieure et les escaliers de ces dernières coupoles ont été exécutés en ciment armé.

La fig. 9 donne la disposition en plan adoptée pour la construction de ces escaliers, la fig. 10 une coupe longitudinale.

Les fig. 11 et 12 montrent en élévation la construction employée pour le limon et les fig. 12 à 14 indiquent en coupes transversales le dispositif préconisé pour la structure des marches et des limons.

La fig. 15 donne une vue prise de l'escalier où celui-ci était décintré, mais avant la pose des marches.

#### POIDS DE L'OSSATURE MÉTALLIQUE.

L'ensemble du poids des fers à plancher s'est élevé à 80 t. L'ensemble du poids des fers des combles à 540 t; soit au total 620 t.

#### DÉPENSE TOTALE DE CONSTRUCTION.

Malgré l'emploi de matériaux de luxe comme les marbres et les granits et malgré la hâte avec laquelle ce monument a été construit, son prix de revient ne ressort pas à plus de 720 francs environ le mètre superficiel, soit un total approximatif de 5700000 francs.

---

# Grand Palais des Beaux-Arts.

(Planches 10 à 28).

---

Nous avons vu que, à la suite du concours ouvert le 26 avril 1896, pour l'édification des Palais des Champs-Élysées, trois architectes furent choisis le 24 juillet 1896 pour réaliser l'œuvre qui fut une refonte des meilleures idées remarquées dans les différents envois, aucun projet primé n'ayant été jugé susceptible d'être exécuté intégralement.

Nous savons également que M. Deglane fut chargé de l'édification de la partie antérieure en bordure de l'avenue Nicolas II; M. Thomas, de la partie postérieure en bordure sur l'avenue d'Antin; la partie intermédiaire reliant les deux précédentes fut confiée à M. Louvet. M. Girault, chargé de l'exécution du Petit Palais, fut nommé architecte en chef des deux édifices.

Une commission consultative, composée de MM. Garnier, Daumet, Pascal et Vaudremer, membres de l'Institut, fut en outre chargée d'examiner les études définitives du projet d'ensemble conçu par les trois architectes.

Le rapport du jury, rédigé par M. Pascal, fixait le point de départ des études de la façade principale en se reportant au projet présenté au concours par M. Tropey-Bailly. Cette façade se composait essentiellement d'une colonnade, s'élevant au premier étage de l'édifice au-dessus d'un soubassement compris dans la hauteur du rez-de-chaussée et interrompue dans sa partie centrale par trois grandes arcades formant porche d'entrée.

Cette disposition de principe avait l'avantage d'accuser en façade les deux étages de galeries d'exposition, tout en indiquant par le porche d'entrée à toute hauteur, l'importance du hall intérieur. Elle permettait, en outre, de disposer tout le rez-de-chaussée de plain-pied, mettant ainsi en communication directe la piste du hall et les galeries de pourtour avec le sol extérieur. Mais les nécessités d'éclairage du rez-de-chaussée obligeaient à percer de grandes baies, tout le soubassement lui enlevant ainsi son caractère; et d'autre part, la préoccupation de limiter le développement du porche d'entrée, rendait fort difficile de réaliser une proportion acceptable pour les trois arcades qui le constituaient.

A ce moment, M. Girault proposa de descendre au niveau des galeries du rez-de-chaussée l'étage de la colonnade, celle-ci ne reposant plus dès lors que sur le soubassement peu élevé d'un sous-sol montant légèrement en contre-haut de la piste.

Ce système devait présenter naturellement certains inconvénients au point de vue des facilités d'accès entre les galeries du rez-de-chaussée et la piste de l'extérieur. Néanmoins, tout bien considéré, cette disposition fut jugée préférable par la Commission consultative et définitivement adoptée.

Le projet d'ensemble qui en résultait fut approuvé en février 1897.

C'est sur les données qui précèdent que l'architecte de la partie antérieure poursuivit les études définitives de la façade principale.

Quoique le point de départ primitif de la composition eût été abandonné, il en subsistait néanmoins l'obligation d'une colonnade courante, coupée dans sa partie centrale par trois grandes arcades formant motif d'entrée.

On conçoit la difficulté qu'il y avait, au point de vue esthétique, à réunir d'une façon harmonieuse des éléments si peu homogènes.

Après certaines recherches, M. Deglane présenta un projet nouveau comportant pour le porche d'entrée une grande plate-bande soutenue par des doubles colonnes présentant le même caractère d'architecture que les portiques adjacents.

Les plans dont on poursuivait simultanément les études étaient mis au point et l'on commença les travaux aussitôt que la démolition du Palais de l'Industrie permit de le faire.

---

## 1° Partie antérieure.

ARCHITECTE : M. DEGLANE.

---

La partie antérieure du Grand Palais comprend essentiellement :

La Grande Nef principale ;

Les Salles d'exposition et dépendances.

### DESCRIPTION.

La partie du Grand Palais en bordure de l'avenue Nicolas II, longue de 235 m sur 85 m de largeur environ, se compose, sur sa façade principale, d'une colonnade interrompue au centre par un porche d'entrée élevé de quelques degrés.

Une double rampe permet aux voitures d'approcher de cette entrée principale.

Ce porche est constitué par trois travées de doubles colonnes mesurant 16 m de hauteur et 1<sup>m</sup>,80 de diamètre. Il est flanqué à gauche et à droite de deux pylônes surmontés de groupes décoratifs représentant « l'Art et la Paix », dus à MM. Lombard et Verlot et accompagnés de statues de MM. Greber et Seysses.

Ces pylônes abritent les escaliers principaux conduisant aux galeries du premier étage; à leur base, se trouvent des portes de service, couronnées de motifs représentant, à gauche, la « Révélation artistique », de Gasq, à droite, « l'Inspiration », de Boucher.

Entre les doubles colonnes sont placées des figures symbolisant les arts: « l'Architecture », de Antonin Carlès; la « Peinture », de Camille Lefèvre; la « Sculpture », de Cordonnier; la « Musique », de Labatut.

Cette théorie se retrouve développée à la base des colonnes par des bas-reliefs traités par les mêmes artistes.

Les portiques latéraux, de quelques degrés surélevés par rapport au sol du porche, sont ornés à leur base de statues assises symbolisant les grandes époques de l'Art, et dont les piédestaux forment corps avec le soubassement, haut de 4<sup>m</sup>,20.

A gauche de l'entrée, les premières civilisations par les Arts: « Asiatique », de Georges Bareau; « Egyptien », de Suchetet; « Grec », de Béguine; « Romain », de Clausade.

A droite, les époques plus rapprochées de nous: le « Moyen Age », de Boutry; la « Renaissance », d'Enderlin; le « xvm<sup>e</sup> siècle », de Hippolyte Lefebvre; l'« Art contemporain », de Félix Charpentier.

Ces grandes périodes artistiques sont également traduites sur le mur de fond du portique par des mosaïques d'émail courant le long de la façade et dont les cartons sont dus à M. Louis-Edouard Fournier.

Ces différents panneaux sont reliés entre eux par des motifs décoratifs sculptés dans la pierre et composés d'écussons et de cariatides supportant les grandes divisions du plafond du portique. Leur exécution est due au ciseau de MM. Soldi, Levasseur, Bayard de la Vingtrie et André.

Les portiques, formés de colonnes de 11 m de haut et de 1<sup>m</sup>,20 de diamètre, sont terminés à leurs extrémités par des pans coupés de forme curviligne, donnant accès aux salons de repos du rez-de-chaussée.

Ces pans coupés sont reliés au sol des jardins par des perrons dont les emmarchements sont ornés de deux statues assises représentant du côté de la Seine; l'« Art Industriel », de Villeneuve; l'« Art Décoratif », de Lafont; du côté des Champs-Élysées; la « Céramique », de Léonard; le « Dessin » de Daillion.

Des quadriges en bronze exécutés par le statuaire Récipon, couronnent ces motifs d'angle.

Les façades latérales, sur plan courbe, et les façades postérieures se composent de travées formées par des colonnes engagées et couronnées de balustrades faisant suite à celle de la façade principale. Des entrées réservées du côté de la Seine et du côté des Champs-Élysées, permettent aux voitures d'accéder directement à la piste. Ces entrées sont surmontées, dans la hauteur du premier étage, de cartouches accompagnés de figures et traités par MM. Allouard et Madeline.

L'intérieur du Palais se compose d'une grande nef d'environ 200 m de longueur sur 45 m de largeur entre points d'appui composée de douze fermes plein cintre de 37 m de hauteur, reliées dans leur axe par un dôme très surbaissé, dont les arêtières en forme de croix partent du sol même.

La nef se termine à ses extrémités par des croupes, de façon à diminuer autant que possible à l'extérieur la longueur des toitures. Cette considération a dû faire abandonner l'idée d'édifier aux extrémités de la nef des pignons qui se seraient prêtés à un effet plus décoratif.

Cette grande nef abrite la piste réservée à la sculpture. On y a établi des annexes décorées de treillage et réservées à la peinture. Des galeries de 5<sup>m</sup>,50 formant balcons au premier étage entourent la nef.

Sur tout le pourtour au rez-de-chaussée, avec éclairage latéral, et au premier étage avec jour venant du haut, sont des salles de 12 m de large, réservées à la peinture et auxquelles on accède par des escaliers situés aux deux extrémités de la piste et par ceux des pylônes de la façade principale.

Ces salles sont reliées aux quatre angles par des salons de repos. La partie du Palais située du côté de la Seine a été réservée aux sections étrangères, la partie située du côté des Champs-Élysées à la section française.

Les sous-sols ont été affectés à des services annexes; du côté des Champs-Élysées se trouvaient le commissariat et le poste de police. En façade principale, le service des sapeurs-pompiers. Les postes et télégraphes occupaient des locaux situés du côté de la Seine. Enfin, la partie de la façade postérieure était réservée au service médical.

## 2° Partie intermédiaire

ARCHITECTE : M. LOUVET

---

La partie intermédiaire comprend essentiellement :

La nef de retour, aboutissant à l'escalier d'honneur situé en face de l'entrée principale du Palais ;

En haut de l'escalier, la grande salle de concerts et ses dépendances ;

Autour de la nef, les galeries continuant les galeries de la partie antérieure.

### DESCRIPTION.

Le rez-de-chaussée comprend deux grandes galeries, l'une façade nord, l'autre façade sud, reliées par une galerie transversale où viennent aboutir des pentes douces facilement accessibles. Chacune de ces galeries a environ 20 m  $\times$  60 m. Elles sont éclairées par de vastes baies et peuvent servir aux expositions de toute nature.

La nef de retour, de même largeur que la nef principale (partie Deglane), contient le grand escalier d'honneur et est entourée de galeries de 4 m de largeur, leur sol est à 1<sup>m</sup>,80 au-dessus du sol de la piste. Elles peuvent servir également aux expositions et former promenoirs.

Au premier étage sont disposées, suivant les façades nord et sud, de grandes galeries de 12 m de large sur 60 m de longueur ; à côté, d'autres salles accessoires de 8 m de large, ouvertes sur ces galeries peuvent être sectionnées. Toutes ces salles éclairées par le haut sont spécialement destinées à la peinture.

Entre ces deux groupes de galeries se trouve la grande salle des concerts et ses dépendances.

La salle des concerts est située dans l'axe du Palais. On y accède par une vaste baie (entrée principale), située sur le grand palier de l'escalier d'honneur, et par d'autres baies la reliant aux différentes galeries. L'une de ces baies donne sur un grand escalier spécialement destiné à cette salle. D'autres permettent d'accéder aux dépendances situées à proximité.

Cette salle (60  $\times$  20) pourrait contenir plus de 1500 personnes assises. Sa décoration prévue surtout en grandes surfaces revêtues de peintures historiques, la rendrait propre à servir aux exécutions musicales.

Tout en étant destinée à l'art musical, cette salle pourrait également devenir une salle des fêtes et servir aux expositions de peinture à l'époque des salons annuels.

C'est cette dernière destination qui lui a été donnée pour l'Exposition de 1900. Mais elle a été conçue de façon à pouvoir être facilement aménagée pour les concerts, c'est-à-dire, à comprendre : un grand orgue sur l'une des parois transversales, des tribunes, estrades, etc. La décoration est prévue surtout en peinture, les reliefs et sculptures étant réduits au minimum afin d'obtenir une bonne acoustique.

Cette salle est accompagnée de toutes les dépendances nécessaires telles que : grand escalier spécial, escaliers secondaires, ascenseur, vestiaires, water-closets, loges d'artistes, etc.

De cette façon, cette partie du Palais pourrait former un tout complet et indépendant.

Au sous-sol, deux vastes salles, l'une sous les galeries nord, l'autre sous les galeries sud et mesurant chacune environ 20 m  $\times$  60 m. Elles sont destinées à servir d'écuries pour le Concours Hippique et sont reliées entre elles par une autre galerie transversale où se trouvent les pentes douces permettant l'accès facile des chevaux sur la piste du rez-de-chaussée.

Indépendamment de cette utilisation temporaire, ces galeries pourront servir de dépôts, débarras, etc.; il sera même possible d'y aménager les bureaux. Elles sont convenablement éclairées par des baies percées dans le soubassement de la façade et largement aérées sur les murs de face et les courettes extérieures.

On trouve, en outre, dans le sous-sol, des espaces assez vastes pour permettre l'installation d'appareils de chauffage et d'électricité.

#### ORNEMENTATION.

Il y a fort peu d'ornementation dans la partie intermédiaire. Les salles intérieures, en effet, sont laissées très simples afin qu'elles puissent servir aux expositions de toute nature. Dans la grande salle de concerts, encore inachevée, l'architecte a prévu, dans la niche, l'arc d'entrée et les six grands panneaux, une décoration comprenant de grandes peintures murales ; une frise avec ornements sculptés, enfin les voussures du plafond sont étudiées en décoration peinte.

Le fond de croupe, au-dessus de l'arrivée du grand escalier, est également prévu en peinture décorative et sculpture ornementale.

La sculpture comprend :

Sur la façade nord, au-dessus de la porte d'entrée, un grand bas-relief et deux groupes en pierre sur la même façade au-dessus des doubles colonnes.

#### NATURE DE LA CONSTRUCTION.

De même que pour le reste du Palais, les fondations ont été établies en partie sur des pilotis en chêne battus au fond de rigoles par des sonnettes à vapeur. Du côté des Champs-Élysées, les massifs en béton ont pu être établis directement sur le sol (sable glaiseux) qui, à cet endroit, offrait une résistance suffisante.

Mais du côté de la Seine et pour environ une moitié de la superficie du Palais, on ne trouvait que des couches de tourbe et d'argile qui ont nécessité la consolidation du sol au moyen de pieux. Il en a été battu 408 pour la partie intermédiaire ; leur longueur variait entre 10 m et 4 m avec un diamètre de 0<sup>m</sup>,83 environ.

La partie intermédiaire comprend deux façades latérales d'environ 60 m chacune ; celle du nord, sur les Champs-Élysées, est un peu plus longue que l'autre ; dans la travée du milieu se trouve une entrée à laquelle on accède par un perron en pierre.

L'architecture de ces façades est naturellement reliée à celle des façades postérieures de M. Deglane. Toutes ces parties de pierre ont dû être étudiées de concert par les deux architectes, aussi n'y a-t-il dans l'ordonnance architectonique que des variantes de détails, telles que des baies au premier étage dans l'édifice de M. Louvet au lieu de parties planes dans celui de M. Deglane. Un motif milieu est placé au-dessus du perron de la façade nord.

Les matériaux employés pour ces deux façades sont, au-dessus des fondations, en béton et meulière.

1<sup>o</sup> Près du sol une assise en pierres de Villebois (Isère) ; ensuite, jusqu'au bandeau du rez-de-chaussée, pierre d'Euville et Lérrouville (Meuse) ; enfin les élévations au-dessus du rez-de-chaussée sont en pierre de Mesnil-le-Roi (Seine-et-Oise). Toutes ces pierres ne forment que des revêtements d'environ un tiers des murs ; le reste est en maçonnerie de meulière et moellon.

Ce système de construction mixte, lorsqu'on emploie de bons mortiers, donne une maçonnerie excellente et beaucoup moins coûteuse que la maçonnerie exécutée complètement en pierre de taille. Quant aux intérieurs, ils sont traités avec la plus grande simplicité de façon à pouvoir se

plier aux exigences des expositions les plus diverses. Il n'y a que très peu de décoration, l'attention ne devant pas être distraite des objets exposés et les divisions intérieures pouvant se prêter à toutes sortes de modifications.

Seule, la grande salle de concerts comprendra, lors de son achèvement, un grand ensemble de voussures ornées et des peintures décoratives.

La *Pl. 22* montre la disposition de la charpente métallique de la partie intermédiaire de la Salle des Fêtes pendant le montage de l'ossature.

La grande nef (partie en retour et croupe) a été étudiée d'entente avec M. Deglane chargé du dôme et de la nef principale. Les architectes ont cherché, en employant l'acier, à obtenir un effet aussi léger que possible. Ils ont cherché les effets de décoration dans l'emploi raisonné des éléments de construction en acier, c'est-à-dire des tôles plates et des cornières forgées et roulées en proscrivant complètement l'emploi de la fonte. Ce système de construction, très rationnel, donne à ces grandes arcatures d'acier un style très logique et très moderne.

Le grand escalier d'honneur qui conduit de la piste au premier étage est également entièrement construit en acier apparent. Les arcatures et limons reposent sur des colonnes en porphyre vert des Pyrénées portées sur des soubassements en granite des Vosges. De même que pour les fermes de la grande nef, l'architecte a pensé trouver dans l'emploi presque exclusif des tôles plates et des cornières forgées un effet logique et moderne. Mais il y a dans l'emploi nouveau de ces matières de sérieuses difficultés d'étude, toute la construction restant apparente, et de grosses difficultés d'exécution.

L'escalier conçu de cette façon comprend deux grandes volées avec paliers de repos et volées accessoires à 45°. Il occupe tout le fond de la nef sans boucher le passage. Les dessous mêmes seraient parfaitement utilisables pour des buffets, endroits de repos, etc.

Sur le palier principal, au premier étage, dans la grande arcade de fond de croupe, se trouve l'entrée principale de la salle de concerts. Tout ce fond de croupe, visible dès l'entrée, est décoré de peintures et de sculptures ornementales.

---

## Partie postérieure.

ARCHITECTE : M. THOMAS.

---

La partie postérieure comprend essentiellement :

Le hall elliptique ;

Les salles de l'Exposition et dépendances.

### DESCRIPTION GÉNÉRALE.

La façade sur l'avenue d'Antin rappelle un peu celle de l'ancien Palais de l'Industrie. Ce rapprochement est surtout saisissable dans le porche central qui comporte une grande baie cintrée avec tympan ornés et un soubassement avancé avec colonnes accouplées. Au dessus de l'entablement, attique et allégorie décorative analogue.

La colonnade du Palais sur l'avenue d'Antin à colonnes jumelles rappelle celle de la façade antérieure sur l'avenue Nicolas II, mais l'ensemble est d'une décoration plus simple et plus sobre.

Sous cette colonnade court une frise polychrome en grès cérame représentant l'histoire de l'Art depuis les temps les plus reculés. Les dessins et reliefs sont de MM. Blanc et Barrias, les grès flammés ont été exécutés par la Manufacture de Sèvres.

De l'avenue d'Antin on a accès par le porche médian dans un hall elliptique. La rotonde qui en occupe le centre forme, en bas, vestibule d'honneur ; du vestibule on pénètre dans quatre salles d'exposition larges de 10 m environ et longues de 36 m ; deux des salles donnent sur l'avenue, les deux autres symétriques sont adossées à la partie intermédiaire de M. Louvet, et, entre les quatre, aux deux petites extrémités du rectangle, se trouvent deux galeries de réception ; en outre il y a quatre petits locaux de destination indéterminée et aux angles des salons de repos, bureau d'administration etc.

Deux larges escaliers permettent d'atteindre les salons et salles d'exposition des étages identiques aux salles et salons du rez-de-chaussée et s'y superposant.

Au sous-sol, deux rampes d'accès conduisent à deux immenses salles, l'une sous la partie nord, l'autre sous la partie sud ; elles mesurent chacune environ  $39 \times 35$  m.

Correspondant au hall du rez-de-chaussée, une salle elliptique située entre les deux précédentes mesure  $43 \times 41$  m. En outre sont disposés

le logement du concierge, un poste de pompiers, un bureau d'octroi, un poste de police, etc.

### Description de l'ossature métallique.

Correspondant aux trois divisions que nous venons de décrire, l'ensemble de l'ossature métallique comprend : une nef longitudinale avec croupes aux extrémités, une nef transversale avec croupe, un dôme à l'intersection des deux nefs, un porche d'entrée.

La nef transversale se raccorde sur l'avenue d'Antin avec une coupole elliptique; sur cette coupole se raccordent de part et d'autre deux nefs centrales, moins importantes que les précédentes auxquelles s'adjoignent de petites nefs latérales. Les nefs centrales se terminent chacune par une coupole octogonale extérieure et les nefs latérales par de petits pavillons d'extrémité.

#### GRANDE NEF.

La charpente de la grande nef est constituée par deux parties semblables réunies par un dôme central.

Chacune des parties postérieure ou antérieure au dôme comprend :

Quatre fermes courantes ;

Une ferme contre-dôme qui ne diffère de la première que par les piliers et par leur mode d'ancrage ;

Une ferme de noue à l'intersection du dôme et de la nef.

Les pannes sont au nombre de onze, se décomposant ainsi : huit pannes intermédiaires, deux pannes de rive et une de faitage.

Sur ces pannes viennent reposer les chevrons, les fermettes de lanterneau, les pannes à vitrage et les fers à vitrage.

#### CROUPE DE LA GRANDE NEF.

La croupe de la grande nef comprend :

Deux grands arêtières, deux empanons principaux et quatre empanons secondaires venant s'assembler sur les arêtières et sur un arc inférieur.

Ces arêtières eux-mêmes s'appuient à la base sur un arc antérieur de fond et à la partie supérieure sur une ceinture formant le contour du lanterneau.

Les pannes de toute cette croupe sont circulaires et soutiennent les chevrons, les pannes de vitrage et les fers à vitrage.

## DOME CENTRAL.

L'ossature du dôme comprend huit arêtières; chaque arêtière se compose d'un arc en plein cintre en treillis de 33<sup>m</sup>,593 de rayon intérieur, prolongé par deux piédroits verticaux d'une hauteur de 10<sup>m</sup>,993, mesurée du sol à la naissance du plein-cintre.

Chaque piédroit se compose de deux piliers distants de 2<sup>m</sup>,35 d'axe en axe.

Les deux piliers sont encastrés et ils sont réunis à partir de la base par une partie pleine, puis laissent entre eux un intervalle vide de 1<sup>m</sup>,60 et sont de nouveau réunis par une forte entretoise au niveau du plancher. Au-dessus de cette entretoise, les piliers laissent de nouveau entre eux un intervalle vide. Ils sont réunis à leur sommet par une partie pleine qui constitue la naissance de l'arc.

Sur les arêtières viennent s'appuyer les couronnes.

Ces couronnes, au nombre de deux, une supérieure de 11<sup>m</sup>,60 de diamètre et une intermédiaire de 33 m de diamètre, sont circulaires et non polygonales, leur rigidité dans le sens horizontal est relativement faible. Aussi dans les calculs faut-il tenir compte qu'il n'y a pas équilibre entre les réactions horizontales, suivant le rayon que pourraient leur transmettre les arêtières et les fermes intermédiaires, comme cela se passe dans un dôme proprement dit où toutes les forces suivant le rayon sont sensiblement égales.

Ces couronnes s'appuient sur les arêtières et servent au contraire d'appui aux fermes intermédiaires.

En outre, le dôme repose sur quatre fermes de noues, ces fermes formant l'intersection de la couverture du dôme avec celle des nefs et du porche.

Eu outre, l'ossature comprend :

Les arbalétriers intermédiaires reliant les noues et les couronnes ;

Les arbalétriers surélevés supportant la couverture plus élevée comprise entre les deux couronnes et existant au-dessus des arêtières et des arbalétriers intermédiaires ;

Le campanile qui recouvre la région centrale circonscrite par la couronne supérieure ;

Les pannes, chevrons, pannes de vitrage, fers à vitrage reliant cette ossature complètent la charpente du dôme.

Font partie également du dôme, les pannes qui relient les fermes de noue avec la première ferme courante de chaque nef, ainsi que les

chevrons, fermettes de lanterneau, pannes de vitrage et fers à vitrage qu'elles supportent.

#### PORCHE.

La charpente du porche formant pignon comprend : une ferme de tête encadrant un rideau vitré reposant sur le mur de face ; une ferme reliée à la ferme de tête par les pannes supportant la couverture et par un plafond vitré.

Les piliers de cette dernière ferme sont encastrés dans le sol.

L'ossature du porche est complétée par les chevrons, les pannes de vitrage et les fers à vitrage.

#### NEF TRANSVERSALE.

La carcasse de la nef transversale comprend :

Une ferme courante, une ferme contre-dôme, celle-ci, sauf le mode d'ancrage des piliers, est semblable à la ferme courante. Puis les pannes réunissant ces deux fermes entre elles ainsi que celles réunissant la ferme courante à la croupe. Enfin les chevrons, fermettes de lanterneau, pannes de vitrage et fers à vitrage qu'elles supportent.

#### CROUPE DE LA NEF TRANSVERSALE.

La croupe de la nef transversale comprend :

Quatre arêtières, deux à deux semblables, symétriquement placés ;

Deux demi-fermes tronquées venant s'assembler avec deux des arêtières ;

Deux empanons d'extrémités.

Ces arêtières et empanons s'appuient d'une part au sommet sur une ceinture formant le contour du lanterneau, et d'autre part sur un arc antérieur de fond et deux arcs de pans coupés placés symétriquement.

L'arc antérieur de fond est doublé d'un arc postérieur formant avec celui-ci un doubleau.

Sur ces pièces principales s'appuient les pannes et les chevrons portant la couverture.

Les arêtières sont contenus avec leurs piliers et ces derniers sont encastrés à leur base, ces arêtières s'appuient à leur sommet sur la ceinture du lanterneau sur laquelle ils exercent une poussée.

La ferme tronquée est comme les fermes courantes ; continue à deux piliers encastrés à leur base, elle s'assemble en son sommet avec

l'arêtier latéral, très près de l'assemblage de ce dernier avec la couronne du lanterneau.

En outre, les chevrons ainsi que les pannes de vitrage et les fers à vitrage viennent reposer sur toute cette ossature.

#### COUPOLE ELLIPTIQUE.

Les *Pl. 23, 24 et 25* donnent les détails de la coupole elliptique abritant le vestibule d'honneur du Grand Palais (partie postérieure sur l'avenue d'Antin).

La charpente en est particulièrement intéressante.

Les fermes composant cette coupole sont de deux types distincts.

1° Fermes jumelles ;

2° Fermes simples.

En outre ces fermes supportent des fermettes de lanterneau.

Les fermes jumelles comprennent seize fermes simples de constructions similaires, quatre jumelles contre axe longitudinal et quatre jumelles contre axe transversal.

Les fermes simples sont au nombre de dix ; elles se composent de fermes dites sur grande poutre et de fermes dites sur petite poutre.

Nous indiquons dans le détail ci-dessous les dimensions des divers éléments de la coupole elliptique :

#### 1° Fermes jumelles M.

Seize extrados cintrés  $M_1$  : 2 cornières  $\frac{80 \times 80}{8}$ , fer plat  $\frac{150}{8}$  ;

id. id. rectilignes  $M_2$  : 2 cornières  $\frac{80 \times 80}{8}$  ;

id. intrados id.  $M_3$  : 2 id.  $\frac{80 \times 80}{8}$ , fer plat  $\frac{150}{8}$  ;

id. id. id.  $M_4$  : id. id. id. ;

id. Contrefiches  $M_5$  : id.  $\frac{70 \times 70}{7}$  ;

id. id.  $M_7$  : id.  $\frac{70 \times 70}{7}$  ;

id. id.  $M_9$  : id. id. ;

id. id.  $M_{11}$  : id. id. ;

id. id.  $M_{12}$  : id. id. ;

id. montants  $M_6$  : 2 id.  $\frac{70 \times 70}{7}$  ;

Seize montants	$M_8 : 2 \text{ cornières } \frac{70 \times 70}{7};$			
id. id.	$M_{10} : 2$	id.	id.	;
id. id.	$M_{11} : 2$	id.	id.	;
id. id.	$M_{12} : 2$	id.	id.	;

Seize goussets supérieurs.

## 2° Fermes sur poutre $M_x$ .

Les dix fermes  $M_x$  ont le même tracé que les fermes  $M_i$  elles ne diffèrent de ces dernières que par la partie inférieure des goussets numéros 1, 2, 3 qui deviennent des goussets numéros  $1_x$ ,  $2_x$ ,  $3_x$ .

De plus dans les parties cintrées de l'extrados elles ne portent pas les attaches des goussets de contreventement.

## Fermettes de lanterneau.

Les fermettes de lanterneau comprennent :

Vingt-six supports de chéneau N : (treillis en cornières de $\frac{50 \times 50}{5}$ )					
id.	id.	de pannelettes $N_2$ :	2 cornières	$\frac{50 \times 50}{5}$	;
id.	id.	id.	$N_4$ :	id.	id. ;
id.	id.	id.	$N_6$ :	id.	id. ;
id.	contrefiches	$N_1$ :	cornière	$\frac{50 \times 50}{5}$	;
id.	id.	$N_3$ :	id.	id.	;
id.	id.	$N_5$ :	id.	id.	

Les suspensions de plafond sous les fermes comprennent comme aiguilles et contrefiches des éléments en cornières de  $\frac{70 \times 70}{7}$  et  $\frac{60 \times 60}{6}$ .

La *Pl. 23* donne, en outre, la disposition du contreventement inférieur, du contreventement supérieur et celle des pannes de la coupole.

L'examen des *Pl. 24* et *25* complète les indications précédentes.

La *Pl. 21* montre l'état d'avancement du montage de la charpente métallique de la coupole elliptique au 14 mars 1899.

## NEFS CENTRALES ET LATÉRALES DU GRAND PALAIS SUR L'AVENUE D'ANTIN

Les *Pl. 25* et *26* représentent la disposition des combles situés à

gauche de la coupole centrale elliptique ; les combles situés à droite de la coupole sont symétriques.

Par l'aspect des figures on voit que cette partie de la charpente métallique du Grand Palais est toute simple, la lecture des plans suffit pour l'expliquer ; la *Pl. 26* en expose les détails à une échelle double.

#### COUPOLES OCTOGONALES ET PAVILLONS D'EXTRÉMITÉS

(*Planches 27 et 28*).

Les coupoles octogonales font suite aux deux nefs centrales des constructions latérales du Grand Palais pour la partie en bordure de l'avenue d'Antin.

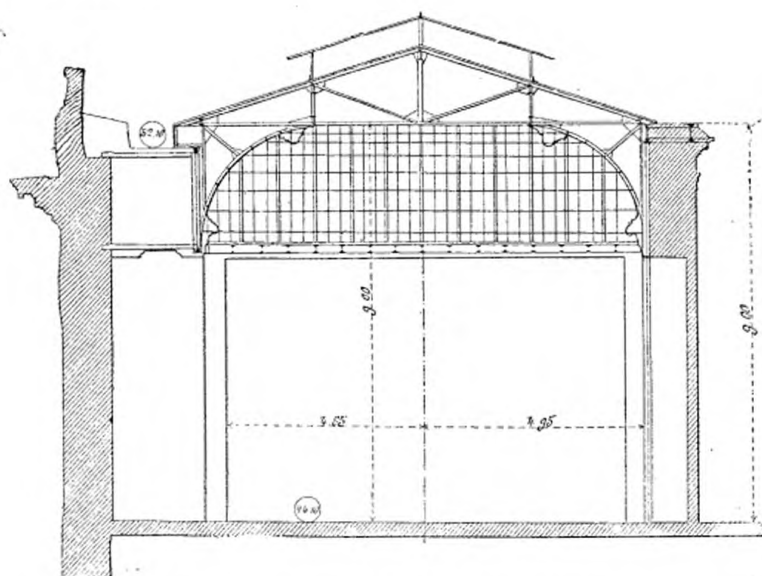


Fig. 16. — Pavillon d'extrémité des nefs latérales.

Chacune de ces coupoles comprend huit fermes ou arêtiers, ces fermes supportent au moyen d'aiguilles une pailasse formant faux plafond.

L'extrados de l'arétier est formé de 2 cornières de  $\frac{60 \times 60}{5}$ .

L'intrados id. id. de 2 fer en U de  $\frac{140 \times 60}{6}$ .

Chaque contrefiche est composée d'une cornière de  $\frac{50 \times 50}{5}$ .

Chaque aiguille de suspension id id.

Cette ossature est complétée par une série de pannes et de chevrons comme il est indiqué en plan et coupe sur la *Pl.* 27.

La structure des Pavillons d'extrémité des nefs latérales est indiquée en détail sur la *Pl.* 28, ainsi que le pan de fer soutenant les nefs centrale et latérale.

La disposition de ces ossatures très simples n'offre rien de particulier.

La fig. 16 donne la disposition des Pavillons d'extrémité des nefs latérales.

### Aperçu de la Méthode de calcul des Fermes de la grande nef du Palais des Beaux-Arts.

Les fermes de la grande nef du Palais des Beaux-Arts sont en acier, elles sont de forme circulaire en plein cintre.

Les données principales sont les suivantes :

Ouverture des fermes d'axe en axe des piliers intérieurs. . . .	45 <sup>m</sup> ,00
id. id. id. extérieurs . . . .	56 <sup>m</sup> ,15
Hauteur des fermes à l'intrados au milieu. . . . .	36 <sup>m</sup> ,95
Ecartement des fermes d'axe en axe. . . . .	12 <sup>m</sup> ,00
Surcharge par m <sup>2</sup> de projection horizontale . . . . .	120 <sup>kg</sup> ,00
Coefficient de travail par mm <sup>2</sup> de section nette (acier) . . . .	10 <sup>kg</sup> ,5
Variation de température à partir de la température de pose . .	± 25°

#### RAPPEL DES FORMULES DE LA DÉFORMATION.

Dans une pièce courbe, une section quelconque est définie par les coordonnées  $x, y$  du centre de gravité de la section et par son angle avec un axe déterminé.

Soient deux sections  $G_0, G_1$  (fig. 17) définies avant transformation par  $x_0, y_0, z_0$  et  $x_1, y_1, z_1$ . Ces sections après déformation seront définies par

$$\begin{aligned} & x_0 + \Delta x_0 \quad y_0 + \Delta y_0 \quad z_0 + \Delta z_0 \\ \text{et} \quad & x_1 + \Delta x_1 \quad y_1 + \Delta y_1 \quad z_1 + \Delta z_1. \end{aligned}$$

Soient :

I le moment d'inertie de la section supposé constant dans la longueur  $\Delta x$  ;

$\Omega$  l'aire de la section ;

$N$  la compression de la fibre moyenne, c'est-à-dire la somme des projections des forces extérieures sur la tangente à la fibre moyenne ;

$M$  le moment fléchissant, somme des moments des forces ;

$E$  le coefficient d'élasticité de la matière qui constitue l'arc ;

$\delta$  le coefficient de dilatation pour la chaleur de la matière composant l'arc ;

$\tau$  l'élévation de température à partir de la température de pose supposée constante dans toute l'étendue de l'arc.

Les coordonnées de la ligne moyenne peuvent varier pour quatre causes :

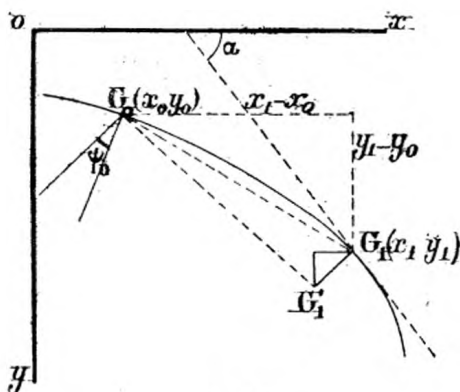


Fig. 17.

1° Par suite du déplacement de la section  $G_0$  ;

2° La section normale en  $G_0$  peut tourner autour de ce point d'un angle très petit  $\psi_0$  ;

3° Les tranches de la pièce courbe peuvent subir entre  $G_0$  et  $G_1$ , une double altération résultant d'un allongement linéaire et d'un déplacement angulaire relatif des sections extrêmes ;

4° Les variations de température.

Le déplacement du point  $G_1$  par rapport au point  $G_0$  sera donné par les formules :

$$\Delta x_1 = \Delta x_0 - (y_1 - y_0) \psi_0 + \delta \tau (x_1 - x_0) + \int_{G_1}^{G_0} \left[ \frac{N \cos \alpha}{E \omega} - (y_1 - y) \frac{\mu}{EI} \right] ds ;$$

$$\Delta y_1 = \Delta y_0 - (x_1 - x_0) \psi_0 + \delta \tau (y_1 - y_0) + \int_{G_1}^{G_0} \left[ \frac{N \sin \alpha}{E \omega} + (x_1 - x) \frac{\mu}{EI} \right] ds ;$$

$$\psi = \psi_0 - \int_{G_1}^{G_0} \frac{M}{EI} ds .$$

## APPLICATION DES FORMULES A LA FERME DU GRAND PALAIS.

Nous admettrons, pour déterminer les réactions inconnues, que la ferme est coupée au sommet et que le pilier extérieur est seul encastré, la base du pilier étant libre.

Nous chercherons les déplacements verticaux, horizontaux et angulaires de la base du pilier libre et de la section du sommet sous l'action des forces extérieures connues.

Nous déterminerons ensuite la valeur du moment, celle des réactions, horizontale et verticale, qu'il faut appliquer au pied du pilier intérieur et au sommet de la ferme pour ramener la base du pilier dans sa position primitive et pour rétablir la continuité au sommet.

## ETUDE DANS LE CAS DE LA SURCHARGE SYMÉTRIQUE.

Nous rendrons libre la demi-ferme en appliquant en 0 (fig. 18) les forces  $V_1$  et  $L_1$  et le couple  $M_1$ ; en A les forces  $V_2$  et  $L_2$  et le couple  $M_2$ ; en S, la

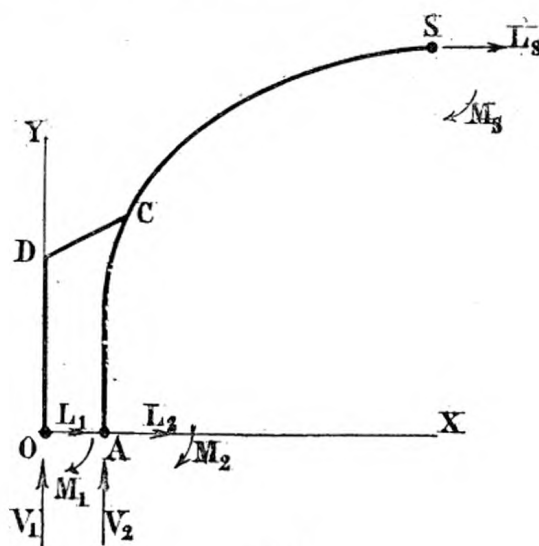


Fig. 18.

force  $L_3$  et  $M_3$ , donc huit liaisons (l'effort tranchant en S étant nul dans le cas de la charge symétrique, il n'y a pas à appliquer en S de force verticale).

Il y a donc huit quantités à déterminer; la statique ne donne que

trois équations, on en trouvera cinq autres, en faisant intervenir les conditions de la déformation.

*Equations de la statique.* — La somme des projections des forces extérieures sur les axes de coordonnées est nulle :

La somme des moments des forces extérieures par rapport au point 0 est nulle.

$$(1) \quad L_1 + L_2 + L_s = 0,$$

$$(2) \quad V_1 + V_2 + \Sigma P = 0.$$

Ces trois équations détermineront  $V_1$ ,  $L_1$  et  $M_1$  lorsque les cinq autres liaisons seront connues.

$$(3) \quad M_1 - V_2 l + M_2 + L_s h + M_s - \Sigma P p = 0.$$

*Conditions de la déformation.* — Nous considérons la demi-ferme OBCAS comme soumise seulement aux trois liaisons  $V_1$ ,  $L_1$ ,  $M_1$  indépendantes de l'élasticité et nous exprimons que sous l'influence des cinq liaisons surabondantes, de la température et des charges, les déplacements angulaires, horizontaux et verticaux du point A et les déplacements angulaires et horizontaux du point S sont nuls. Nous aurons ainsi cinq équations pour déterminer les cinq liaisons inconnues.

La suite du calcul n'offre alors aucune difficulté.

On choisira pour le calcul un certain nombre de sections et on vérifiera pour chacune d'elles à l'aide de la formule :

$$R = \frac{\gamma \mu}{I} \pm \frac{N}{\Omega}$$

le coefficient de travail des membrures.

### Conduite des Travaux du Grand Palais.

Les travaux commencés en 1897, aussitôt après la démolition du Palais de l'Industrie, ont été conduits régulièrement malgré les difficultés du début, qui ont forcé les architectes à trouver très rapidement un grand nombre de pieux en chêne pour consolider le sol. Il y a donc eu au commencement un peu de retard, mais ensuite les fondations ont marché rapidement.

Les approvisionnements se faisaient surtout par eau et, ainsi que

l'avait promis l'Administration, les Parisiens ont pu voir s'élever les palais sans être gênés par aucun passage de matériaux dans les Champs-Élysées. Les fournitures de pierres se sont faites régulièrement et ce fut presque un tour de force à cause de l'immense quantité qui a été absorbée en si peu de temps dans les Palais. Il est vrai que, pour parer à cet inconvénient, les architectes avaient pris soin de s'adresser à différentes carrières donnant des pierres similaires.

On a eu recours aux moyens les plus extraordinairement rapides que la technique moderne permettait d'employer : transport direct aux chantiers des blocs énormes, installation d'un grand pont roulant électrique d'une force de dix tonnes, courant sur deux rails distants de 12 m ; découpage des blocs par la scie circulaire diamantée ; mise en place des pierres soulevées à l'aide de grues puissantes.

La question apparente a été ensuite la grosse ferronnerie. Il y a eu là une étude très importante, aussi bien de la part des architectes que des entrepreneurs.

Le grand escalier d'honneur, dont l'étude fut longue, a été exécuté rapidement et mis en place avec une remarquable précision dans les derniers mois qui ont précédé l'ouverture de l'Exposition.

Toute la charpente métallique : fermes, planchers, escaliers, etc., a été étudiée par les architectes de concert avec M. Résal, Ingénieur en chef des Constructions métalliques.

C'est en s'inspirant de sa haute science, que les constructeurs ont arrêté les dispositions et les dimensions des ossatures métalliques.

Les architectes ont été d'ailleurs fort bien secondés par l'expérience et le dévouement des entrepreneurs : MM. Moisant, Laurent, Savey et C<sup>ie</sup> (1), Daydé et Pillé, Marsaux, Société des Ponts et travaux en fer.

Les études de décoration et de calculs ont duré plusieurs mois, ensuite est venue l'exécution dans les ateliers.

Les entrepreneurs ont élevé sur la grande piste d'énormes échafaudages munis de puissants moyens de levage. C'est un travail gigantesque si l'on songe à son importance, aux difficultés de toute nature et au temps restreint que l'on a eu pour l'exécution.

En résumé, la direction des études et travaux des Grand et Petit Palais des Beaux-Arts a été menée avec un réel talent.

La rapidité d'étude des plans et la rapidité de leur exécution n'ont pas nui à la perfection du travail.

(1) Nous devons à MM. Moisant, Laurent, Savey et C<sup>ie</sup> la communication des photographies qui ont servi à la reproduction des Pl. 21 et 24.

Cet effort artistique fait le plus grand honneur aux architectes : MM. Girault, Deglane, Thomas et Louvet qui, sous la haute direction de M. Bouvard, directeur des services d'architecture, ont accompli une œuvre digne de subsister après que les splendeurs de l'Exposition universelle de 1900 ne seront plus qu'un souvenir.

La dépense totale approximative du grand Palais est de 18 millions de francs.

---



REVUE TECHNIQUE  
DE  
L'EXPOSITION UNIVERSELLE  
DE 1900

---

Courbevoie — Imprimerie E. Bernard et C<sup>ie</sup>, 14, Rue de la Station,  
Bureaux : 29, quai des Grands-Augustins, Paris

---

**Revue Technique**  
DE  
**L'EXPOSITION UNIVERSELLE**  
DE 1900

*Par un Comité d'Ingénieurs,  
d'Architectes, de Professeurs et de Constructeurs*

Directeur  
**CH. JACOMET** \*  
DIRECTEUR-INGÉNIEUR DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES,  
DIRECTEUR  
DE L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE  
EN RETRAITE

Secrétaire de la Rédaction  
**MICHEL SVILOKOSSITCH**  
INGÉNIEUR CIVIL

---

PREMIÈRE PARTIE

**Architecture et Construction**

---

TOME II

---

**PARIS**

**E. BERNARD & C<sup>ie</sup>**, IMPRIMEURS-ÉDITEURS  
29, Quai des Grands-Augustins, 29

1900



# HABITATIONS A BON MARCHÉ

EXPOSÉES EN 1900

PAR

**É. CACHEUX**

PRÉSIDENT HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYGIÈNE,  
MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DES HABITATIONS A BON MARCHÉ

---

## AVANT-PROPOS

La question des logements d'ouvriers a fait un très grand pas depuis la dernière Exposition de 1889, grâce au Congrès des habitations ouvrières qui fut réuni à cette occasion. Le Congrès décida d'abord que la qualification d'habitations ouvrières était impropre et qu'il y avait lieu de la remplacer par celle d'habitations à bon marché. Un résultat plus important fut la création d'une société d'habitations à bon marché, qui eut pour objet de provoquer la construction de petits logements sains, commodes et économiques. A cet effet, elle publie un Bulletin trimestriel qui contient tous les documents qu'elle peut rassembler, concernant la question des habitations à bon marché, non seulement en France, mais encore à l'étranger. La société est en relation avec les personnes qui, dans tous les pays, s'occupent des habitations ouvrières, et c'est à elle qu'il faut attribuer le succès de la Classe 106 de l'Exposition de 1900 qui fut consacrée aux petits logements.

Les Français qui ont exposé des documents concernant les habitations à bon marché sont de beaucoup les plus nombreux, puis viennent les Allemands, les Belges, les Russes, les Américains, les Anglais, les Autri-

chiens, les Hollandais, les Suisses, les Suédois, les Italiens, les Danois, etc.

Suivant la marche que nous avons déjà adoptée en 1889, nous décrivons les types qui ont été exposés, et nous verrons ce qui a été fait par les gouvernements, les communes, les caisses d'épargne, l'assistance publique et privée, les industriels et les ouvriers, pour propager les petits logements sains, commodes et économiques.

---

### Maisons à bon marché à étages

Les maisons à étages ont été employées dans tous les pays qui ont pris part à l'Exposition. Les documents exposés consistent, soit en maquettes, soit en plans et publications. Une des expositions les plus curieuses est celle des Etats-Unis.

Une maquette représentait un pâté de maisons, construites à New-York, il y a une centaine d'années, puis une surface de même étendue, recouverte d'habitations du type, dit Double-Decker, et enfin, un dernier groupe de maisons, bâties suivant un plan adopté à la suite d'un concours, organisé par une société, présidée par M. Elgin Gould, qui passa plusieurs années en Europe pour étudier les habitations à bon marché. Les maisons de New-York exposées sont à six étages, chaque étage est divisé en quatre petits logements de trois pièces et cuisine ; desservis par un seul escalier. Le type des maisons de New-York n'est pas à conseiller, car une seule chambre sur trois est bien éclairée, les deux autres le sont, soit par une cour d'une surface insuffisante, soit par une courette, dite vulgairement « pompe à jour ».

Le schéma que nous donnons (p. 4) fait comprendre l'évolution du Double Decker, qui est le type de maison le plus généralement adopté à New-York et il en démontre les inconvénients ainsi que celui du lotissement d'un terrain en parcelles, dont les façades sur rue sont trop étroites.

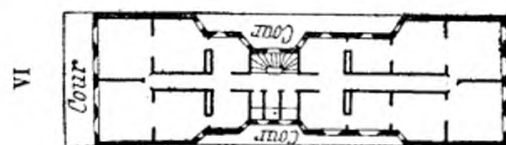
Nous avons donné, dans l'ouvrage intitulé : *Les Habitations ouvrières en tous pays*, les plans des maisons construites à New-York par The Improved Dwellings Society, société qui adopta les types de The Improved Dwellings Company de Londres : cette société donne un dividende de 5 0/0 à ses actionnaires, tout en assurant à ses 30 000 locataires une habitation convenable.

La section anglaise, d'Economie sociale, ne contient pas, en 1900 comme en 1889, des maquettes et des plans représentant les blocks, construits par les grandes sociétés d'habitations à bon marché, de Londres, qui logent actuellement, dans cette ville, plus de cent mille personnes.

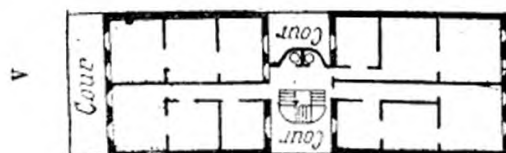
Soul, le County Council de Londres, exposa les documents relatifs à une de ses opérations, savoir : La démolition des maisons d'un quartier insalubre et leur remplacement par des constructions contenant un nombre égal de petits logements. Les plans adoptés par les architectes du County Council ne sont pas à l'abri des critiques des architectes.

La construction est faite dans de bonnes conditions.

**Maisons à bon marché à étages.**  
*Evolution du Double-Decker, usité à New-York.*



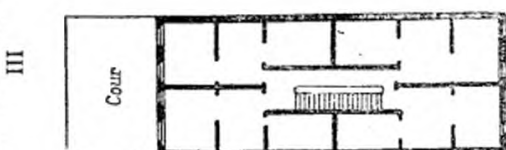
Dans le type VI toutes les pièces sont plus ou moins éclairées.



Dans le type V il n'y a plus qu'une partie du logement qui soit obscure.



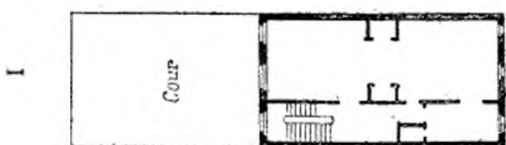
8 chambres du type IV sont éclairées par des « pompes à jour. »



Dans ce type il n'y a que deux chambres éclairées.



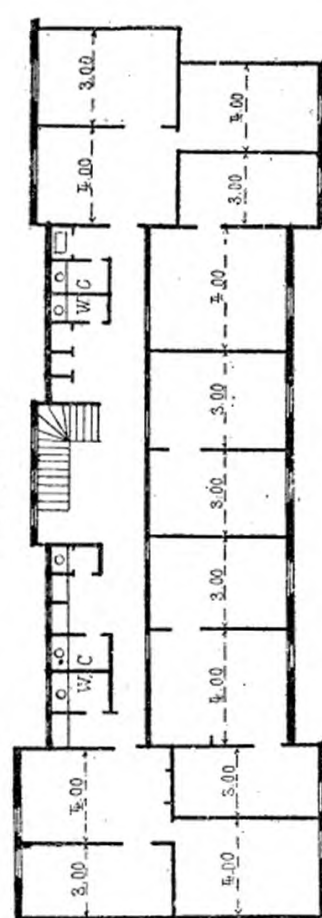
Dans le type II on construit sur une partie de la cour.



Le type I fut construit au début.

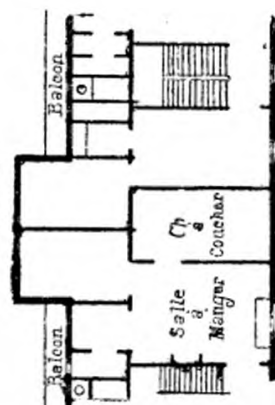
On commença par construire les types I et II ; aujourd'hui le type VI est le plus répandu.

*Constructions du County Council de Londres.*  
Boundary Street.



Chaque locataire a son privé, mais en dehors de son logement, il dispose également d'un évier et d'une boîte pour le charbon.

Cable Street.



Les maisons à étages allemandes exposées, sont celles de la Baugemeinnützige Gesellschaft de Berlin. Ce sont des maisons à cinq étages, dont chacune est divisée en deux logements de trois pièces et cuisine. Le plan est le même que celui qui fut adopté par M. Lesoufaché, architecte des maisons construites en 1852, boulevard Mazas, pour le compte de l'État français. Au début, les privés étaient dans la cour ; dans les nouveaux types, chaque logement possède son cabinet à l'intérieur.

Le terrain étant très cher dans les villes allemandes, on commence à y construire des maisons à façade étroite et à trois étages, contenant chacune trois logements. Les maisons de la colonie d'Ostheim, construites suivant cette disposition, sont vendues, par annuités, à des personnes qui habitent un étage et sous-louent les autres de façon à être logées à peu près gratuitement. Une maquette représentant la colonie d'Ostheim est exposée dans le Pavillon allemand.

Les maisons à étages belges n'ont rien de particulier, mais celles de la Suède sont assez intéressantes, car les logements sont distribués de façon que les chambres puissent être chauffées à l'aide du poêle de la salle à manger qui sert à faire la cuisine.

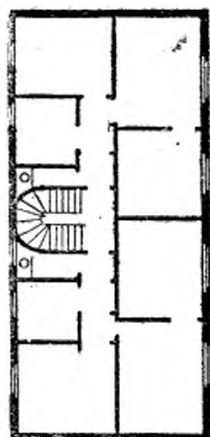
Nous ne dirons rien des maisons à étages autrichiennes, italiennes, espagnoles, russes, etc., et nous passerons aux habitations à bon marché françaises où nous trouvons les types les plus divers.

Le type le meilleur marché est celui qui a été adopté par la Société lyonnaise des habitations économiques. Il dérive de celui qui fut autrefois employé par M. de Madre et qui lui permit de loger près de 6 000 personnes. Lorsque M. de Madre fit ses constructions, il considérait encore comme modèles des maisons dont les privés étaient communs à plusieurs ménages, c'est pourquoi il employa cette disposition qui donne lieu à bien des inconvénients. M. Mangini n'hésita pas à placer un privé dans chacun de ses logements, et il réalisa ainsi un progrès important dans la construction des maisons ouvrières à étages, savoir : la suppression des cabinets communs. M. Mangini commença par faire des constructions pour une valeur de 200 000 francs puis il les loua de façon à faire rapporter un intérêt de 4 0/0 au capital engagé et un amortissement suffisant pour assurer l'entretien des maisons et, au besoin, leur reconstruction. Les 120 immeubles construits actuellement valent 5 000 000 de francs ; ils contiennent 1 467 logements, servant à loger 7 350 personnes. Le succès de M. Mangini peut être attribué au prix de revient peu élevé des bâtiments, 50 francs le mètre carré d'étage, et à l'intérêt de 4 0/0, dont se contentent les actionnaires.

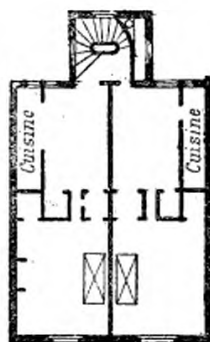
L'économie obtenue dans les constructions est due à l'emploi de béton.

**Maisons à bon marché à étages.**

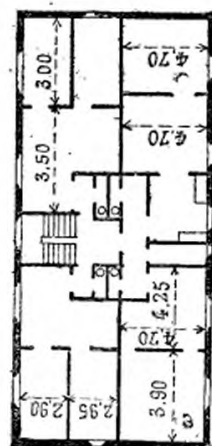
**Maison de la Société immobilière de Berlin.**



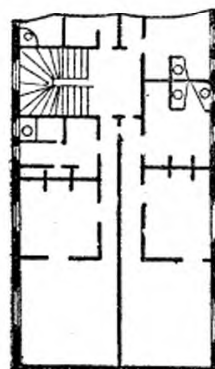
Type de M. Puteau.



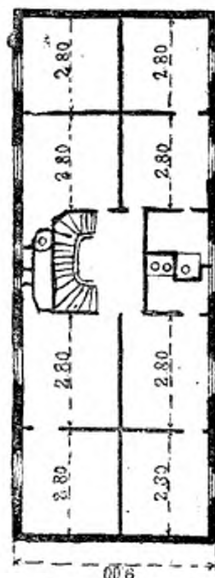
Type Mangini, à Lyon.



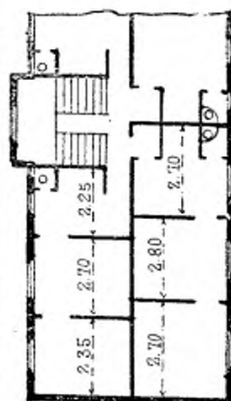
Maison de la Société coopérative du  
XVIII<sup>e</sup> arrondissement, Paris.



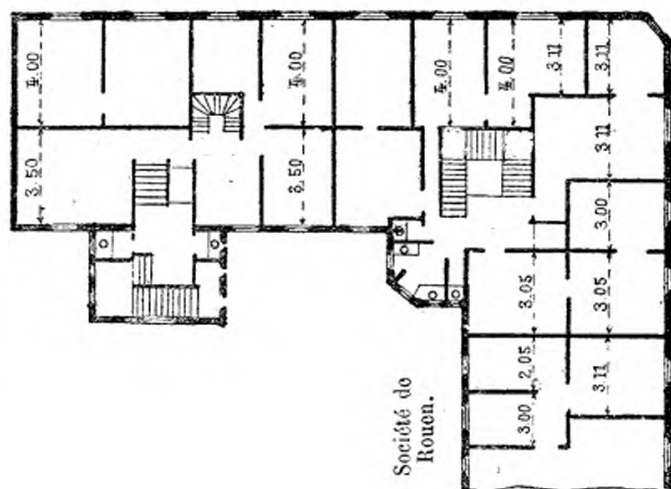
Type de M. de Madre.



Type de la Société philanthropique.



Société de  
Rouen.



de mâchefer, à la distribution des étages, et enfin, à l'habileté et au savoir faire de M. Mangini, qui était non seulement un constructeur, mais encore un administrateur de premier ordre. L'emploi du mâchefer ne constitue pas partout une grande économie. Lorsque M. Mangini commença ses constructions, il pouvait obtenir le mâchefer dans de bonnes conditions; mais, dès que les industriels virent qu'on pouvait en tirer un bon parti, ils élevèrent leurs prix et aujourd'hui la construction en moellon ne coûte pas beaucoup plus cher, surtout lorsque les bâtiments ont plusieurs étages.

La distribution des logements de M. Mangini est très économique; elle a permis de réaliser, comme nous l'avons dit, deux progrès importants, savoir : l'indépendance du logement, qui a un accès direct sur l'escalier qu'on peut considérer comme un prolongement de la rue, et l'installation d'un privé dans son intérieur. Par contre, on reproche aux logements d'avoir des chambres qui se commandent, d'être mal orientés et mal ventilés, d'avoir des privés qui n'ont pas de communication directe avec l'air extérieur.

Nous avons visité les maisons Mangini, nous n'y avons pas constaté d'inconvénients, au point de vue de l'odeur si caractéristique des logements d'ouvriers. Mais cette odeur ne se développe qu'au bout d'un certain nombre d'années et rien ne dit que, lorsque les terrains voisins des maisons Mangini seront couverts de constructions analogues, il ne se produira pas les effets si désastreux de l'encombrement qu'on peut éviter. A cet effet, il suffit de disposer les chambres de façon qu'on puisse les ventiler par l'ouverture simultanée des portes et des fenêtres, et de donner aux cours, sur lesquelles les chambres à coucher prennent jour, une surface suffisante.

Les immeubles de la Société philanthropique sont divisés en petits logements de deux et trois pièces avec privés, installés suivant le système du tout à l'égout. En vue d'épargner deux feux et deux lumières, l'architecte a placé le fourneau de cuisine dans un renfoncement de la salle à manger.

Dans les maisons de la Société coopérative du XVIII<sup>e</sup> arrondissement, l'architecte, tout en conservant la disposition d'un seul escalier pour desservir quatre logements par étage, a rendu les chambres indépendantes par l'établissement d'un couloir. Les privés au lieu de communiquer directement avec la salle à manger, comme dans les maisons de la Société philanthropique, ont accès par la cuisine. L'architecte a voulu supprimer un feu; à cet effet, il a placé le fourneau de cuisine

contre la paroi qui la sépare de la salle à manger, et il a disposé son foyer de façon que le feu fût visible de la salle à manger. Grâce à cette disposition, on peut chauffer l'appartement en cuisant les aliments. En été, la communication entre la cuisine et la salle à manger est fermée par une trappe.

Les maisons à étages de la Société des habitations à bon marché de Nancy sont analogues à celles de la Société philanthropique.

La Société des habitations économiques de Saint-Denis a voulu éviter les critiques qui sont faites aux maisons dont nous venons de parler et elle a adopté un type de deux logements par étage, desservis par un seul escalier.

Les logements ont accès direct sur le palier. Les pièces ne se commandent pas, la ventilation peut se faire par la simple ouverture des portes et des fenêtres. Chaque logement a son cabinet, installé suivant le système du tout à l'égout. Enfin, les escaliers de deux maisons contiguës peuvent communiquer par le toit. Les logements diffèrent, suivant que la cuisine est ou n'est pas séparée de la salle à manger par une cloison. A Saint-Denis, où la population est en majeure partie composée d'ouvriers, la cuisine séparée n'a pas une grande importance, mais il n'en est pas de même à Paris, où le locataire d'un petit logement tient à avoir un local spécial pour faire la cuisine, et surtout pour y placer ses débarras, car, en hiver, la ménagère cuit le plus souvent ses aliments sur un fourneau en fonte, placé devant la cheminée de la salle à manger.

La Société des habitations économiques de Saint-Denis distribue un dividende de 3 1/2 0/0 à ses membres ; par suite, il lui est facile de louer des logements à un prix assez modéré, pour ne pas avoir de vacances, mais elle a constaté que ses logements de trois pièces et cuisine étaient trop grands, et qu'ils étaient trop difficiles à meubler par des familles d'ouvriers, composées en général des parents et d'un ou deux enfants ; par suite, elle a divisé les étages de ses maisons en trois logements, dont l'un a trois pièces et les deux autres, deux pièces et cuisine.

La même disposition a été adoptée par la Société des groupes de maisons ouvrières qui vient de construire un bloc de maisons à étages, rue Jeanne-d'Arc.

Le groupe sera complété par un établissement de bains et lavoir dès que les revenus nets des maisons construites permettront de terminer le plan exposé, dans la Classe 106, par M. Guyon, architecte.

Les maisons à étages, construites à Marseille, par la Caisse d'Épargne, et à Rouen, par la Société anonyme immobilière de petits logements, sont bien comprises; malheureusement, elles donnent un revenu net inférieur à 3 0/0.

Dans les habitations à bon marché, il faut faire rentrer les hôtels meublés pour ouvriers et ouvrières. Un établissement de ce genre, très remarquable, a été construit par la Société des logements économiques de Lyon; le rez-de-chaussée est affecté à un restaurant économique où, pour 0 fr. 50, on peut faire un repas complet. Les étages sont divisés en chambres meublées, louées pour la plupart à des étudiants.

A Paris, M. Cousinet, publiciste, vient de construire trois hôtels, dont les chambres sont louées de 20 à 30 francs par mois. Le locataire est chauffé à la vapeur; il a l'eau sur sa toilette; il peut disposer d'une chambre noire pour faire de la photographie, d'un garage pour loger sa bicyclette, etc.

Beaucoup d'industriels ont établi des hôtels pour l'ouvrier où, moyennant une somme minime, il reçoit le vivre et le couvert.

L'hôtellerie du centre de Morlanwelz (Belgique), moyennant 1 fr. 50 par jour, donne la pension, comprenant cinq repas et le logement, et se charge en outre de la lessive ainsi que de la réparation des vêtements.

Le menu des repas est le suivant : aux deux déjeuners et goûter, café et tartines à volonté; au diner, potage, viande, pommes de terre, légumes, pain, 1/2 litre de bière; au souper, viande, pommes de terre, pain, 1/2 litre de bière. Le logement consiste en une chambre meublée très confortable et chauffée. L'établissement fournit les essuie-mains. Les réparations de vêtements trop coûteuses sont faites aux frais du locataire.

Des salles de bains, pourvues d'eau froide et d'eau chaude, et des salles de récréation spacieuses sont à la disposition des pensionnaires.

Un secrétariat du peuple et une Bourse du travail sont annexés à l'établissement. Le secrétariat fait gratuitement, en faveur de ses membres, des pétitions, des demandes d'emploi et donne des renseignements sur divers points qui intéressent l'ouvrier. La Bourse du travail sert d'intermédiaire entre les patrons et les ouvriers, pour fournir du travail à ces derniers.

Les repas peuvent être pris séparément; de même, le logement est fourni sans les repas, lorsque l'ouvrier le désire.

Lorsque les industriels logent gratuitement les ouvriers, ils se contentent le plus souvent de le faire dans des dortoirs.

En Allemagne, il y a un certain nombre d'hôtels meublés, qui sont destinés aux jeunes ouvrières; les plans de ces établissements figurent dans le Pavillon allemand.

Dans les villes, il existe des hôtels pour ouvriers. Un des mieux compris a été construit en 1851 à Paris, Boulevard Mazas, pour le compte du Gouvernement français. Les plans sont donnés dans *l'Économiste Pratique* <sup>(1)</sup>. Cet hôtel est loin d'avoir l'importance de ceux qui sont connus en Angleterre, sous le nom de Rowton-House, et qui contiennent jusqu'à 800 lits. Moyennant 0 fr. 60 par jour, le locataire dispose d'un cabinet meublé; il a la jouissance d'une salle de lecture et d'une salle à manger, où il peut consommer des aliments préparés, soit par lui, soit par l'établissement.

La description des Rowton-House a été faite dans une brochure rédigée par M. Baulez, secrétaire du Comité des habitations à bon marché du Département de la Seine, qui délègua plusieurs de ses membres pour les visiter. La brochure a été exposée Classe 106. Les plans de l'établissement sont contenus dans le *Supplément des Habitations Ouvrières en tous pays*, par MM. Cacheux et Pérard, Ingénieurs des Arts et Manufactures.

#### *Réchauffoirs d'aliments.*

Les réchauffoirs d'aliments sont des établissements très répandus en Allemagne; ils ont pour objet de permettre à l'ouvrier de prendre ses repas à couvert, pendant les heures de récréation. Le réchauffoir se compose d'une vaste salle, munie d'un fourneau, sur lequel l'ouvrier peut réchauffer les aliments qu'il apporte de chez lui, et de tables garnies de bancs. Dans certaines usines, les membres de la famille de l'ouvrier ont la permission de pénétrer dans le réfectoire et de prendre leurs repas avec lui.

#### *Maisons avec ateliers industriels.*

On a souvent essayé de donner de la force motrice aux ouvriers logés dans des maisons à étages. Dans les *Habitations ouvrières en tous pays*, nous avons donné le plan des maisons de la Société des immeubles industriels, qui se trouvent en haut de la rue du faubourg Saint-Antoine, à Paris. Le rez-de-chaussée et les trois premiers étages sont loués à

(1) *L'Économiste Pratique*, par É. Cacheux. Paris, chez Béranger.

des artisans auxquels on fournit l'énergie nécessaire pour faire mouvoir leurs machines. Un demi-cheval est loué à raison de 2 fr. 50 la journée, un cheval, 4 francs. Les autres étages sont divisés en petits logements. La Société n'a pas prospéré comme on l'espérait et elle n'a pas trouvé beaucoup d'imitateurs.

La maison construite par la Société coopérative du XVIII<sup>e</sup> arrondissement, 14, rue Jean-Robert, Paris, a eu plus de succès.

La Société ne trouvant pas d'immeuble à sa convenance, fit construire une maison à cinq étages, dont elle réserva les caves, le rez-de-chaussée et le premier étage pour ses magasins.

Les autres étages étaient divisés en petits logements.

Par suite de l'extension des affaires de la Société, presque tous les étages servent actuellement de magasins.

La Société « La Famille » a fait construire une maison à Saint-Denis, où se trouvent ses magasins.

### Habitations pour une famille.

Les types des maisons pour une famille sont très nombreux. Leur aspect et leur distribution varient suivant les pays et les habitudes des ouvriers.

Dans les pays du Nord, les toits sont très inclinés, de façon à ne pas avoir un poids considérable de neige à supporter ; dans les pays du Midi les toits sont plats. Les matériaux employés pour la construction des habitations ouvrières sont également très variés. En Russie on emploie le bois, dans les pays du Nord, la brique, dans le Midi et le Sud-Ouest de la France, la pierre de taille. La distribution dépend des habitudes des ouvriers. Dans les campagnes, la cuisine se fait dans la salle à manger qui sert également de lieu de réunion pour la famille et souvent de chambre à coucher.

Les dépendances des habitations ouvrières ont dans les villes une cave et quelquefois un grenier. Dans les campagnes, elles comprennent en outre une écurie pour animaux domestiques (vaches, chèvres, poules, lapins, porcs).

Dans quelques maisons exposées, le rez-de-chaussée est disposé en atelier, ainsi que l'est celui de la maison Japy de Beaucourt.

M. Ch. Driessens a construit dans l'Annexe de Vincennes une maison dont le rez-de-chaussée est disposé comme la salle sise à Saint-Denis,

qui lui sert à faire ses cours de cuisine ; le premier étage est constitué en logement.

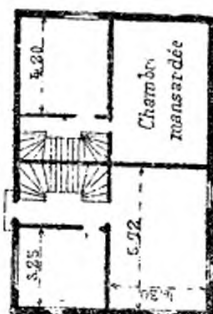
M. Driessens a exposé les plans des maisons qu'il a construites sur

### Maisons pour une famille.

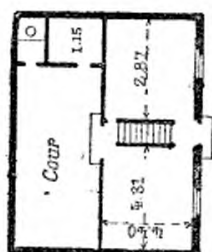
*Types à rez-de-chaussée surélevé d'un grenier-mansarde.*

Type d'Anzin.

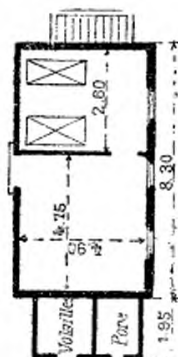
Rez-de-chaussée. Grenier.



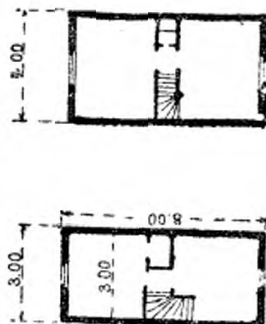
Type de Béthune.  
Rez-de-chaussée.



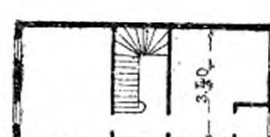
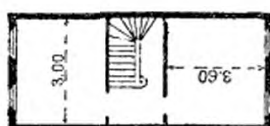
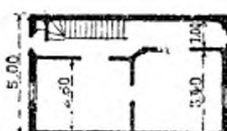
Type du Creusot, cité Sainto-Mario.



*Type à un étage avec façade de 5 à 6 mètres.*  
Plan des rez-de-chaussée.



Plan des étages.



ses terrains. Les constructions de M. Driessens sont remarquables par leur bon marché, car leur prix varie entre 2500 et 4000 francs.

Une partie du terrain de M. Driessens étant situé dans la zone des forts, a été loué par an à raison de 0 fr. 05 le mètre et sert de jardin.

Les maisons pour une famille sont à rez-de-chaussée, surmonté soit d'un grenier perdu, soit d'un grenier mansardé, soit d'un ou de deux étages carrés.

Les maisons sont disposées, soit isolément ou en quinconces, soit groupées par deux, par trois, par quatre et plus, soit contiguës et disposées en lignes (p. 14).

Des maisons isolées à rez-de-chaussée ont été construites dans l'Anexe de Vincennes par la Caisse d'Épargne de Troyes.

Nous avons donné dans notre ouvrage les *Habitations ouvrières en tous pays* les plans des maisons à rez-de-chaussée construites par MM. Japy frères à Beaucourt. Le rez-de-chaussée contient un atelier où l'ouvrier travaille à façon pour le compte de la maison. Le grenier est mansardé en partie et sert de logement.

Les maisons de la Société des habitations ouvrières de Passy-Auteuil sont à rez-de-chaussée; elles sont divisées en trois pièces et cuisine, et construites suivant deux types, qui ont l'un 6 mètres, l'autre 7 mètres de façade. Dans le type de 6 mètres, on entre directement dans une grande chambre qui communique avec deux chambres à coucher et une cuisine. La maison est située entre cour et jardin; pour accéder à la cour, on passe par la cave, dont l'entrée donne sur le jardin qui sépare la maison du passage qui dessert la villa. Le type de 7 mètres de façade est traversé par un couloir qui permet d'aller directement dans la cour et rend les pièces indépendantes. Le premier de ces types est revenu à 3400 francs et le second à 3800 francs. M. Cacheux les a cédés à la Société des habitations ouvrières de Passy-Auteuil, qui les a transformés en y installant le tout à l'égout.

M. Muller, architecte de la Société des Cités ouvrières de Mulhouse, a créé un type de maison à rez-de-chaussée, qu'il a groupées par quatre, de façon à supprimer les cours intérieures (p. 17).

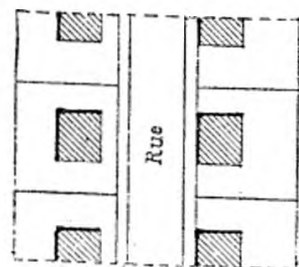
Les maisons sont entourées de deux côtés par un jardin, et elles sont ventilées d'une façon suffisante.

A Bolbec on a construit un type de maison à rez-de-chaussée, très confortable pour une famille nombreuse. Il se compose d'une grande pièce, éclairée par une vaste porte vitrée et deux fenêtres adjacentes. Cette pièce communique avec deux pièces latérales et deux autres chambres attenant au fond. Nous en donnons le plan page 14.

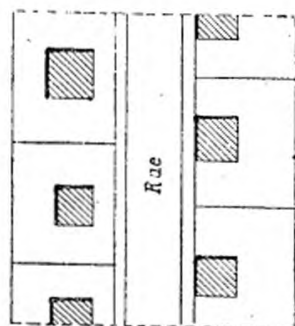
Les maisons dont le rez-de-chaussée est divisé en une ou deux

**Groupe de maisons pour une famille.**

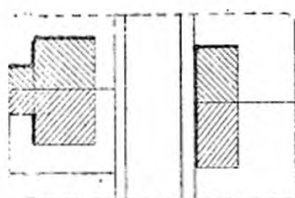
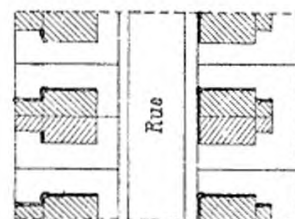
Maisons isolées.



Disposition en quinconce.



Logement par deux.

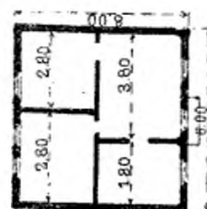


**Types à rez-de-chaussée surélevé d'un comble perdu.**

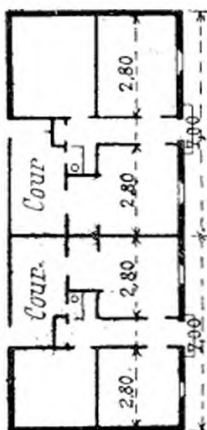
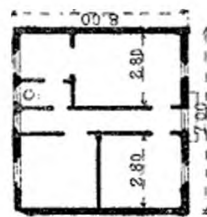
Type de Bolbec.



Impasse Boileau.



Boulevards Kellermann et Murat.



grandes pièces et dont le comble est mansardé en partie, sont très nombreuses. Dans beaucoup de centres miniers on adopte ce type (p. 12).

Un des plus connus est celui de la Compagnie des mines d'Anzin, qui fut exposé grandeur d'exécution, Esplanade des Invalides, en 1889. La Compagnie possède 2884 maisons ; au début elle disposait ses constructions en cités ouvrières, mais aujourd'hui elle ne crée plus que des groupes isolés et elle affecte à chaque maison un jardin de deux ares.

Dans son ouvrage intitulé les *Habitations ouvrières de l'Oise*, M. Baudran donne les plans d'un grand nombre de maisons à rez-de-chaussée surmonté d'un comble mansardé qui ont été construites soit par des industriels, soit par des propriétaires, qui voulaient faire un placement en les construisant. Citons parmi les plus réussis, les types de MM. Cuvinot, Gautier, Latour, Picart, Malat, Bull et Dubrey.

### Maison avec rez-de-chaussée surmonté d'un étage destinée à une famille.

Les maisons de ce genre sont très nombreuses. La salle à manger et la cuisine sont au rez-de-chaussée et les chambres à coucher à l'étage.

Les maisons sont divisées en deux groupes bien distincts, suivant que leur façade a une largeur de 3 à 5 mètres, ou qu'elle dépasse cette dimension. La largeur de la façade a une grande importance surtout lorsque la maison est desservie par une voie classée. A Paris les frais de viabilité reviennent à 400 francs le mètre linéaire, soit à 200 francs pour chaque riverain ; par suite, on comprend que les constructeurs cherchent à réduire le plus possible la largeur des façades des maisons. En Belgique, M. de Naeyer, à Willebrœck, a construit des maisons qui n'ont que 3 mètres de façade.

Les maisons belges, construites à Vincennes, du genre à façade étroite, ont 4 mètres de façade. Au rez-de-chaussée, elles ont une chambre donnant sur la rue et une autre sur la cour, au premier il y a deux pièces, le grenier est quelquefois mansardé.

Lorsque la façade a une largeur de 5 mètres, on peut faire communiquer la cour avec l'extérieur par un passage.

La largeur de 5 mètres permet aussi de disposer au premier étage un cabinet de débarras, comme l'a fait M. Cacheux aux Lilas.

Les maisons à façade étroite sont presque rarement isolées.

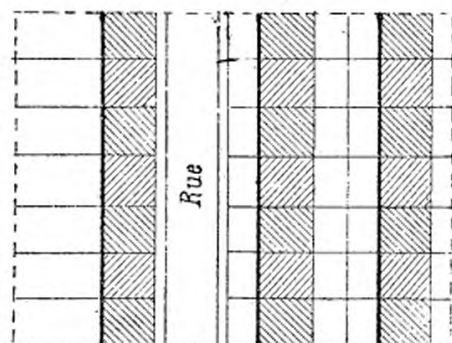
M. Menier groupe ses maisons par deux dans sa cité de Noisiel. Il en a construit un groupe dans l'Annexe de l'Exposition, à Vincennes.

En général on dispose les maisons à façade étroite en lignes, et l'on

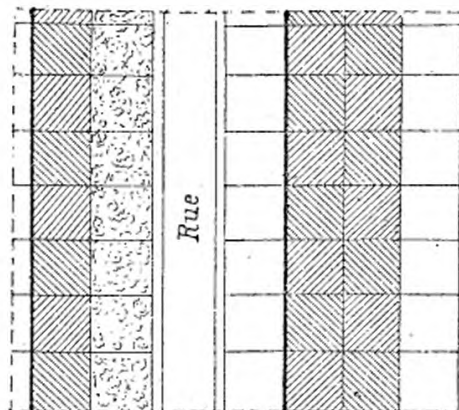
en groupe un certain nombre, de façon à réduire le plus possible les frais de clôture et ceux de canalisation des eaux ménagères et potables.

### Groupement des maisons pour une famille.

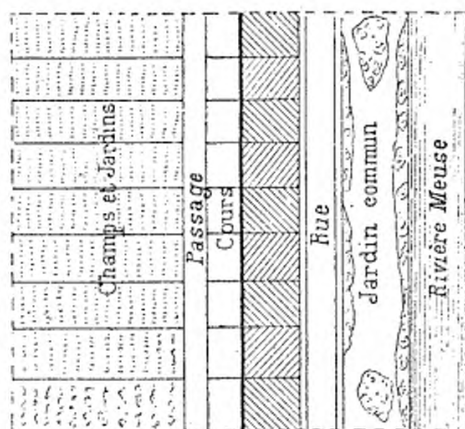
Groupement en lignes.  
Maisons entre rue et cour.



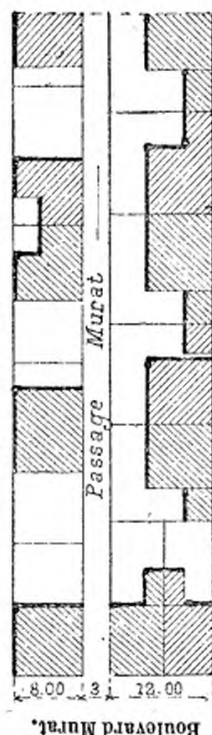
Maisons entre jardin et cour.



Groupement des maisons ouvrières,  
de M. Cockeril, à Seraing.

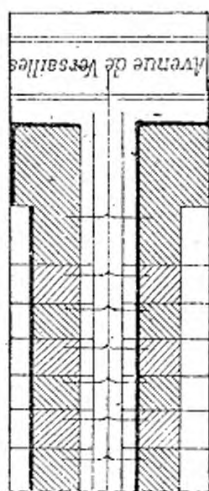


Villa Murat construite pour montrer la manière de tirer parti  
d'un terrain profond et étroit.



Les maisons en façade sur le Boulevard sont habitées par des employés ;  
celles de la partie inférieure du terrain sont en rez-de-chaussée,  
les autres à un étage.

Villa Cachoux, à Billancourt.



Les vidanges sont envoyées à l'égout départemental  
à raison de 1 franc par tête et par an.  
Les maisons d'angle sont à étages.

Les maisons sont entre rue et cour ou jardin. Cette disposition est adoptée à Anvers par le bureau de bienfaisance, par M. Driessens à Saint-Denis, par M. J. Cacheux à Billancourt.

Dans beaucoup de charbonnages, les maisons sont faites entre une rue et un passage qui les sépare de champs loués aux habitants.

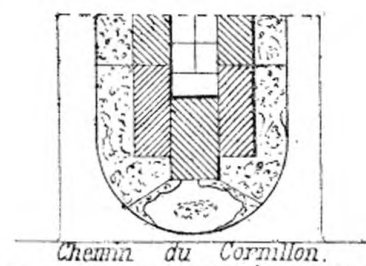
A Liège, les maisons sont séparées des rues par un jardin ; cette disposition a l'inconvénient d'obliger les propriétaires à s'occuper de l'entretien des jardins quand les maisons sont vacantes.

*Maisons à un étage avec façade supérieure à 5 mètres.*

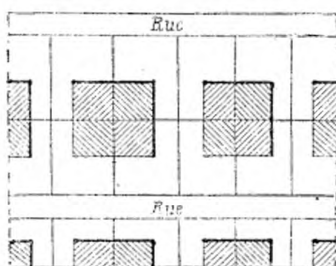
Lorsqu'une maison à un étage a une façade supérieure à 5 mètres, elle n'est plus double en profondeur, à moins d'être destinée à des employés comme celles de M. Jules Cacheux à Billancourt, ou à deux familles, dont l'une occupe le rez-de-chaussée et l'autre l'étage. Les maisons de ce genre sont rarement isolées. Elles sont plus souvent groupées par deux, elles économisent une moitié de mur sur quatre.

**Groupement des maisons pour une famille.**

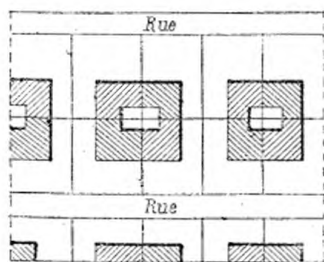
Groupement de trois maisons.



Groupement par quatre inauguré à Mulhouse.



Groupement par quatre avec courrette intérieure.



Le groupement par trois est surtout utilisé pour les terrains à façade sur trois rues.

Le groupement par quatre est le plus commun. Il a été employé pour la première fois à Mulhouse, par M. É. Muller, ainsi qu'il a été dit p. 13.

M. É. Cacheux a employé cette disposition, commune des Lilas, et dans plusieurs de ses cités.

Pour réduire encore les dépenses de construction, M. Muller a disposé ses maisons en lignes, de façon à avoir trois murs mitoyens. Cette disposition, dite du système dos à dos, a l'inconvénient d'exiger des dis-

positions particulières pour assurer la ventilation. M. Muller disposa des conduites d'air dans les murs, mais les habitants, ayant remarqué que la ventilation leur faisait brûler trop de combustible, les bouchèrent. En Angleterre le système dos à dos, dit *back to back*, est interdit par les règlements relatifs à la construction. Néanmoins on le trouve fréquemment employé surtout dans les maisons à étages.

Les Anglais se rendent compte des inconvénients de ce système ; c'est pourquoi ils cherchent à les éviter en ventilant les chambres. A cet effet ils emploient des briques perforées, des hélices placées dans des tuyaux circulaires qui traversent les murs, etc.

### Maisons à un étage pour deux familles.

Beaucoup de personnes n'aiment pas que les pièces composant leur logement soient situées à des étages différents, c'est pourquoi Henry Roberts, architecte de l'Association métropolitaine anglaise, construisit des maisons dont le rez-de-chaussée était divisé en trois pièces et cuisine et dans lesquelles le premier étage, auquel on arrivait par un escalier spécial, avait la même distribution. Les plans d'Henry Roberts, propagés par les soins de l'Association métropolitaine créée pour améliorer les petits logements, et qui sont reproduits dans l'ouvrage les *Habitations ouvrières en tous pays*, n'eurent pas de succès pendant longtemps, mais aujourd'hui le type commence à se répandre en Angleterre et en Allemagne.

En France, M. Gosset, architecte de la Société des habitations ouvrières de Reims, employa ce système ; les plans sont exposés Classe 106.

En Alsace, M. Lalance construisit également pour les ouvriers de son usine de Pfastadt des habitations de ce type ; les plans sont exposés dans la collection du Bulletin de la Société des habitations à bon marché.

Nous avons hésité longtemps à recommander l'emploi des maisons à un étage pour deux familles, surtout lorsqu'elles sont destinées à être vendues par annuités, parce que l'acquéreur endosse une responsabilité qui peut être gênante pour une petite bourse.

Tant que le locataire paye régulièrement son loyer, la combinaison ne présente pas d'inconvénients, mais il n'en est pas de même quand, pour une cause ou pour une autre, il ne fait pas honneur à ses engagements.

En France on perd ordinairement six mois de loyer, lorsqu'un petit locataire devient insolvable ; cette perte est relativement insignifiante pour le propriétaire d'un grand nombre de petits logements, mais elle est bien lourde pour celui qui n'en possède qu'un seul et qui compte sur le prix de sa location pour faire face à ses engagements.

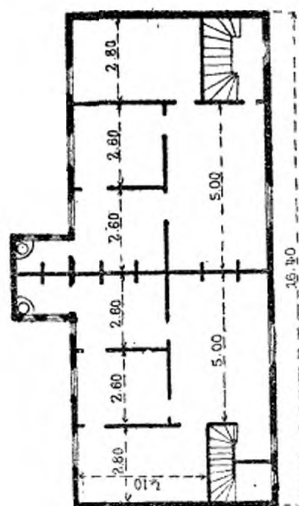
En Allemagne le système d'un appartement par étage se propage non seulement aux maisons à deux logements, mais encore à celles qui en ont trois.

La colonie d'Ostheim est presque uniquement composée de maisons de ce genre. Il en est de même des colonies construites dans les faubourgs de Berlin par la Gemeinnützige Baugesellschaft, qui sont également composées de maisons à rez-de-chaussée, surmonté d'un étage carré et d'un étage mansardé, destinées à l'habitation de trois familles.

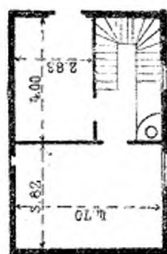
Nous avons demandé si l'habitation dans un étage mansardé ne donnait pas lieu aux inconvénients que l'on remarque dans les maisons à étages mixtes, c'est-à-dire dont les étages inférieurs sont

### Maisons avec façade de plus de 6 mètres.

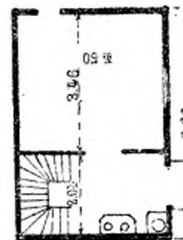
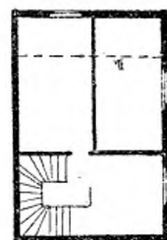
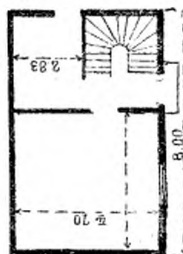
Type créé par H. Roberts  
pour loger une famille dans un logement de quatre pièces  
sur le même étage.



Plan de l'Étage



Plan du Rez-de-Chaussée



Type des Lilas

Type Mulhousien

habités par des personnes aisées, et les supérieurs par des locataires d'une condition plus modeste, mais il nous a été répondu qu'on n'avait rien constaté sous ce rapport.

A Berlin et à Ostheim, la mise en état des rues est très coûteuse. Nous avons constaté qu'en Allemagne, comme en France, certaines municipalités ne tiennent pas à avoir des maisons ouvrières à rez-de-chaussée ou à un étage sur leur territoire. Ne voulant pas en défendre la construction, elles soumettent leur exécution à des règlements qui ont pour objet d'en augmenter tellement le prix qu'il est impossible de les louer ou de les vendre à des ouvriers.

### Efforts faits par les pouvoirs publics et l'initiative privée pour propager les petits logements.

En 1889, nous avons résumé les efforts qui avaient été faits pour propager les petits logements. Depuis cette date des progrès considérables ont été réalisés et nous citerons parmi les plus notables ceux qui sont dus au County Council de Londres, aux gouvernements allemand, belge, français et autrichien, aux municipalités allemandes, à la Caisse d'Épargne royale Belge, à la Caisse d'Épargne de Marseille, à la Société française des habitations à bon marché, à la Société des logements économiques de Lyon, à la fondation Heine et à celle du jubilé de l'empereur François-Joseph, aux industriels, aux ouvriers, aux congrès d'habitations à bon marché et aussi aux divers auteurs qui ont cherché à faire connaître la question des petits logements sous toutes ses faces et surtout à propager des résultats obtenus par les praticiens. Nous allons résumer rapidement ce qui a été fait dans cette voie.

Le County Council de Londres s'est occupé de mettre à exécution la loi du 18 août 1890, qui a pour objet :

1° De détruire les îlots de maisons insalubres et de remplacer les maisons démolies par des habitations susceptibles de loger les petits locataires expropriés ;

2° d'assainir les habitations insalubres isolées ;

3° d'encourager la construction d'immeubles destinés à loger les travailleurs.

Pour atteindre son but le County Council opère de la manière suivante :

Lorsque la mortalité dépasse le taux normal dans un quartier, il y envoie des inspecteurs qui font un rapport d'après lequel les autorités compétentes prennent les mesures nécessaires pour y remédier.

Lorsque les maisons ne peuvent pas être réparées, le County Council obtient l'autorisation de les démolir à la condition de les remplacer par des immeubles contenant un nombre égal de petits logements à ceux qui ont été démolis. Dans la section anglaise d'Économie sociale on voit un tableau représentant l'aspect d'un quartier insalubre avant la démolition de ses maisons et celui qu'il présente actuellement après l'établissement de nouvelles rues et la construction de maisons modèles : l'opération a nécessité des dépenses considérables, c'est pourquoi un grand nombre d'économistes prétendent que l'exemple du County Council ne doit pas être suivi, attendu que les travaux faits par une administration coûtent toujours très cher aux contribuables et que le bas prix auquel elle loue ses immeubles décourage les constructeurs et arrête l'action de l'initiative privée. Nous avons étudié sur place l'œuvre du County Council, en qualité de membre d'une commission du Comité des habitations à bon marché du Département de la Seine, dont le rapport est exposé Classe 106, et nous ne sommes pas d'avis qu'il faille la blâmer systématiquement.

Il est bien évident que nous rejetons l'idée de l'État constructeur, procurant un logement à tous les citoyens, mais nous admettons parfaitement que l'État consacre une certaine somme à la destruction de foyers d'insalubrité, qui causent une mortalité double de celle qu'on observe dans un quartier bien habité. Du moment que l'on subventionne des théâtres, des courses de chevaux etc., il nous semble que l'on peut agir de même à l'égard d'entreprises qui ont pour objet de sauver des vies humaines et de diminuer les maux qui résultent d'habitations encombrées et insalubres.

Le County Council fait son possible pour diminuer les inconvénients résultant de l'intervention des pouvoirs publics dans la question des petits logements.

Il divise en deux parties les dépenses qu'il fait.

La première partie des dépenses comprend celles qui sont nécessitées par l'expropriation et la démolition des immeubles insalubres pour obtenir le terrain du nouveau quartier.

La deuxième partie est relative à la construction et à l'administration des immeubles à petits logements améliorés.

Le montant de la première partie des dépenses est considéré comme nécessité par l'exécution d'un travail d'utilité publique et est supporté par les contribuables. L'administration a cherché à réduire cette dépense le plus possible, en ne tenant compte aux propriétaires de logements insalubres expropriés que de la valeur des matériaux ajoutée à celle du prix du terrain et non en capitalisant le prix des loyers, comme le font en général les jurys français d'expropriation.

La deuxième partie des dépenses représente le prix des immeubles construits par le County Council. Ces immeubles sont loués de façon qu'au bout de 60 années la valeur de la somme dépensée soit reconstituée tout en lui faisant rapporter un intérêt de 3 %.

Nous ne croyons pas que l'on puisse blâmer la première partie de l'opération. La ville de Paris effectue souvent des percements de rues à travers de quartiers insalubres, mais elle revend des terrains en bordure à un prix trop élevé pour que les acquéreurs trouvent intérêt à construire des maisons à petits logements ; elle augmente donc l'encombrement dans les maisons voisines.

Le County Council a essayé de vendre le terrain provenant des expropriations faites mais il n'a pas trouvé d'acquéreurs disposés à se mettre en ses lieu et place pour construire des logements à l'usage des expropriés ; c'est pourquoi, en désespoir de cause, il a construit pour son compte.

Nous ne voyons pas pourquoi une administration construirait dans des conditions plus désavantageuses qu'une société anonyme, surtout lorsqu'elle rémunère suffisamment les architectes qu'elle emploie. Les constructions faites pour le compte du County Council sont analogues à celles des grandes sociétés de Londres ; les logements sont habités par le même genre de locataires et sont loués à des prix identiques.

En présence des attaques formulées entre les opérations du County Council nous ne pouvons regretter qu'une chose, c'est qu'il n'existe pas à Londres de sociétés analogues à la Société des logements économiques de Lyon, disposées à construire des habitations à bon marché, sur les terrains qu'on leur livrerait, aux prix habituellement payés pour recevoir ce genre de construction.

L'État prussien est intervenu dans la question des petits logements en qualité de patron et en qualité de législateur. Comme patron, c'est-à-dire comme propriétaire des Mines du Harz, il a pourvu au logement

de ses ouvriers par tous les moyens usités en pareil cas, c'est-à-dire location et vente par annuités de maisons, fourniture de terrain à bâtir et à cultiver, avances sans intérêts d'argent pour construire, don de matériaux de construction et, comme législateur, il a promulgué, successivement, quatre lois, mettant chacune 5 000 000 de marcs à la disposition de sociétés ayant pour objet de loger les petits employés et ouvriers de ses chemins de fer et de ses divers ministères.

Le gouvernement bavarois a suivi l'exemple de l'État prussien et il a voté l'emploi d'une somme de 6 000 000 de marcs dans le même but.

Le gouvernement allemand autorise les Caisses de retraite et d'assurances contre les accidents à prêter des capitaux aux sociétés d'habitations à bon marché. Grâce à cette mesure une somme de plus de 50 000 000 de marcs a été mise à la disposition des constructeurs de petits logements.

Les Municipalités allemandes, se sont beaucoup occupées de l'amélioration des petits logements. Elles ont donné ou vendu du terrain, à bas prix, aux constructeurs d'habitations à bon marché, elles ont pris des actions des sociétés constituées dans ce but, elles réduisent l'importance des frais de voirie à payer par les petits propriétaires, elles consentent des abonnements de faveur aux ouvriers pour leur permettre d'employer de l'eau potable avec abondance, elles construisent même, à l'instar des municipalités anglaises, des habitations à bon marché, mais le mouvement d'amélioration des petits logements est aujourd'hui assez prononcé pour qu'elles n'aient plus besoin de recourir à ce moyen héroïque et elles se contentent de provoquer la création de sociétés de logements à bon marché.

En 1889, le gouvernement belge a promulgué une loi en vue d'améliorer et de propager les petits logements, une loi analogue a été promulguée en France, le 30 novembre 1894, et elle a eu pour effet principal la création, dans les départements, de comités d'habitations à bon marché, qui ont beaucoup contribué à faire connaître la question des petits logements. La Société des habitations à bon marché a reproduit, dans le Bulletin qu'elle a exposé, le texte de la loi belge et de la loi française. Plusieurs comités d'habitations à bon marché ont exposé leurs travaux, qui ont provoqué la constitution de sociétés de construction.

La loi belge a eu pour résultat principal de déterminer la Caisse d'Épargne à faire des prêts à taux réduits, aux sociétés coopératives d'habitations à bon marché.

Les sociétés qui assuraient leurs acquéreurs sur la vie obtenaient de l'argent au taux de 2 1/2 0/0 et celles qui n'exigeaient pas cette garantie payaient 3 0/0. Près d'une vingtaine de millions ont été prêtés dans ces conditions, c'est pourquoi la Caisse d'Épargne a élevé le taux de ses prêts et aujourd'hui elle prête ses capitaux à 3 et 3 1/4 0/0.

L'élévation du taux de l'intérêt n'a pas empêché les emprunteurs d'avoir recours à la Caisse d'Épargne, car aujourd'hui elle a consenti des prêts pour une valeur de 32 millions de francs.

La Caisse d'Épargne belge ne prête qu'aux sociétés coopératives, car elles sont composées d'hommes ayant une certaine valeur par eux-mêmes et dont l'union constitue une garantie d'une importance réelle. C'est en tenant compte de ce principe que la Caisse d'Épargne offre tant de facilités d'obtenir de l'argent aux sociétés coopératives de construction. Quand une société de ce genre possède dans sa Caisse un dixième du capital souscrit, elle peut construire et demander à la Caisse d'Épargne l'argent nécessaire pour payer les constructions. Celle-ci évalue la valeur des immeubles, elle lui ajoute le montant du capital souscrit et elle prête les trois quarts du total ainsi obtenu.

La loi française autorise la Caisse des dépôts et consignations, les Caisses d'Épargne, les Établissements charitables à prêter des capitaux aux sociétés constituées conformément aux lois du 30 novembre 1894 et du 31 mars 1896, sur les habitations à bon marché.

Jusqu'à présent il n'y a eu que quelques Caisses d'Épargne qui ont profité de l'autorisation donnée par la loi.

Grâce à l'énergique campagne menée par M. Rostand, la Caisse d'Épargne de Marseille a non seulement prêté des capitaux aux sociétés de construction mais elle a encore construit pour son compte des maisons à étages et des maisons pour une famille.

La Caisse d'Épargne de Lyon a pris pour 500 000 francs d'actions à la Société lyonnaise des petits logements.

La Caisse d'Épargne de Paris, a prêté 60 000 francs au taux de 3 0/0, à la société coopérative des habitations à bon marché de Saint-Denis, dite le *Coin du Feu*.

La Caisse des dépôts et consignations qui pouvait disposer de vingt millions de francs en faveur des sociétés d'habitations à bon marché a été pendant très longtemps sourde à leurs demandes, c'est pourquoi M. J. Siegfried a créé la Société de Crédit des habitations à bon marché pour servir d'intermédiaire entre la Caisse des dépôts et consignations et les emprunteurs. La Société de Crédit ne prête qu'aux sociétés

dont les statuts ont été établis conformément aux lois du 30 novembre 1894 et du 31 mars 1896. Pour obtenir des capitaux, les sociétés de construction émettent des obligations qu'elles cèdent à la Société de Crédit. L'intérêt de ces obligations est fixé à 3 0/0 net de tous frais accessoires et impôts qui restent à la charge de la société emprunteuse. La Société de Crédit donne les obligations en garantie à la Caisse des dépôts et consignations et elle lui paie un intérêt de 2 0/0, pour l'argent qu'elle en obtient. La différence d'intérêt de 1 0/0 lui permet de payer ses frais d'administration. D'après les documents exposés, la Société a fait en 1899 des opérations pour une valeur de 800 000 francs.

La Société française des habitations à bon marché, fondée à la suite de l'Exposition de 1889, est une association qui a élaboré la loi du 30 novembre 1894 sur les habitations à bon marché et provoqué la création d'une trentaine de sociétés, qui ont pour objet, soit la construction de petits logements, soit le prêt de la somme nécessaire pour construire. Pour atteindre son but la Société publie un Bulletin trimestriel dans lequel elle résume les travaux de ses membres et ceux des sociétés de construction. Elle vient également d'éditer un Manuel d'habitations ouvrières, contenant les plans de diverses maisons à petits logements, les lois et règlements relatifs aux habitations à bon marché ainsi que des modèles de statuts de sociétés coopératives de construction.

Les administrateurs de la société vont faire des conférences dans les villes où il existe un noyau d'hommes dévoués qui s'occupent de la constitution d'une société d'habitations à bon marché.

La société organise des concours ; c'est grâce à l'un d'eux que la Société des habitations économiques de Saint-Denis a été créée.

La Société des logements économiques de Lyon, fondée par MM. Aynard, Gillet et Mangini, est citée comme modèle à imiter dans toutes les villes où il y a pénurie de petits logements.

Des critiques plus ou moins fondées, peuvent être adressées aux constructions de la société en ce qui concerne la distribution des logements mais nous ne croyons pas que l'on puisse en faire en ce qui concerne leur administration. Depuis la création de la société, ses actionnaires ont toujours reçu un dividende de 4 0/0 et son fonds de réserve a une importance suffisante pour permettre d'espérer qu'elle continuera à tenir ses engagements.

*Fondation Heine.*

M. Michel Heine, émerveillé des résultats obtenus à Londres par la fondation Peabody, voulut doter la France d'une institution analogue et il donna à cet effet une somme de 600 000 francs à la Société philanthropique.

Cette dernière accepta la mission d'appliquer cette somme à la construction de maisons à bon marché et elle chargea M. Picot de la mise à exécution du projet.

Les 600 000 francs furent employés à la construction de trois maisons, sises rue Jeanne d'Arc, boulevard Garibaldi et avenue de Saint-Mandé. Plusieurs personnes suivirent l'exemple donné par M. Heine, et le capital de la fondation fut porté à 750 000 francs. Le produit net des loyers permit de construire une quatrième maison.

Les plans des maisons de l'Association philanthropique sont exposés Classes 106 et 112. Nous ne les citerons pas comme modèles à imiter au point de vue de la distribution des logements, mais il n'en est pas de même en ce qui concerne le soin apporté dans la construction des maisons, dans le choix des matériaux etc.

*Fondation du Jubilé de l'Empereur François-Joseph 1<sup>er</sup>.*

A l'occasion de la fête du cinquantenaire de son règne, l'empereur d'Autriche décida qu'il serait prélevé une somme de 250 000 florins sur les fonds d'agrandissement de la ville de Vienne, pour construire des petits logements, si une somme d'égale importance était souscrite dans le même but par des particuliers ou des sociétés dues à l'initiative privée.

Cette condition fut remplie et, le 25 juin 1896, la fondation fut créée. Le premier soin des administrateurs fut d'ouvrir un concours à l'effet d'obtenir un plan d'habitations ouvrières modèles. Le concours ne donna pas lieu à l'adoption du projet d'un des concurrents, mais il fut décidé que les auteurs des deux meilleurs projets seraient chargés de l'élaboration d'un nouveau plan et de sa mise à exécution.

Par suite de diverses donations le capital, dont les administrateurs de la fondation purent disposer, fut porté à 2 286 500 francs.

Il fut employé à construire des maisons à étages et de deux hôtels meublés, l'un pour hommes et l'autre pour femmes. Les étages sont divisés

en petits logements de 2 et 3 pièces avec cuisine. Une bibliothèque et un lavoir y sont installés. Les plans des bâtiments sont exposés dans le Palais de l'Economie sociale ; nous ne les reproduirons pas car ils ne peuvent être cités comme modèles au point de vue de la distribution des logements.

L'administration des logements est bien faite, dans chaque logement un tableau indique le nombre maximum des personnes qui peuvent l'habiter. Deux enfants au-dessous de 6 ans comptent pour un adulte. Il est interdit de sous-louer des chambres et de louer des lits pour la nuit.

Les industriels continuent à s'occuper des logements de leurs ouvriers à mesure que leurs affaires se développent.

On peut citer dans cet ordre d'idées : la Société des Mines de Lens, la Blanchisserie de Thaon, la Compagnie des Cristalleries de Baccarat, la Maison Menier, la Maison Krupp d'Essen, la Maison Lever Brothers, à Port Sunlight (Angleterre), la Maison Russ, Suchard et C<sup>ie</sup>, à Serrière (Suisse), la Maison de Naeyer, à Willebrœck (Belgique), et Van Marken et C<sup>ie</sup>, à Delft.

Les maisons russes logent gratuitement leurs ouvriers le plus souvent dans des maisons à étages. Les industriels russes ont exposé un grand nombre de plans représentant les habitations de leurs ouvriers.

Les *Sociétés philanthropiques* contribuent également à l'amélioration des petits logements. En France, nous citerons la Société de Passy-Auteuil, la Société des habitations économiques de Saint-Denis, la Société rouennaise des habitations à bon marché, la Société bordelaise des habitations à bon marché, etc.

En Belgique, le bureau permanent des Conférences nationales des sociétés d'habitations ouvrières de Belgique rend beaucoup de services.

Les sociétés coopératives composées d'ouvriers ont augmenté dans de notables proportions surtout en Belgique, en Hollande et en Italie.

En France nous citerons la « Pierre du Foyer » de Marseille, le « Coin du Feu » de Saint-Denis, la Société des employés de chemin de fer de la Compagnie d'Orléans, la Société civile coopérative de consommation, la « Famille » à Saint-Denis, etc.

En Allemagne les sociétés coopératives sont très nombreuses grâce à la Société de propagande, analogue à la Société française des habitations, qui a son siège à Cologne.

Les sociétés coopératives de construction connues sous le nom de *Building societies* se sont surtout développées en Angleterre et aux États-Unis.

Les principaux Congrès d'habitations à bon marché, qui ont été réunis depuis celui de 1889, sont ceux de Bordeaux, d'Anvers, de Bruxelles et enfin celui de Paris qui eut lieu à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1900. Les congrès de Paris et de Bordeaux ont été organisés par la Société française des habitations à bon marché. Dans chacun des congrès français on a traité une dizaine de questions, parmi lesquelles nous citerons celles qui sont relatives à l'assurance sur la vie des acquéreurs par annuités; aux charges d'exploitation; à la faculté donnée à un héritier de conserver la maison du chef de la famille, à condition de dédommager pécuniairement ses co-héritiers, etc.

Les congrès réunis en Belgique ont été organisés par des comités composés de notabilités parmi lesquelles nous citerons: M. Bernaërt, ancien Ministre, Lagasse, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, O. Lepreux, directeur de la Caisse d'Épargne, Dubois, directeur au Ministère du Travail, Léon Meerens, etc.

Le dernier Congrès national belge a été très intéressant car ses membres étaient tous des hommes pratiques, c'est-à-dire faisant partie de conseils d'administration de sociétés d'habitations ouvrières.

Le prochain Congrès international d'habitations à bon marché aura lieu à Dusseldorf en 1902, il sera organisé par un comité international dont les membres ont été nommés par le Congrès de 1900.

Le Comité sera aidé dans sa tâche par la fédération des sociétés coopératives de construction dont M. le professeur Albrecht est le président.

Les ouvrages qui traitent des habitations ouvrières sont assez nombreux.

Dans la *section française* nous avons remarqué un ouvrage de M. F. Lucas, architecte de la Société centrale, qui fait partie, depuis sa fondation, du groupe créé par M. Siegfried auquel est due la Société des habitations à bon marché.

*Le Logement de l'ouvrier et du pauvre*, par A. RAFFALOVITCH.

*Les Habitations ouvrières en tous pays*, supplément à l'ouvrage publié par MM. É. MULLER et É. CACHEUX.

Les planches exposées reproduisent les plans d'exécution du groupe des maisons ouvrières d'Ivry, des maisons pour trois familles de la co-

lonie d'Ostheim, des maisons à étages de la Gemeinnützige Baugesellschaft de Berlin.

*Le Bulletin de la Société des habitations à bon marché*, formant 10 volumes.

*Petits logements et habitations à bon marché du département de l'Oise*, par O. BAUDRAN.

*Les Habitations ouvrières à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle*, par É. CACHEUX. Ouvrage avec planches représentant les divers types les plus intéressants d'habitations ouvrières.

*L'Économiste pratique* de É. CACHEUX, qui contient les plans d'exécution des divers types d'habitations à bon marché que l'Auteur a créés pour prouver la possibilité en France d'importer les Building societies anglaises.

Dans la *section américaine* se trouve le *Report of the Tenement-House Committee of New-York*. Compte-rendu de l'enquête faite à New-York, par un comité officiel chargé d'examiner la marche à suivre pour améliorer l'état des petits logements.

*Section allemande.* — Les ouvrages relatifs aux habitations à bon marché sont nombreux. Parmi les principaux se trouve celui du Dr Albrecht, président de la fédération des sociétés coopératives de construction.

M. Albrecht a résumé les documents relatifs aux habitations ouvrières qui se trouvaient dans diverses expositions nationales allemandes d'hygiène. Dans la revue intitulée *Sozial-Praxis*, le Dr Albrecht tient ses lecteurs au courant de tout ce qui se fait en Allemagne concernant les maisons ouvrières. M. Krupp a publié, dans deux beaux volumes, les plans des bâtiments qu'il a construits pour loger ses ouvriers et pour assurer les besoins des 30 000 personnes qu'il emploie dans ses usines (bains, lavoirs, restaurants économiques, églises, hôtels pour célibataires, asiles pour vieillards, etc.).

Dans la *section autrichienne*, nous n'avons trouvé guère que l'ouvrage de M. Aloïs Meissner, ingénieur aux chemins de fer de l'État, qui concerne les petits logements. Le texte est intitulé : *Les habitations du peuple à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle* ; il est accompagné d'un atlas d'une

centaine de planches qui donnent les plans de toutes les habitations ouvrières dont M. Meissner a relevé les plans dans ses nombreux voyages en Europe et en Amérique.

Dans la *section belge*, il y a de nombreux ouvrages relatifs aux petits logements. Nous citerons parmi les plus remarquables ceux de M. le baron Roger de Dour, de M. Meerens, attaché à la Caisse d'Épargne, les comptes rendus des Congrès nationaux et internationaux tenus à Anvers et à Bruxelles, les documents publiés par la Caisse générale d'Épargne, de retraite et d'assurances.

La *section espagnole* ne contient qu'un seul ouvrage sur les habitations des ouvriers, il est dû à M. Belmas Valledor, de Madrid.

La *section des Pays-Bas* a exposé des monographies sur les habitations ouvrières, recueillies par la commission royale spéciale pour le Groupe XVI.

Enfin, dans la *section russe*, il y a un grand nombre de documents relatifs aux habitations ouvrières, fournis par huit exposants, dont le compte rendu rédigé par M. DEMÉATIEF a été inséré dans le volume intitulé : *La Russie à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle*, édité par la Commission de la Section impériale russe à l'Exposition de 1900.

### Service de la vidange, canalisation des eaux potables et ménagères.

Depuis l'année 1889, une grande innovation a été introduite dans les maisons à étages parisiennes habitées par les ouvriers. Dans presque tous les nouveaux bâtiments on a installé un privé par logement suivant le système du tout à l'égout. D'après la société philanthropique qui emploie ce système dans ses maisons, il faut compter sur une dépense de 28 francs pour l'eau nécessaire aux besoins d'un ménage qui possède un water-closet dans son logement.

Dans les maisons sises rue d'Avron, où il n'y a qu'un cabinet commun par étage, la dépense d'eau ne dépasse pas 20 francs et les frais occasionnés par l'emploi de l'eau dans les privés compensent ceux qui étaient

causés par l'enlèvement des vidanges reçues dans des fosses fixes. La dépense relative à l'emploi du système du tout à l'égout s'est bornée aux frais d'installation des appareils de chasse et des appareils de canalisation. Cette dépense s'est élevée à 6 000 francs pour 40 ménages.

Nous avons remarqué peu de progrès dans les systèmes de vidange employés dans les campagnes.

Nous pouvons citer comme modèles la Société des habitations économiques de Saint-Denis et la Maison Menier à Noisiel qui ont installé le tout à l'égout dans leurs cités situées en pleine campagne.

La Société de Saint-Denis envoie ses vidanges dans un égout départemental. La Maison Menier a supprimé les appareils Goux que nous citions autrefois comme modèles à imiter et elle les a remplacés par une canalisation qui amène les vidanges des maisons de la cité, dans un grand réservoir d'où elles sont envoyées sur les champs d'une ferme de surface suffisante pour les utiliser.

Les exposants d'habitations ouvrières ont fourni peu de documents qui concernent le service des vidanges et la canalisation des eaux potables et ménagères.

Nous avons néanmoins pu remarquer dans l'exposition de M. Jules Cacheux, fabricant de crayons et de porte-plumes à Billancourt, une disposition intéressante pour assurer le service des vidanges et la canalisation des eaux potables et ménagères. En vue d'obtenir de l'eau, M. Cacheux creusa un puits et il atteignit l'eau à une profondeur de 22 mètres. Avec un moteur à pétrole, il obtient la force nécessaire pour puiser l'eau qui alimente les réservoirs de chasse des cabinets de ses maisons ouvrières et il envoie à l'aide d'un tuyau de grès les vidanges dans un égout départemental, qui passe à une certaine distance de sa cité.

Le moteur à pétrole sert également à charger des accumulateurs au moyen desquels on fournit l'électricité nécessaire à l'éclairage du passage qui dessert la cité.

Dans beaucoup d'établissements industriels on emploie la force motrice des usines à procurer de l'eau aux habitants des cités qui en dépendent, mais les détails relatifs aux appareils employés n'ont pas été exposés.

En résumé les documents relatifs aux habitations ouvrières exposés en 1900 ont démontré que de grands progrès ont été réalisés dans la construction et l'établissement des petits logements, mais qu'il y avait

encore des efforts considérables à faire, d'une part, pour détruire les nombreux foyers d'insalubrité qui existent dans les grandes villes par suite de l'encombrement qu'on y constate dans les petits logements, et d'autre part, pour doter les habitations rurales des dispositions et des appareils nécessaires pour placer leurs habitants dans les conditions que l'hygiène moderne réclame.

---

# MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

## ET LEUR EMPLOI

PAR

**A. LASCOMBE**

ARCHITECTE, INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

---

### AVANT-PROPOS

Les différents procédés de construction sont représentés d'une manière toute spéciale à l'Exposition Universelle de 1900. Les Champs-Élysées, l'Esplanade des Invalides, les berges de la Seine, le Champ de Mars et le Trocadéro présentent, dans une grande variété d'édifices, les spécimens les plus divers des matériaux les plus susceptibles d'emploi. On assiste au triomphe de l'homme dans sa lutte avec la nature. Si, jadis, il se réfugiait dans les cavernes comme le Troglodyte, s'il demandait aux forêts les éléments nécessaires à l'édification d'une simple et fragile cabane qu'il fixait à l'aide de solides pieux au milieu des lacs à l'abri des bêtes fauves, toute autre est aujourd'hui sa situation. Non seulement il taille les pierres, les assemble, les lie entre elles et les décore ; non seulement il abat les chênes séculaires des forêts, pour en tirer les éléments de ses planchers, de ses charpentes, de ses pans de bois ; mais, chimiste autant qu'ingénieur, l'homme demande à la science d'aider la nature, à l'une de reconstituer ce qui manque chez l'autre. Si les entrailles de la terre qu'il parcourt sans cesse, lui refusent la pierre dont il a besoin pour élever sa demeure, il se contente d'en tirer la chaux, le sable et l'argile qui lui permettent de fabriquer ces pierres factices aujourd'hui si employées. Il en extrait aussi ces minerais qui, traités dans ses hauts fourneaux, lui donneront le fer si léger et si maniable. Si ce dernier vient à lui manquer, comme dans ces derniers temps, il

se contentera du bois un peu lourd et massif, mais en l'entourant d'un léger réseau métallique, âme d'un faible enduit de plâtre auquel sa main d'artiste fera prendre les formes les plus élégantes, tout en lui conservant l'aspect d'une construction d'une solidité à toute épreuve.

Sans sortir du cadre de cette Revue, nous nous proposons, dans le présent article, de faire ressortir les progrès obtenus pendant les dernières années dans les méthodes de fabrication et d'essai ; nous montrerons comment la matière peut, sous d'habiles mains, se transformer et prendre la forme de ces palais grandioses qui font l'admiration de tous les visiteurs de notre Exposition Universelle.

Cette époque, en effet, marque dans l'art de bâtir une ère nouvelle et originale, celle du ciment ou du béton armé. Sous cette désignation un peu vague, mais aujourd'hui consacrée par l'usage, il faut entendre tous les ouvrages en mortier ou béton de ciment, à ossature métallique, ouvrages résultant tous, en effet, de l'association du ciment et du fer, c'est-à-dire de deux substances dont les qualités se complètent trop heureusement pour que l'idée de les confondre dans une œuvre commune ait pu manquer de s'offrir à l'esprit des praticiens.

On ignore qui a eu le premier l'idée de noyer une ossature métallique dans une masse de ciment. La plus ancienne application en revient à des métallurgistes français qui, à l'effet d'obtenir des cloisons minces et solides, recouvraient d'une couche de mortier de ciment un châssis formé par l'entrecroisement de barres de fer que reliaient entre elles des attaches de treillageur.

A l'Exposition Universelle de 1855, à Paris, figurait un bateau construit d'après ces principes. En 1867, à la troisième Exposition Universelle, François Coignet exposait de nombreux spécimens de l'association béton et fer.

En 1878, on pouvait remarquer des tuyaux, des bassins et réservoirs en béton armé. A notre dernière Exposition, en 1889, M. Cottancin exposait diverses applications de son système de travaux en ciment avec ossature métallique, sans attaches et à réseau continu.

Enfin, en 1900, le ciment armé prend une place définitive et importante parmi les matériaux de construction. Son emploi est adopté non plus seulement par les ingénieurs, comme en 1867, 1878 et 1889, mais aussi par les architectes. Les applications à l'Exposition Universelle de 1900 ont été considérables. Non seulement ce mode de construction a servi à établir les ponts de chemins de fer, les passerelles, les planchers divers, mais il a servi aussi pour les fondations des palais, leurs revête-

ments intérieurs et extérieurs, et aussi, dans certains cas, pour leur couverture.

En donnant tout à la fois une extrême légèreté et une portée considérable, le ciment armé permet une grande hardiesse dans les proportions ; il en résulte aussi une grande simplification dans la répartition des fondations et, par suite, une réelle économie, lorsque le sous-sol est mauvais. Dans l'ensemble, les constructions présentent cependant l'aspect imposant qui inspire confiance dans la solidité de l'œuvre.

Le ciment armé a donc conquis, après une lutte d'un grand nombre d'années, la consécration officielle de l'art monumental.

Toutefois le rôle de la maçonnerie dans la construction des Palais de l'Exposition et de leurs annexes, en 1900, a été encore très considérable ; qu'il nous suffise de citer à cet égard le grand et le petit palais des Champs-Élysées, et d'autres palais du Champ de Mars et de l'Esplanade des Invalides.

A la suite de ces matériaux, ont pris également, à l'Exposition, une place considérable les produits de décoration de l'industrie céramique moderne : les briques teintées, les laves émaillées, les faïences, les tuiles vernissées, etc., etc.

N'oublions pas enfin le bois qui a joué un si grand rôle dans l'établissement de tous ces palais, aussi éphémères que prestigieux, véritables décors de féerie qui s'évanouiront comme un beau rêve, et dont au bout de quelques mois il ne restera plus que le souvenir.

En résumé, nous nous sommes proposé d'étudier rapidement dans les divers chapitres de cette partie de la *Revue Technique*, les procédés actuellement mis en œuvre pour l'exploitation ou la fabrication des matériaux les plus importants parmi ceux qui figurent à l'Exposition de 1900, de manière à conserver trace des progrès réalisés dans les dernières années depuis 1889.

Les visites que nous avons faites aux divers chantiers lors de la construction des palais, les renseignements que nous avons pris auprès des architectes, des entrepreneurs et des exposants, nous permettront de montrer, d'une manière aussi complète que possible, les résultats obtenus dans le choix et dans la qualité des matériaux de construction, et dans leur emploi judicieux.

---

## I. — CONSTRUCTIONS EN CIMENT ARMÉ

---

Nous avons dit plus haut que les constructions en ciment armé, de genres si divers, résultent toutes de l'association du ciment et du fer ou de l'acier.

On a pensé naturellement à remédier à la faible résistance que le ciment offre à la traction par l'adjonction d'un métal comme le fer, qui possède à un si haut degré la faculté de supporter des tensions considérables.

Par ce mariage, le ciment, qui jusqu'alors était confiné dans le domaine, pourtant vaste, des constructions où la compression seule est en jeu, allait être affranchi de cette servitude.

On peut se demander comment se comporte le fer dans un pareil assemblage. L'expérience a répondu à cette question. Le fer ne s'oxyde pas dans le ciment, il adhère bien au mortier ; il ne désagrège pas l'ensemble sous l'influence des variations de température, et cela à cause de la presque identité des coefficients de dilatation du ciment et du fer.

*Le béton de ciment armé* présente aussi un avantage considérable, la protection des constructions contre l'action du feu.

En effet on a pu remarquer nombre de fois que, si les planchers en bois s'effondrent après avoir brûlé, les murs restent et généralement sont peu endommagés, tandis que, avec les constructions en fer, tout disparaît et la ruine de l'édifice est complète par l'effet de la chute des murs.

On voit par là que le béton de ciment était tout naturellement indiqué pour la protection des fers, car il résiste mieux que toute autre matière plastique à une haute température et à l'action de l'eau des pompes à incendie. Des expériences ont été faites en Amérique, en Angleterre, en Allemagne ; on s'est servi d'enveloppes en plâtre, en matières céramiques ; les résultats n'ont été nullement comparables à ceux obtenus avec l'enveloppe en ciment.

Dans ces conditions, le ciment armé, ne pouvait que prendre l'essor que lui promettaient ses qualités théoriques ; c'est ce qu'il est en train de faire.

Malgré la variété des applications auxquelles se prête un même système de construction armée, un caractère propre s'y retrouve, assez constant pour qu'il y ait lieu de le mettre, dès le début, en relief. Ce caractère résulte surtout de la disposition donnée à l'ossature.

L'Exposition Universelle de 1900, nous montre dans ses différentes constructions, une assez grande variété de systèmes de *ciment armé* : nous allons les passer très sommairement en revue.

### 1° Système Monier

Le visiteur qui pénètre dans l'Exposition par la porte du Trocadéro, rencontre, au nord de l'avenue Delessert, les palais de l'Indo-Chine, et en particulier celui du Cambodge, où se trouve une reproduction exacte de la célèbre montagne du *Pnôm-Penh*, surmontée de la pagode et du *Pnôm*, sorte de montagne sacrée de 10 mètres de haut qui sert de monument funéraire.

Les décorations en rocher artificiel et le grand escalier de ce palais, ont été faits en ciment armé du système Monier.

L'ossature est formée par deux séries de barres parallèles rondes ou carrées qui se coupent à angle droit (fig. 1).

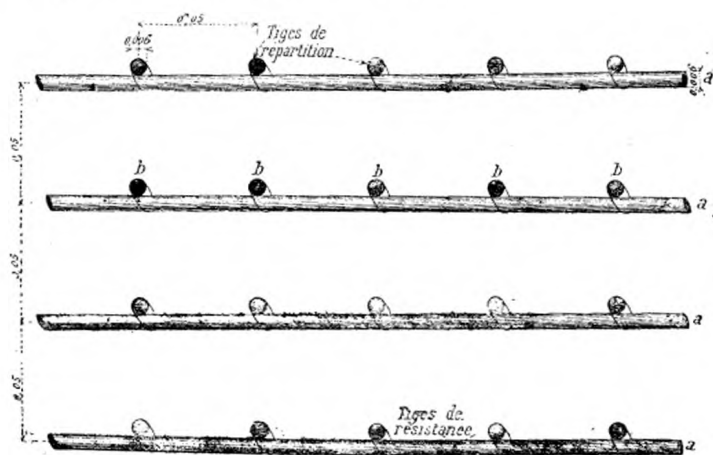


Fig. 1.

Les barres inférieures *a* sont appelées *tiges de résistance* ; elles ont à supporter l'effort de la pièce, et leur section varie en raison de cet

effort ; leur écartement est de  $0^m,05$  à  $0^m,10$  d'axe en axe ; leur longueur est déterminée par la distance des appuis.

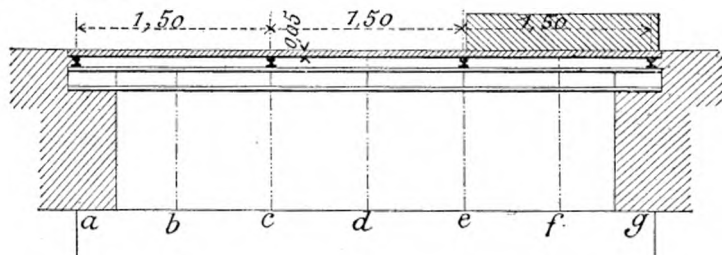
Les barres supérieures *b* sont appelées *tiges de répartition*, parce qu'elles répartissent sur les barres inférieures la charge qu'elles reçoivent ; leur diamètre varie de  $0^m,003$  à  $0^m,006$  ; elles sont composées de plusieurs morceaux fixés les uns aux autres.

Ces deux séries de barres sont reliées entre elles, aux points de croisement, par des ligatures en fil de fer de 1 millimètre.

On dispose l'ossature dans la région inférieure de la pièce à laquelle elle donne la résistance. Lorsque la charge est considérable, on établit plusieurs réseaux reliés soigneusement ensemble.

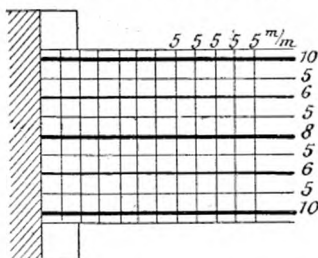
Il est facile de concevoir qu'avec un pareil système on puisse obtenir toutes les formes possibles.

C'est ainsi qu'à l'Exposition, on a pu construire le moulin Abel Leblanc et faire les décorations en rocher artificiel de l'exposition minière souterraine.

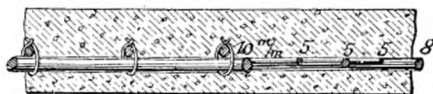


Portée  $4^m,50$  ; Epaisseur,  $4^m,03$ .

Composition du treillage en fer



Ecartement des mailles,  $0^m,36$  ;  
soit de  $0^m,6$  à  $0^m,6$ .



Coupe transversale.

Fig. 2.

A la boulangerie Machin, on peut remarquer un plancher établi d'après le système Monier. Ce plancher est formé par des dalles, fa-

briquées d'avance, d'une largeur égale à la distance qui sépare les solives. Elles reposent sur les semelles supérieures des fers à double T. Le dessus a été laissé brut pour être recouvert d'un enduit au ciment.

Le plafond a été constitué par des dalles supportées par les semelles inférieures des solives. Ces dalles sont recouvertes d'une légère couche de plâtre maintenue par un réseau de petits fils de fer attaché aux tiges de résistance des dalles.

Les dalles se font en mortier de ciment ou de béton sur une aire plane constituée avec du bois ou du plâtre qui, l'un et l'autre, adhèrent peu au ciment.

Ce plancher peut supporter 2000 kilogrammes par mètre carré. Nous donnons ci-dessous les résultats des expériences.

*Résultat des charges*

Chargé du côté de <i>e à g</i> (fig. 2).	CHARGE	FLEXION	OBSERVATIONS
	EN KILOGR.	EN MILLIMÈTRES	
		<i>f</i>	
	704	— 4.5	} Apparition de légères déchirures. Pas de rupture.
	1077,5	— 8.5	
	1440,5	— 12.5	
	1631	— 16	
	1817	— 19	
	2058,5	— 50	

Le signe — indique un abaissement.

Au même endroit se trouve aussi une voûte construite en treillis simple (fig. 3). Les tiges de résistance des dalles inférieures sont cintrées. Celles-ci deviennent de véritables voûtes. La flèche de ces dernières est égale environ au dixième de la portée. Elles s'appuient sur les semelles inférieures des solives ou sur les murs dans lesquels elles pénètrent de 10 à 25 centimètres.

Il est à remarquer que dans ce système de voûtes on emploie quelquefois deux ossatures : une, courbe, située près de l'intrados de la voûte ; l'autre, courbe ou plane, aussi loin que possible de la première. Ces deux ossatures sont alors reliées par des tiges verticales, et l'ensemble est noyé dans du béton.



les voûtes sont faites avec le système Monier. De même dans les expositions de l'Autriche et des Etats-Unis. On atteint, avec elles, des portées de 30 à 40 mètres.

Ces voûtes peuvent aussi être employées à soutenir un grand escalier, comme au pavillon du Cambodge. Nous donnons ci-après le croquis d'une voûte analogue avec les résultats des charges d'expérience qui y ont été appliquées (fig. 4).

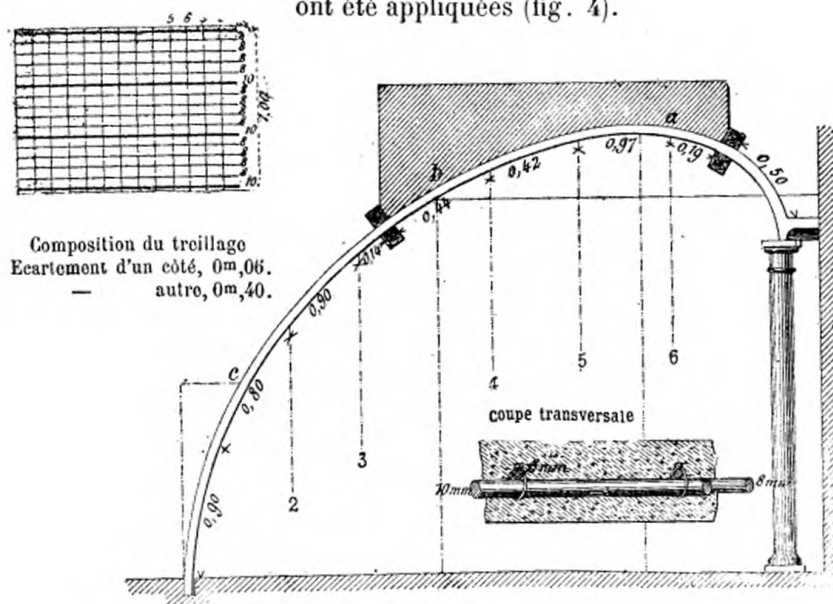


Fig. 4.

## Résultat des charges

RELEVÉ EN DIVERS ENDROITS	CHARGE EN KILOGR.	FLEXION EN MILLIMÈTRES					OBSERVATIONS
		POINTS					
		2	3	4	5	6	
I	1010	..	..	..	..	..	Au relevé IV, au point 2 (charge = 1525 kilog.), se présentent les premières fissures très légères. L'effondrement de la voûte n'a pas été atteint par les charges ci-dessus.
II	1240	..	..	1	2	- 1,5	
III	1350	+ 1,5	..	- 1,5	- 5	- 2	
IV	1525	+ 4	..	- 1,5	- 5	- 2	
V	1650	+ 6	+ 1	- 2,5	- 7	- 3	
VI	1850	+ 9	+ 2	- 3,5	- 8,5	3	
VII	2250	+ 10	+ 2	- 5	- 10	- 4	
VIII	2725	+ 14	+ 2,5	- 8,5	- 13	- 6	
IX	3230	+ 19	+ 3	- 11	- 18	- 7,5	
X	3820	+ 25	+ 3	- 14	- 21	- 9	
XI	5250	+ 33	+ 4	- 19	- 27	- 12	

Dans le tableau le signe + indique un soulèvement ; le signe — un abaissement.

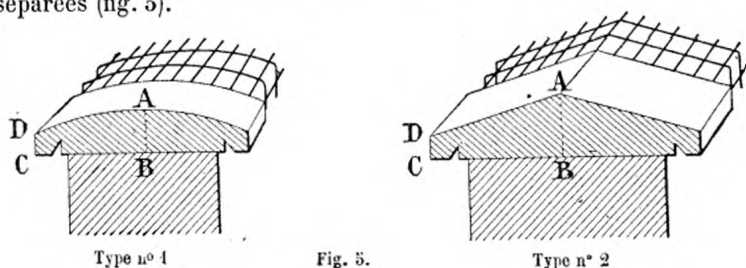
L'examen du tableau prouve la grande résistance de cette voûte qui peut supporter une charge de près de 6 000 kilogrammes.

Dans la même boulangerie, des cloisons ont été faites en ciment armé. Les tiges de résistance sont courbées avec une flèche de  $1/4$  environ, et reportent le poids de la cloison sur deux points du plancher qu'on a renforcés en conséquence.

A l'essai, ces cloisons, de  $0^m,03$  d'épaisseur, chargées de 2 800 kilogrammes par mètre carré, n'ont présenté ni ventre, ni creux, même après qu'on y eut pratiqué quelques brèches. Les tiges de résistance pénètrent d'une quantité convenable, dans les maçonneries, les montants de portes que recoupent les cloisons, pour assurer leur liaison avec eux.

Voici comment se fait l'exécution de ces cloisons. On coule le mortier entre deux coffrages, en ayant soin d'imprimer des secousses à l'ossature pour faire pénétrer le mortier dans les mailles. Comme on n'y arrive pas toujours, on supprime le plus souvent un des coffrages. Gâché très ferme, le mortier est alors projeté avec force contre la paroi de manière à former une couche mince en arrière de l'ossature, pendant qu'on secoue celle-ci pour ne pas laisser de vides. Lorsque cette couche est suffisamment consistante, on en applique une autre à la taloche, puis une troisième, et plus encore si cela est nécessaire.

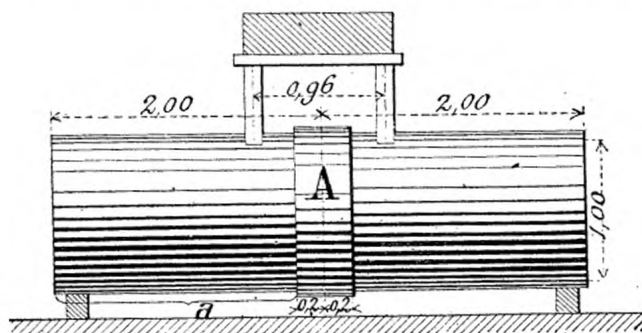
Il est facile de concevoir qu'en associant deux cloisons du genre de celles décrites ci-dessus, entrecroisées par des ossatures de fer et ciment, on peut obtenir des murs très résistants. Ces murs peuvent être couronnés par des chaperons également en ciment armé, formant dalles séparées (fig. 5).



Terminons en disant qu'en diverses classes, la maison Monier expose aussi des tuyaux de canalisation en ciment armé.

L'ossature est constituée par des cercles ou des spires formant des lignes de résistances, et par des lignes de répartition dirigées suivant les génératrices du cylindre.

Si le tuyau doit résister à une pression de dehors en dedans les tiges sont à l'extérieur des cercles et ceux-ci près de l'intérieur du tuyau. Si la pression s'exerce de dedans en dehors, les tiges sont à l'intérieur des cercles, et ceux-ci près de l'extérieur du tuyau. Dès les premiers temps de la mise en usage de ces tuyaux, il se produit une transsudation



Longueur de chaque anneau, 2<sup>m</sup>,00; diamètre, 1<sup>m</sup>,00; épaisseur, 6<sup>m</sup>,04; charge maximum, 2<sup>k</sup>,883. La bague A est fabriquée suivant le système J. Monier.

Fig. 6.

tion importante, due aux vides qui existent dans le mortier, mais peu à peu il se forme un magma insoluble de carbonate de chaux ou de silicate double d'alumine et de chaux qui obture les vides baignés par le liquide,

et l'étanchéité est assurée.

Nous donnons (fig. 6 et 7), des exemples de ces tuyaux, tels qu'ils figurent à l'Exposition.

Dans l'exemple de la fig. 6, chaque tuyau a une longueur de 2 mètres et un diamètre de 1 mètre, avec une épaisseur de 0<sup>m</sup>,04. Les deux tuyaux sont réunis par un manchon en ciment armé. La charge maximum est de 2883 kilogrammes, le manchon est resté intact sous cette charge. En a se trouve seulement une petite déchirure superficielle.

La fig. 7 donne différents types exposés.

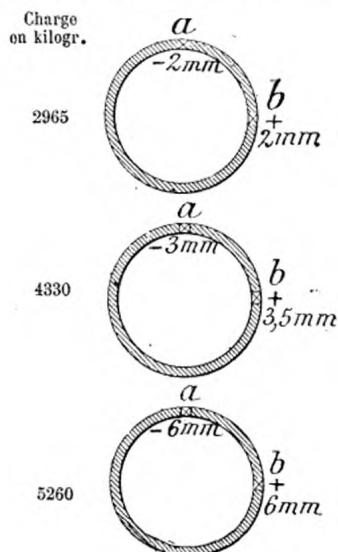


Fig. 7.

Des réservoirs se font de la même manière. Le radier et le couvercle sont coniques.

## 2° Sidéro-Ciment.

Dans le Palais du Génie civil et des Moyens de transport, on remarque la plus grande partie des matériaux de construction qui figurent à l'Exposition Universelle de 1900.

Dans le sixième groupe, Classe 28, se trouve exposée une série de tuyaux en ciment avec ossature métallique établie d'après le système auquel son inventeur a donné le nom de *sidéro-ciment*. D'après lui, cette dénomination assez fantaisiste est destinée à rappeler, d'une façon synthétique, les deux principaux matériaux, fer et ciment, qui entrent dans la composition de ces ouvrages.

### *Constitution de l'ossature.*

Ce système diffère beaucoup de celui que nous avons présenté plus haut. L'ossature de ces tuyaux (fig. 8) est formée de barres profilées en

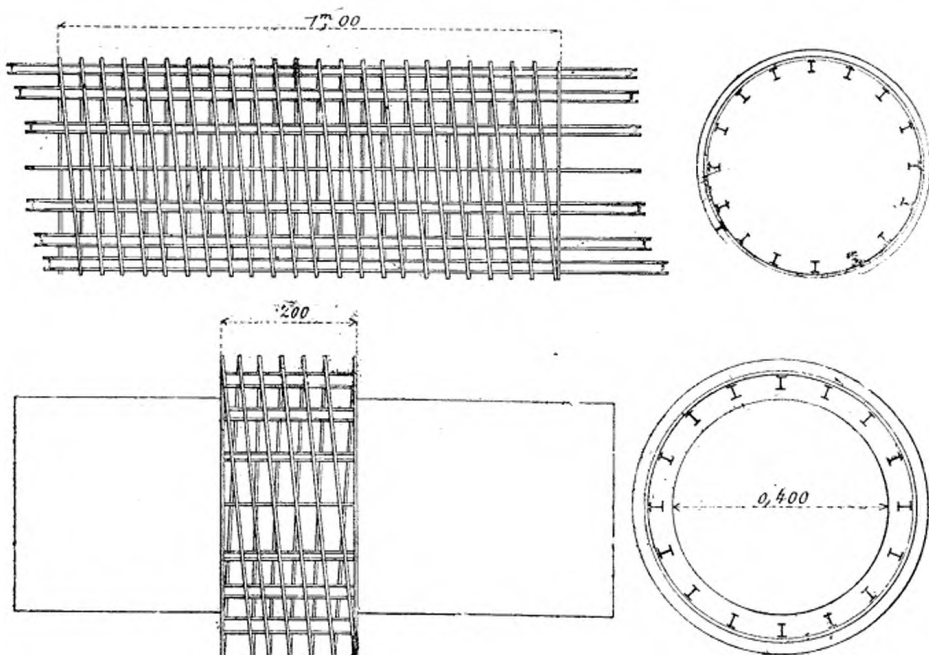


Fig. 8.

double T ; ces barres sont cintrées de champ en hélice cylindrique, dont les spires sont intérieurement réunies, suivant des génératrices, par un nombre suffisant de barres droites de même nature et de semblable profil.

Ces fers peuvent résister à de grands efforts de flexion, de compression ou d'allongement ; ils ont une très faible épaisseur.

D'après M. Théodore Château, dans sa *Technologie du Bâtiment*, tome II, page 143.

« L'épiderme d'une barre de fer est toujours plus dur et plus compact que l'intérieur, parce qu'il a été comprimé plus fortement sous l'action du marteau ou du laminoir. Mais cette amélioration ne se manifeste que sur une très faible épaisseur. Il en résulte que, *pour une même quantité de métal*, les barres de fer présentent d'autant plus de résistance *par unité de surface*, que la section est moindre et que le rapport du périmètre à la section est plus grand. Ainsi le fer méplat est plus tenace que le fer carré, la surface de la section étant la même, et le fil de fer que le fer en barre. »

D'après Lamé, on a :

Charge de rupture d'un fer de 4 <sup>mm</sup> ,9 d'épaisseur. . . . .	74 <sup>k</sup> ,20
» » 0 <sup>mm</sup> ,93 » . . . . .	143 <sup>k</sup> ,80

Le laminage de barres aussi minces, présentant de sérieuses difficultés, l'inventeur a été amené à remplacer le fer par l'acier, qui est d'une résistance presque double de celle du fer et d'une durée beaucoup plus grande.

En effet, on a d'après Claudel :

Résistance à la traction : Fer. . . . .	7 <sup>k</sup> ,000
» » Acier. . . . .	12 <sup>k</sup> ,500

D'après de Laharpe (*Notes et Formules de l'Ingénieur*) :

Résistance à la traction : Fer. . . . .	7 <sup>k</sup> ,000
» » Acier. . . . .	13 <sup>k</sup> ,500

Dans le but de former l'hélice cylindrique du corps de chaque tuyau d'une seule pièce ou bien avec le moins de barres possible, M. Bordenave, l'inventeur du système, a cherché à obtenir des usines des tiges aussi longues que le permettent les moyens de fabrication.

### *Cintrage des fers.*

Les longues barres sont d'abord enroulées à plat, à la sortie du laminoir, en bottes circulaires, pour en faciliter le transport jusqu'au lieu

d'emploi. Elles sont ensuite cintrées à froid sur la machine à raidir au diamètre voulu. Elles subissent ainsi entre les molettes de la cintrreuse une sorte de second laminage et un écrouissement.

M. Bordenave ne compte que sur les dimensions de ces petits fers en double T et sur leur rapprochement pour obtenir les résistances nécessaires aux diverses applications ; il n'attend du ciment que l'étanchéité et la force de se maintenir solidement entre les tiges de l'ossature.

Les barres des génératrices n'interviennent que pour fixer la position des spires, pour déterminer les dimensions des mailles et augmenter la rigidité des tuyaux et des réservoirs.

#### *Calcul de l'espacement des spires.*

Les spires constituent, en définitif, l'unique élément de la résistance des tuyaux sous pression et des réservoirs.

L'espacement de ces spires se calcule par la formule suivante :

$$e = \frac{1,033 \times n \times d}{2k},$$

dans laquelle :

$e$  = épaisseur en centimètres d'un tuyau fictif en métal continu de même résistance que la barre en hélice de l'ossature du tuyau considéré ;

$n$  = pression en atmosphères ;

$d$  = diamètre intérieur du tuyau exprimé en centimètres ;

$k$  = nombre de kilogrammes auquel l'acier doit travailler par centimètre carré.

L'épaisseur  $e$  du tuyau fictif étant ainsi connue, on en répartit ensuite le métal sur un certain nombre de spires dont il ne reste qu'à déterminer l'espacement.

Cet espacement  $E$  dépend des barres qui doivent former l'hélice. On a donc adopté une série de types d'aciers, en double T dont la surface de section  $S$  est donnée d'avance.

On a :

$$E \times e = S$$

ou

$$E = \frac{S}{e} ;$$

formule dans laquelle :

$E$  = espacement des spires ;



Nous donnons ci-dessous les résultats d'expériences trouvés par M. Bordenave.

PROFILS		k
HAUTEUR	ÉPAISSEUR	
0 <sup>m</sup> ,010	0 <sup>m</sup> ,0013	15 <sup>k</sup> ,00
0,012	0,0014	13,50
0,014	0,0015	12,25
0,016	0,0016	11,25
0,018	0,0017	10,50
0,020	0,0018	10,00
0,022	0,0020	9,25
0,024	0,0022	8,75
0,026	0,0024	8,50

Ces résultats concordent avec ceux des expériences de Lamé et de M. Château dont nous avons parlé ci-dessus.

#### *Moulage des tuyaux.*

Voyons maintenant comment on coule les tuyaux

L'ossature est préalablement cintrée dans un moule vertical ; elle est ensuite noyée dans une coulée de mortier de ciment.

Cette dernière phase de la fabrication est accomplie au moyen d'un outillage spécial et avec beaucoup de précautions ; elle peut se faire sur le chantier même.

A cet effet on établit deux voies ferrées circulaires et concentriques, dont l'extérieure mesure 2 mètres entre rails, une voie rectiligne est établie suivant le diamètre du cercle. Sur la voie extérieure peut circuler la *pondeuse*, machine qui consiste en un chariot surmonté d'une plate-forme, dans le plancher de laquelle est pratiqué un évidement permettant de dégager le tuyau, une fois que celui-ci est moulé. Au-dessus de l'évidement, un pylône supporte un treuil destiné à manœuvrer le mandrin de moulage.

Au plancher sont suspendues les coquilles qui doivent former avec le mandrin l'espace annulaire où sera coulé le tuyau ; les coquilles aboutissent à un cercle placé sur le sol et reproduisant en plan la couronne de la conduite et sur lequel on dispose verticalement l'ossature métallique.

Après les opérations qui ont pour but de donner à l'appareil de moulage un réglage parfait, par un entonnoir posé à la partie supérieure de

l'intervalle cylindrique formé par le mandrin et les coquilles, on fait couler les matériaux convenablement dosés et mélangés. La coulée s'opère presque instantanément et la prise ne demande que quelques minutes.

On dégage l'appareil de moulage et la pondeuse, laissant le tuyau en place, pour recommencer, à côté, la même opération.

Les tuyaux, une fois secs, ce qui demande deux ou trois jours, sont transportés sur la voie intérieure, au moyen d'une grue qui se meut sur cette voie, puis ils gagnent la voie rectiligne qui les achemine vers leur dépôt provisoire, d'où ils sont transportés ensuite à leur lieu d'emploi.

On peut mouler, par moule, de 15 à 25 tuyaux par jour, suivant leur diamètre.

#### *Choix du ciment.*

Pour la confection de ces tuyaux, M. Bordenave emploie du ciment à prise rapide toutes les fois qu'il peut être procédé à un parfait moulage par coulée, ce qui est facile dans un grand nombre de cas et notamment pour les conduites et les réservoirs.

On exécute toutefois le radier des réservoirs en ciment lent, ou bien on recouvre d'une couche de ce ciment le remplissage coulé en ciment prompt qui, s'il a la propriété de bien pénétrer dans tous les vides et de former pour ainsi dire un monolithe avec la paroi, ne pourrait assurer l'étanchéité nécessaire, la coulée étant faite sans pression.

Exception est également faite pour les conduites dont le très grand diamètre rendrait la fabrication, le transport et la pose des tuyaux par trop difficiles. Dans ce cas, l'ossature est faite sur place et elle est hourdée en ciment lent par un procédé *ad hoc*.

#### *Joint à bague.*

Pour éviter les dangers de transport et d'avaries par entassement, les tuyaux ne sont pas à emboîtement; ils sont à forme entièrement cylindrique avec joint à bague pour la jonction des tuyaux.

Voici comment on procède à la confection de ce joint.

On ménage un vide de 0<sup>m</sup>,01 à 0<sup>m</sup>,025 de largeur entre les têtes des deux tuyaux consécutifs qu'on veut réunir et dont les couronnes qui se font face sont au préalable dégradées et rustiquées pour une bonne liaison. Dans ce vide, on comprime fortement à la truelle un premier remplissage, en mortier de ciment, gâché serré.

Ensuite, la bague, qui est construite dans les mêmes conditions que les tuyaux, vient, en recouvrant les extrémités de ces tuyaux, doubler leur résistance et leur étanchéité au droit du joint.

Enfin, le remplissage entre la face interne de la bague et la surface extérieure des deux bouts de tuyaux réunis, renforce et consolide encore le joint en y formant une sorte de troisième cloison étanche qui adhère avec les deux autres.

#### *Pose des tuyaux.*

Dans la pose, la bague est immergée à l'avance ; les têtes des tuyaux à jonctionner sont plusieurs fois arrosées pour faciliter leur adhérence avec le mortier frais et éviter une dessiccation prématurée de ce dernier.

La descente en tranchée se fait comme pour les tuyaux en fonte. Les tuyaux reposent sur le fond bien nivelé de la fouille ; des niches facilitent la confection des joints. Il est nécessaire de caler avec soin les flancs inférieurs des tuyaux.

#### *Branchements, robinets, ventouses, etc.*

L'insertion, dans les tuyaux de ciment, de pièces spéciales en fonte, se fait au moyen d'une bague en *sidéro-ciment*. Cette sorte de joint se fait de la même manière que tous les autres ; on prend seulement la précaution au préalable d'enlever le goudron des parties en fonte à recouvrir.

Pour les *prises d'eau* il est bon de les pratiquer au cours de la pose, si elles ont pu être prévues d'avance.

Pour les *courbes* de faible rayon, on emploie des tuyaux dont la longueur est réduite à 1<sup>m</sup>,50 ou 1 mètre. Ces tuyaux s'obtiennent en en coulant soit deux, soit trois à la fois dans le moule pour tuyaux entiers de 3 mètres de longueur normale.

S'il survient des avaries, il suffit de redresser les barres de l'ossature ; s'il s'en est tordu sous un choc violent, de refaire quelques ligatures, et de recouvrir de ciment les parties endommagées. Le nouveau mortier doit être gâché plus serré que pour la coulée.

#### *Égouts.*

Les égouts de toutes les formes usitées pour les autres systèmes de construction peuvent être établis en *sidéro-ciment*. Mais, il est préfé-

nable de donner à l'égout la forme cylindrique au point de vue de la résistance et de la facilité d'exécution.

Pour les grands diamètres on confectionne les ossatures en dehors de la fouille ; on les pose bout à bout sous une forme bien préparée ; on les réunit solidement par les extrémités de leurs génératrices.

On obtient ainsi des longueurs non interrompues de carcasses métalliques qu'on hourde à la truelle avec du mortier de ciment.

### Réservoirs.

Dans le cas où il s'agit de la construction de réservoirs, le fond est formé au moyen d'un quadrillage de barres droites reliées à la fois aux génératrices rectilignes et aux premières spires de l'hélice qui s'enroule sur ces génératrices.

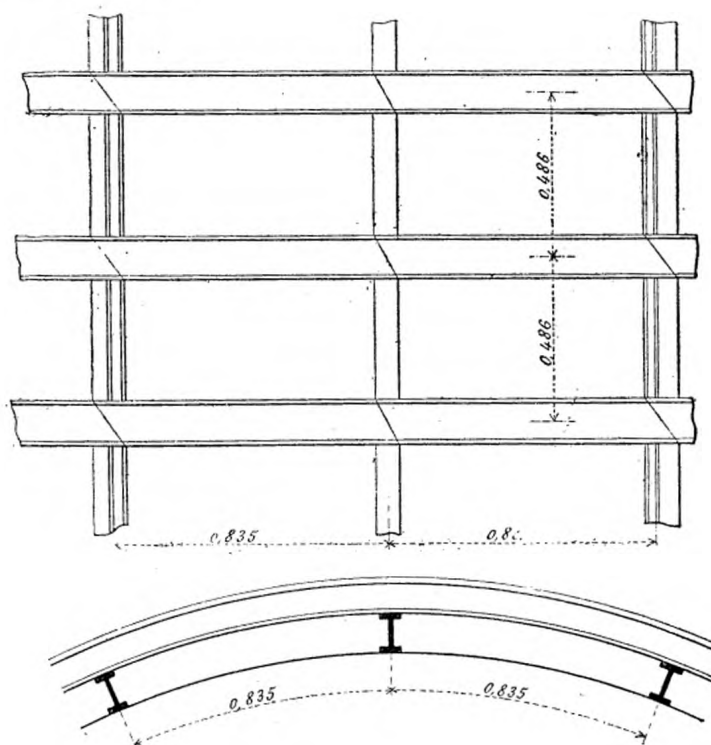


Fig. 10.

La partie verticale est constituée par une ossature métallique comme s'il s'agissait d'un tuyau de grand diamètre. L'espacement des spires

varie, augmentant au fur et à mesure qu'on se rapproche du haut du réservoir, c'est-à-dire des endroits où la pression devient plus faible.

Terminons cette rapide esquisse du sidéro-ciment, en disant que beaucoup de conduites d'eau ont été établies par ce procédé, et parmi lesquelles nous citerons : les conduites de Venise, de Boulogne sur-Seine, de Bône, d'Alfort et de Maisons-Alfort.

La conduite de Bône supporte une pression de 24 mètres ainsi que celles d'Alfortville et de Maisons-Alfort.

Nous donnons, fig. 10, l'application des formules de résistance pour ces conduites. Pour plus de sécurité, on a supposé la pression de 25 mètres. L'épaisseur du tuyau est de 0<sup>m</sup>,045 : le diamètre intérieur de la spire est de 0<sup>m</sup>,642. On a alors  $e = 0^{\text{cm}},05527$  et  $E = 4^{\text{cm}},860$ .

### 3° Système Boussiron.

A la porte d'entrée de l'Exposition, au pont de l'Alma, se trouve le Restaurant français élevé en face du Palais des Congrès. MM. Mollet et Boussiron ont construit les planchers de cet édifice en ciment armé d'après leur système.

Ces trois planchers sont établis sur des poteaux également en ciment armé. Le premier étage est à 6<sup>m</sup>,30 du rez-de-chaussée, le deuxième, formant terrasse, est à 5<sup>m</sup>,20 du premier. Calculés pour une charge de 300 kilogrammes par mètre carré, ils ont été essayés à 600 kilogrammes et ont donné d'excellents résultats. Il ne s'est produit que 4/1000 de flèche sur des portées de 8 mètres à 9<sup>m</sup>,30.

#### *Poutrelles.*

Les poutrelles des planchers sont formées par des prismes à base rectangulaire en mortier de ciment dans lesquelles sont logées des barres de fer ou d'acier reliées par des étriers en fer feuillard.

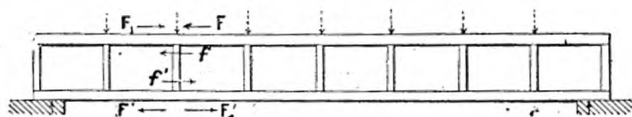


Fig. 11.

Le schéma de ces poutres est indiqué sur la fig. 11.

La poutre étant posée sur deux appuis et soumise à des charges ver-

ticales, la membrure supérieure supporte des efforts de compression  $F$ ,  $F_1$  et la membrure inférieure les efforts de tension  $F'$ ,  $F'_1$ . Les montants supportent des efforts de compression pour transmettre à la membrure inférieure une partie des charges appliquées sur la membrure supérieure. Ils supportent aussi des efforts de cisaillement dus aux différences de tension ( $f = F - F_1 = F' - F'_1$ ) des deux parties de membrures adjacentes à chacun d'eux. Ils sont enfin soumis à des efforts secondaires de flexion dus aux couples de forces  $ff'$  appliquées en leurs extrémités.

La partie supérieure de la poutre devant résister à la compression, le béton en constitue la membrure ABCD (fig. 12). Les autres éléments de la poutre, membrure inférieure  $m$  et montants  $g$ , supportant des efforts incompatibles avec la nature du béton, sont en fer.

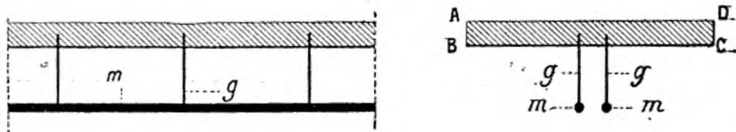


Fig. 12.

Cette disposition suffit, théoriquement parlant, pour assurer à la poutre la résistance voulue. Mais, comme le béton a la propriété de mettre le fer qu'il enveloppe à l'abri de l'oxydation et de la chaleur, l'ossature métallique est noyée dans un rectangle de béton EFGH (fig. 13) et la poutre affecte en somme la forme indiquée.

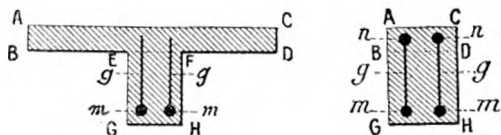


Fig. 13.

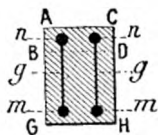


Fig. 14.

Pour certaines poutres du plancher supérieur du Restaurant français, on n'a pas pu donner à la membrure supérieure ABCD une section suffisante pour supporter les efforts de compression, et cela par suite de circonstances particulières : on a donc dû compléter cette section par l'addition de membrures en fer  $nn$  (fig. 14).

Les membrures tendues sont en fer rond ; les montants en fer plat sont recourbés autour de ces membrures (fig. 15 et 16). Les deux branches se relèvent sur toute la hauteur de la poutre et chacune d'elles

se rabat à angle droit du côté de l'autre, à la partie supérieure du hourdis.

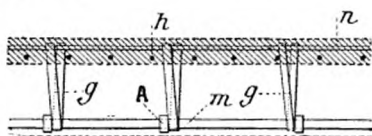


Fig. 15.

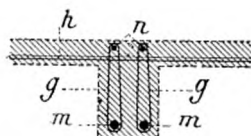


Fig. 16.

Entre ces deux branches passent les barres de fer rond  $n$  butées contre leurs coudes. Les fers du hourdis  $h$  passent au-dessous de ces barres. Cette disposition assure une liaison parfaite de la membrure supérieure et des montants.

Sur la membrure inférieure (fig. 15 et 16), contre chaque montant se trouvent placées des bagues en fer  $A$ . Ces bagues sont fortement serrées à l'aide d'un coin en fer arrêté contre une butée faite au burin. Une ligature en fil de fer, fortement serrée, assure le contact de la bague et du montant.

De cette façon, les membrures, butées contre les branches des montants par la saillie des bagues, ne peuvent glisser entre ces branches pendant la flexion de la poutre, et cela sans qu'intervienne l'adhérence du ciment.

#### *Confection du hourdis.*

Le hourdis entre les solives des deux planchers est établi de la façon suivante :



Fig. 17.

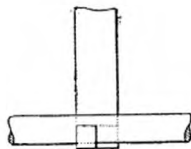


Fig. 18.

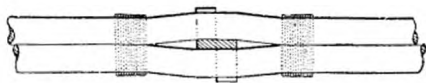


Fig. 19.

Le hourdis est armé à sa partie inférieure de fers ronds accouplés deux par deux et ligaturés ensemble (fig. 17, 18 et 19).

Les montants sont en fer plat ; ils passent entre les deux fers ronds. A leur partie inférieure, ils se divisent en deux branches que l'on courbe autour de chacun des fers. Le glissement longitudinal des membrures est ici empêché par l'effet des ligatures qui coudent légèrement les fers ronds (fig. 19) et les resserrent de part et d'autre des montants.

*Poutres encastrées ou continues. — Poteaux.*

Les poteaux qui supportent les poutres du Restaurant français ont été disposés et calculés comme des pièces encastrées.

On sait que dans le cas de solives encastrées et de poutres continues, les moments fléchissants changent de signes dans les diverses sections de la poutre. Ils sont négatifs au droit des appuis et positifs au milieu de la poutre. Il en résulte que, dans les pièces en ciment armé placées dans ce cas, la membrure supérieure en béton supporte des efforts de tension au droit des appuis.

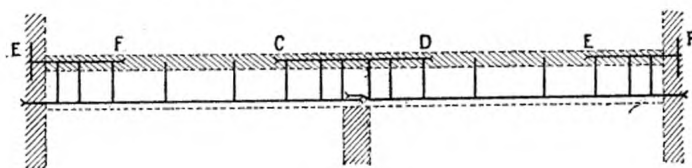


Fig. 20.

On a soin, alors, d'armer la poutre comme l'indique la fig. 20 se rapportant aux deux cas d'encastrement et de continuité.

La membrure inférieure règne sur toute la longueur. Au droit de l'appui milieu, on ajoute, à la partie supérieure, des barres de fer rond CD de section suffisante pour résister aux efforts de tension dus à la continuité. Ces barres qui sont placées comme les barres *n* de la fig. 13, entre les branches et contre les coudes des montants, possèdent en outre des bagues d'arrêt qui s'opposent au glissement longitudinal des membrures.

Au droit des encastremements, sur les appuis extrêmes, la même disposition se reproduit par l'addition des barres EF.

Les poutres du second plancher du Restaurant sont établies de cette manière ; elles sont continues. Les dernières barres EF ancrées dans les murs servent à les chaîner. Le chaînage se fait de lui-même, sans addition de barres supplémentaires, par la disposition de ce système d'armatures qui n'offrent aucune solution de continuité. La membrure inférieure court le long des poutres d'un mur à l'autre ; au droit des

appuis intermédiaires où se trouvent les joints de barres de grandes longueurs, les barres supérieures CD interviennent pour supporter les efforts de tension qui leur sont transmis par les montants et forment ainsi couvre-joints des membrures inférieures.

### CALCUL DES PLANCHERS

Voyons maintenant, comment ont été calculés ces planchers.

#### a. — Calcul du hourdis.

*Nombre de fers.* — Le hourdis est supporté par des solives dont l'écartement d'axe en axe est  $l$  (fig. 21).

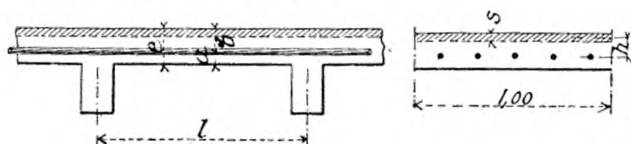


Fig. 21.

On se donne l'épaisseur  $e$  du hourdis, en rapport avec les charges qu'il doit supporter et les conditions de sonorité et d'isolement prescrites.

Le hourdis est armé par des fers ronds dont il s'agit de déterminer la section nécessaire. Pour que la protection du fer par le ciment soit efficace, il faut que le fer soit recouvert d'une couche d'environ 20 millimètres de ciment. On peut donc se donner la distance  $a$  de l'axe du fer au-dessous du hourdis ; d'où l'on en déduit la distance

$$b = e - a.$$

Considérons une largeur de hourdis égale à 1 mètre.

Soient :

$p$  le poids propre du hourdis par mètre  $= 2500 \times e$  ;

$p'$  la surcharge par mètre carré de hourdis ;

$P = p + p'$  la charge totale par mètre carré.

Lorsque le hourdis est supporté par plusieurs solives, les parties comprises entre ces solives forment les travées d'une poutre continue.

Cette continuité engendre au droit des appuis des *moments négatifs* et diminue les *moments positifs* au milieu des travées.

On prend comme *moment positif maximum* la valeur

$$M = \frac{Pl^2}{10}.$$

Soient :

$s$  l'épaisseur de hourdis formant la membrure supérieure;

$R$  le coefficient de travail admissible pour le béton.

L'effort dans les membrures est donné par la formule

$$F = \frac{M}{h},$$

$h$  étant la distance de l'axe des fers à la fibre neutre et  $F$  la force de tension; or ici on a

$$F = Rs,$$

$$h = b - \frac{s}{2};$$

car la fibre neutre est aussi la fibre moyenne, par suite

$$Rs = \frac{M}{b - \frac{s}{2}},$$

ou, en tirant la valeur de  $s$  de cette équation,

$$s^2 - 2bs + \frac{2M}{R} = 0$$

et

$$s = b - \sqrt{b^2 - \frac{2M}{R}}.$$

Le coefficient de travail du béton à la compression est

$$R = 250\,000 \text{ kilogrammes par mètre carré.}$$

Si l'on prend le centimètre pour unité, on a

$$s = b - \sqrt{b^2 - \frac{2M}{25}},$$

$M$  étant exprimé en kilogrammètres.

La valeur de  $s$  ne sera réelle qu'autant que l'on aura

$$b^2 > \frac{2M}{25}.$$

Cette inégalité sert d'avance à déterminer l'épaisseur minimum du hourdis.

L'effort de compression sur une largeur de 1 mètre de hourdis est :

$$100s \times 25 = 2\,500 \left( b - \sqrt{b^2 - \frac{2M}{25}} \right),$$

Le coefficient de travail du fer étant de 10 kilogrammes par millimètre carré, la section  $s'$  du fer nécessaire pour la membrure inférieure est, en millimètres carrés,

$$s' = 250 \left( b - \sqrt{b^2 - \frac{2M}{25}} \right).$$

On prend donc par mètre de largeur de hourdis un certain nombre  $n'$  de fers ronds dont la section soit égale à  $\frac{s'}{n'}$ .

*Montants.* — L'effort de cisaillement des montants est donné par la formule.

$$F = \frac{\mu_n - \mu_{n-1}}{h},$$

dans laquelle, on a désigné par :

$F$  l'effort de cisaillement ;

$\left. \begin{array}{l} \mu_n \\ \mu_{n-1} \end{array} \right\}$  les moments fléchissants autour du montant considéré ;

$h$  la hauteur du montant.

On a tout avantage à employer des montants de section constante et à les espacer inégalement de manière que leur effort de cisaillement soit constant.

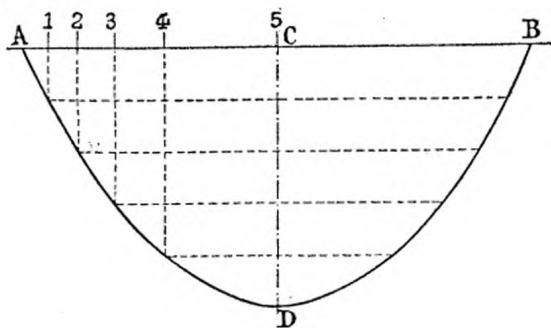


Fig. 22.

A cet effet, on trace sur la portée  $l = AB$  (fig. 22) la parabole représentative des moments fléchissants produits par la charge uniformément répartie et ayant pour flèche :

$$CD = \frac{Pl^2}{8}.$$

On divise cette flèche en un certain nombre de parties égales et par chacun des points de division on mène des parallèles à la droite AB. Les montants se trouveront sur les verticales des points d'intersection de ces parallèles avec la parabole.

On a, en effet, dans ce cas

$$\mu_n - \mu_{n-1} = \frac{M}{n} = \text{constante},$$

M étant le noment maximum et égal à :

$$\frac{Pl^2}{8};$$

l'effort de cisaillement des montants par mètre de largeur de hourdis est donc

$$F = \frac{M}{n \left( b - \frac{s}{2} \right)},$$

car ici

$$h = b - \frac{s}{2}.$$

D'après la disposition des hourdis, si par mètre on a  $n'$  barres de fers ronds, on a  $\frac{n'}{2}$  montants.

L'effort de cisaillement pour chacun d'eux est

$$F = \frac{2 M}{n n' \left( b - \frac{s}{2} \right)}.$$

En pratique, les écartements des montants vers le centre du hourdis sont un peu réduits afin d'augmenter la liaison des deux membrures et afin qu'ils puissent résister aux efforts qui s'y produisent dans le cas de dissymétrie des charges.

*b. — Poutres.*

Une fois le hourdis calculé, on passe à l'étude des poutres.

*Membrures.* — Soit (fig. 23)  $l$  la largeur de la poutre; la membrure supérieure est constituée par une épaisseur du hourdis qui s'étend de part et d'autre; soit  $d$  la largeur du hourdis correspondant à la poutre

considérée et égale à la demi-somme de ses écartements avec les poutres voisines. Les charges auxquelles elle se trouve soumise sont les suivantes :

Poids de la largeur  $d$  de hourdis ;

Surcharge uniformément répartie sur cette largeur ;

Poids propre de la poutre.

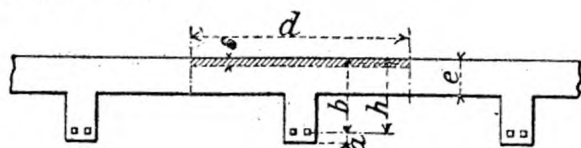


Fig. 23.

Soient  $P'$  la somme de ces charges et  $M$  le moment maximum correspondant. La valeur de ce moment dépend de la liaison des appuis suivant que la poutre est libre, encastrée ou continue. Dans tous les cas, elle est facile à calculer par la Statique.

On se donne les dimensions  $a$  et  $b$ . Si  $s$  est l'épaisseur de la membrure supérieure et  $R$  le coefficient de travail du béton, on a

$$Rsd = \frac{M}{b - \frac{s}{2}}$$

et, en résolvant par rapport à  $s$ ,

$$s = b - \sqrt{b^2 - \frac{8M}{Rd}}.$$

Posons  $R = 25$  et exprimons toutes les longueurs en centimètres.

On a :

$$s = b - \sqrt{b^2 - \frac{200M}{25 \times d}} = b - \sqrt{b^2 - \frac{8M}{d}}.$$

Pour que  $s$  soit réel, il faut que l'on ait

$$b^2 > \frac{8M}{d}.$$

Il faut en outre que l'on ait

$$s < e.$$

Dans le cas où ces deux inégalités ne sont pas satisfaites, on augmente la valeur de  $b$  et l'on recommence les calculs.

L'effort de compression correspondant à l'épaisseur  $s$  est alors :

$$25sd = 25d \left( b - \sqrt{b^2 - \frac{8M}{d}} \right);$$

avec un coefficient de travail de 10 kilogrammes par millimètre carré, la section du fer dans la membrure inférieure sera donnée par l'équation :

$$s' = 2,5 d \left( b' - \sqrt{b'^2 - \frac{8M}{d}} \right).$$

Dans cette formule les longueurs sont exprimées en centimètres,  $M$  en kilogrammètres et  $s'$  en millimètres carrés.

*Montants.* — Pour calculer les montants des poutres on emploie la même formule que pour calculer ceux du hourdis.

On a

$$F = \frac{M}{n n' \left( b - \frac{s}{2} \right)},$$

$n$  étant le nombre de divisions des montants ;

$n'$  le nombre de barres de fer rond composant la membrure inférieure.

On emploie le tracé graphique indiqué plus haut pour la détermination de la position des montants.

#### 4° Le béton armé.

Le système de constructions en ciment armé que nous allons décrire a reçu de très nombreuses applications à l'Exposition Universelle de 1900. Citons, entre autres, le grand et le petit Palais des Beaux-Arts, la grande salle des Fêtes, le Palais des Lettres, Sciences et Arts, le Palais du Costume, la couverture du chemin de fer des Moulineaux, et un grand nombre d'autres palais et pavillons.

L'inventeur de ce système, M. Hennebique, a fait aussi de nombreux travaux tant dans Paris qu'en province et surtout à l'étranger.

Il convient d'entrer dans quelques détails au sujet de ce procédé de construction qui s'applique non seulement aux poutres et piliers, mais aussi aux voûtes, aux escaliers et aux diverses charpentes.

##### a. — POUTRES.

*Composition des poutres.* — On sait que, dans la poutre posée sur deux appuis, toute section transversale rencontre un couple de forces opposées, pivotant sur un axe neutre (fig. 24, p. 62). Ces forces sont en équilibre.

Pour faire un bon emploi de la matière, il faut grouper ces forces aussi loin que possible de l'une des fibres neutres (fig. 23).

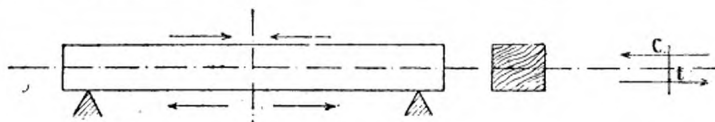


Fig. 24.



Fig. 25.

Abstraction faite de la matière, le couple des résistances peut être formé de sections dissymétriques (fig. 26). Ainsi, avec du bois et du

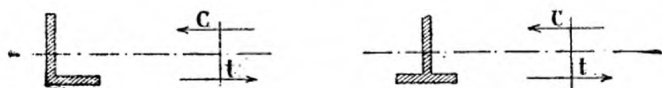


Fig. 26

fer, on a composé des poutres dissymétriques, dont les résistances opposées étaient attribuées à chacune des deux matières (fig. 27).

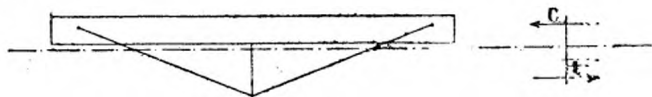


Fig. 27.

Il était donc logique de faire la poutre en béton et fer (fig. 28).

La poutre *Hennebique* est formée par un prisme de béton à base rectangulaire ou carrée, en mortier de ciment.

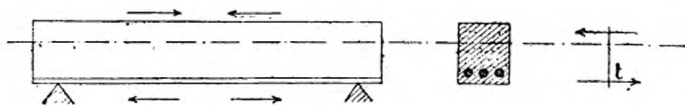


Fig. 28.

A la partie inférieure sont logées deux ou plusieurs, mais toujours un nombre pair de *barres de fer* ou d'acier. Ces *barres* forment la *corde des tractions* (fig. 29).

Comme on ne peut réserver au béton seul l'office d'âme pouvant relier indissolublement les deux cordes des résistances, constituées de matières si différentes, M. Hennebique applique à son système une

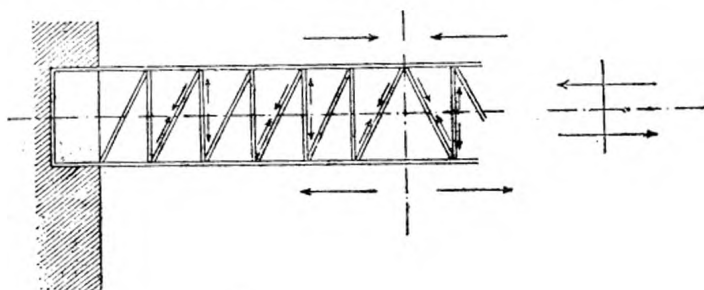


Fig. 29.

série d'*étriers* en fer feuillard, reliant les barres avec la partie supérieure du béton. Ces étriers sont destinés à résister aux efforts tranchants verticaux; ils complètent la poutre et en forment la troisième partie constitutive : l'*âme*.

Sans ces étriers (fig. 30), l'effort tranchant qui, dans une section telle que AA, tend à faire glisser l'une sur l'autre les deux parties voi-

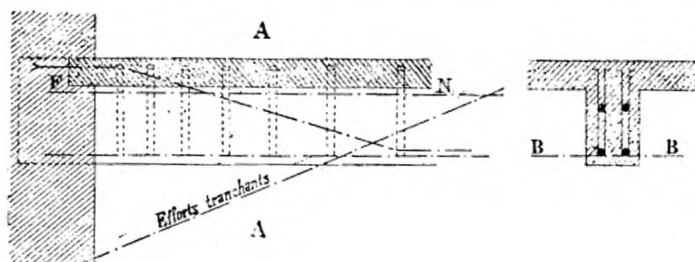


Fig. 30.

sines de la poutre, amènerait une rupture du béton sensiblement suivant BB. Les barres, non retenues, glisseraient contre le béton sans le solliciter et la résistance de la poutre disparaîtrait.

De plus, comme l'effort tranchant varie depuis les appuis jusqu'au milieu de la poutre, on fait aussi varier les *étriers*, on en augmente le nombre et la section en s'approchant de l'appui, de façon qu'en chaque point de la poutre la direction naturelle de l'effort tranchant rencontre une section d'étrier.

L'inventeur a apporté à son système un nouveau perfectionnement en adjoignant aux barres horizontales, disposées parallèlement au parement inférieur de la poutre, d'autres *barres incurvées* (fig. 30) disposées dans le même plan vertical.

La section des barres horizontales est calculée pour le point de la poutre où se développe le maximum de l'effort de traction. Si on les conserve toutes horizontales et placées dans le bas de la poutre, on a, au fur et à mesure que l'on s'avance vers l'appui, une surabondance de fer qui ne s'explique pas et augmente le prix de revient. Pour obtenir pratiquement la forme de la poutre telle qu'elle est indiquée par la théorie, c'est une section de fer formant solide d'égale résistance qu'il y aurait lieu d'employer. C'est pour se rapprocher le plus possible de ce résultat que M. Hennebique a adopté les *barres incurvées*.

On laisse au milieu de la partie de la poutre et dans la partie inférieure toute la section de fer calculée pour le maximum de l'effort fléchissant et, en allant vers les appuis, on relève la moitié des barres, pour qu'elles viennent former sur les appuis des consoles résistant à l'encastrement. Ces barres sont relevées en suivant sensiblement la direction de la courbe des efforts fléchissants et forment, avec les barres horizontales et les étriers, des triangles indéformables, dont la résistance à l'effort tranchant croît en même temps que l'effort lui-même.

La disposition de ces barres permet d'appliquer à ces poutres la formule de demi-encastrement  $\frac{Pl'}{10}$ .

Voyons maintenant quel est le rôle de l'adhérence du béton au fer. Cette adhérence, quoique très grande, n'est pas absolument nécessaire; son influence n'est pas indispensable pour la résistance des poutres que nous venons de décrire.

Soit, en effet, une poutre posée sur deux appuis (fig. 31). Considérons les lignes des forces longitudinales et parallèles en A avant la charge, en B après la charge. La ligne de traction  $tt$  a dû s'allonger; les deux extrémités sont restées en place mais elle s'est courbée et forme une courbe parabolique plus longue que la ligne droite primitive. C'est le travail moléculaire d'allongement qui a rencontré et équilibré le travail de traction dû à la charge.

La ligne des fibres neutres FN ne s'est ni allongée ni raccourcie; elle forme, comme CC et  $tt$ , une courbe parabolique, puisqu'elle est restée

parallèle à ces deux lignes. Ni tirée, ni comprimée, cette ligne des fibres neutres ne fournit donc aucune résistance longitudinale.

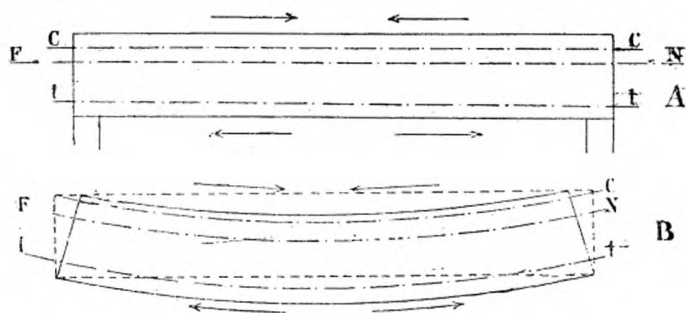


Fig. 31.

La ligne de compression CC a dû se raccourcir; ses extrémités s'étant rapprochées :

1° De la différence sur l'abscisse entre la courbe parabolique qu'elle est actuellement et la droite qu'elle était avant. Cette différence  $a'b$  (fig. 32) est égale à celle  $a'b'$  sur l'axe des FN;

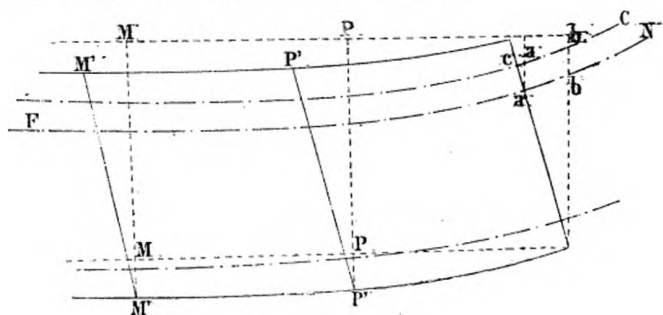


Fig. 32.

2° Du supplément de longueur  $ca$  de la ligne  $cab$  sur  $a'b'$  dû à la compression. C'est le travail moléculaire du raccourcissement de cette ligne  $Cc$  qui a équilibré le travail de compression dû à la charge.

En plus de ces efforts longitudinaux, les efforts tranchants ont fait glisser successivement les sections transversales de la poutre, les résistances moléculaires développées dans ce mouvement ont équilibré ces efforts.

Si l'on marque à des distances quelconques deux lignes verticales MM, PP, faisant des angles droits avec les horizontales de la poutre,

on retrouve après flexion les points inférieurs de ces lignes abaissées sur leurs ordonnées respectives.  $M'$  (fig. 32) sera plus bas que  $P'$ ; ces deux lignes se sont inclinées vers le centre, la ligne supérieure  $M'P'$  étant plus courte que la ligne inférieure. Le rectangle  $MMPP$ , parfait avant la flexion, est devenu un polygone  $M'M'P'P'$  dont aucun des angles n'est ni droit ni égal à un autre. Il y a eu déplacement des quatre lignes limitant la figure, en même temps que déformation des lignes horizontales, devenues courbes.

Ces déformations ne se sont opérées qu'en comprimant le béton qui forme la ligne  $CC$ , en allongeant le fer qui forme la ligne  $tt$  et en faisant tourner toutes les lignes autour des sommets des angles.

Ce dernier mouvement, comme le premier, n'a pu s'obtenir que par un travail moléculaire de compression du béton, puisque celui-ci est compact entre les barres et les étriers.

Dans aucun de ces mouvements, l'adhérence du béton au fer n'entre en jeu. La traction des barres qui prend naissance et est maximum sur l'axe de portée de la poutre, ne met en action, en chaque point, que la résistance moléculaire du fer. Les frottements, déterminés par les déformations des angles, annihilent ces tractions et les empêchent de se transmettre, comme dans la poutre en bois armée de tirants.

#### b. — PLANCHERS.

La poutre dont nous venons de parler se prête à toutes les formes. Dans un plancher, il y a : d'abord la *poutre maîtresse* A (fig. 33 b), armée de plusieurs fers pouvant porter de 5 000 à 10 000 kilogrammes par mètre courant.

Ensuite, les *poutres secondaires* B (fig. 33 b), reliant les poutres maîtresses, armées de deux ou quatre fers portant de 2 000 à 5 000 kilogrammes par mètre courant.

Enfin, le *hourdis* C (fig. 33 b), véritable poutre plate, lui aussi, pouvant supporter de 200 à 3 000 kilogrammes par mètre carré.

Le hourdis est constitué comme la poutre, sa partie supérieure travaille à la compression et sa partie inférieure à la traction; il est armé de petits fers calculés pour l'effort qu'ils doivent supporter, munis de leurs étriers tout comme les gros fers.

Les hourdis sans poutres constituent de véritables planchers complets pouvant couvrir des espaces largement suffisants pour les salles et salons d'habitation; les planchers avec poutres apparentes sont le plus

souvent construits pour les édifices publics et les bâtiments industriels,

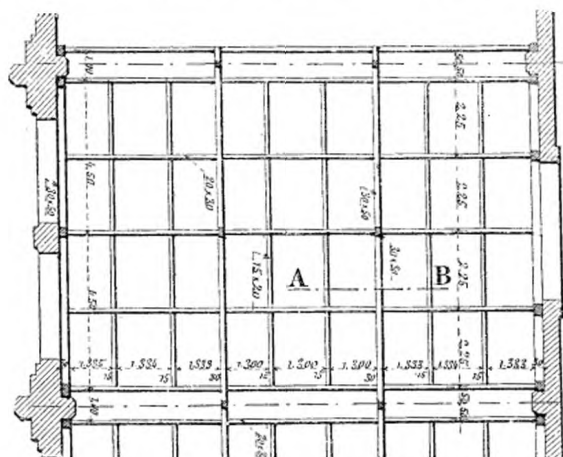


Fig. 33 a. Plan.

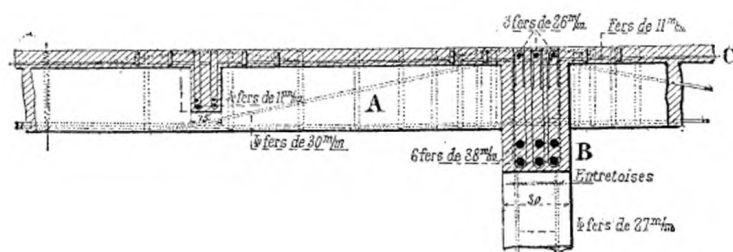


Fig. 33 b. — Coupe suivant A B.

où il faut couvrir de grandes portées sans points d'appui et soutenir des surcharges considérables.

### c. — PILIERS.

Les piliers sont constitués de façon à répondre dans chaque cas à la nécessité, par leur section variable et les formes que l'on peut leur donner.

L'armature se compose de fers verticaux F (fig. 34) noyés dans l'épaisseur de la masse de béton A. Ces fers sont mis en nombre suffisant pour former la section totale du fer déterminée par les calculs. Ils sont reliés, de distance en distance, généralement tous les 0<sup>m</sup>,50 de hauteur, par des séries d'entretoises poinçonnées E.

Le fer, ainsi placé, est moulé strictement dans le béton. Pour que

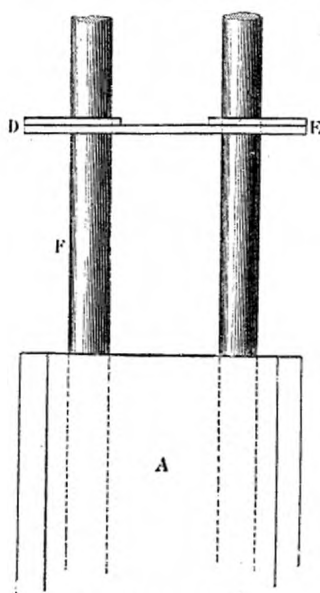


Fig. 34 a. — Élévation.

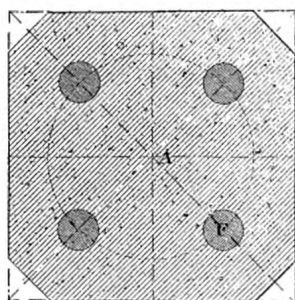


Fig. 34 b. — Plan.

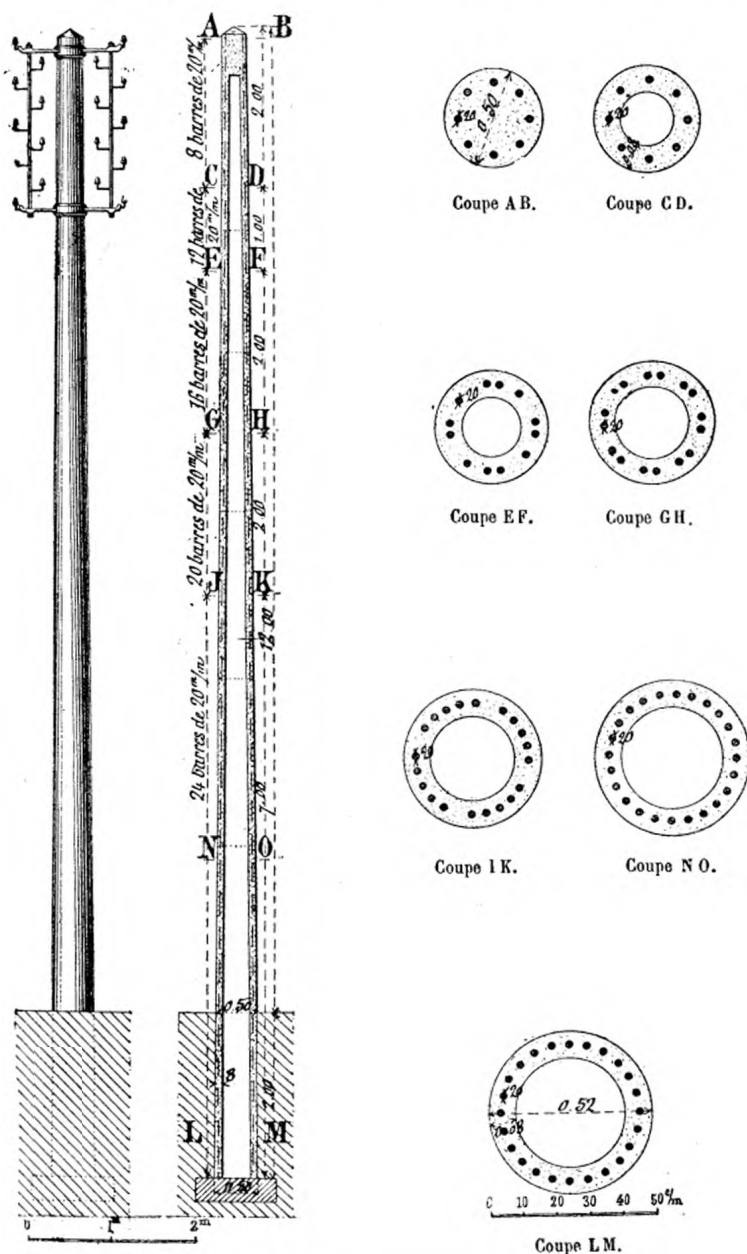
Nous donnons (fig. 34 bis) des modèles de poteaux pour transmission électrique.

les barres de fer puissent se raccourcir, sous la charge, il faudrait que le béton les englobant s'écartât et se dilatât pour laisser libre l'extension latérale du fer. Or, cela n'est pas possible. Plus le béton est chargé, moins ses molécules peuvent se déplacer latéralement et plus, par conséquent, elles compriment énergiquement le fer et lui communiquent un excès de rigidité. Le raccourcissement des barres de fer n'est donc pas à craindre. Des colonnes chargées de 200 à 800 tonnes, avec des sections de béton portant à peine le 1/5 de la charge totale, ne sont affaiblies en aucune manière par les trépidations des machines et de leurs transmissions fixées sur elles.

Les entretoises, posées comme nous l'avons dit, à 0<sup>m</sup>,50 ont, dans leur section minimum DE, une résistance qui représente le 1/5 de la charge que doit supporter la barre de fer avec ces entretoises. On n'a pas besoin de compter sur la résistance du béton si la section des barres est suffisante; dans le cas contraire le béton les empêchera de flamber entre deux batteries d'entretoises.

#### d. — CALCUL DES HOURDIS, POUTRES, SOLIVES ET PILES FORMANT POINTS D'APPUIS.

Considérons (fig. 35, p. 70) un plancher formé par les poutres P et le hourdis H.



Nous allons établir séparément les formules générales qui vont nous permettre de déterminer les divers éléments qui le composent.

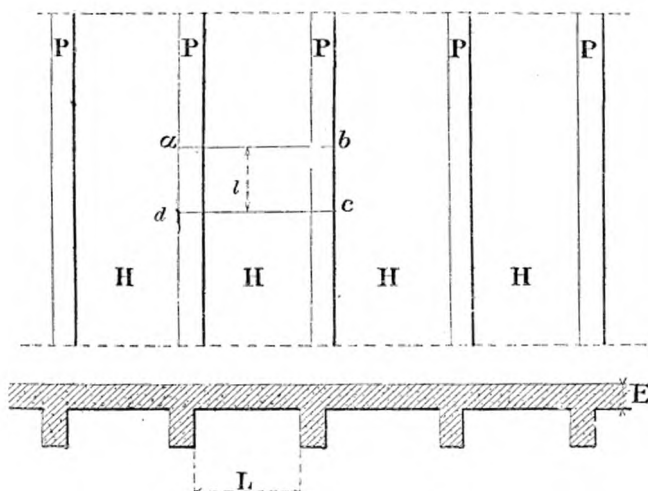


Fig. 35.

### 1° Hourdis.

Prenons dans le hourdis une tranche  $abcd$  (fig. 35).

Soient :

$E$  l'épaisseur ;

$L$  la portée ;

$l$  la largeur ;

$R'$  le coefficient de résistance du béton à la compression par centimètre carré.

On a

$$R' = 25^{\text{kg}} \times 10^4.$$

Appelons  $R$  le coefficient de résistance du fer à la traction par millimètre carré, on a

$$R = 10^{\text{kg}} \times 10^6.$$

Soient :

$p$  le poids du hourdis par mètre courant ;

$p'$  le poids de la surcharge uniformément répartie par mètre courant ; on a pour moment fléchissant maximum

$$M = \frac{(p + p')L^2}{8}.$$

Ce moment de flexion se décompose (fig. 36) en un couple de forces horizontales et parallèles  $c$  et  $t$  pivotant autour du point  $o$  de l'axe des fibres neutres.

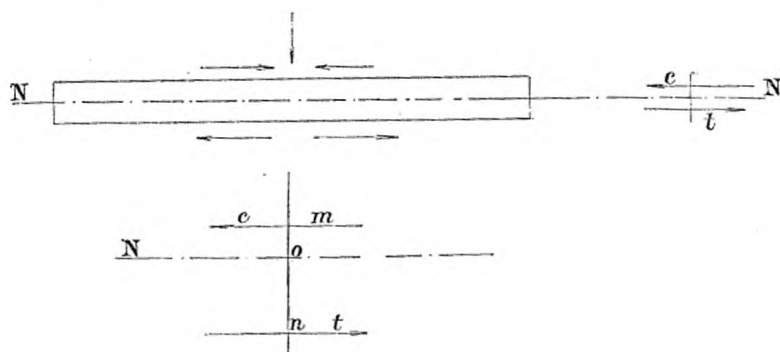


Fig. 36.

Avec des sections dissymétriques, les distances des points  $m$  et  $n$  au point  $o$  sont différentes, mais au moment de l'équilibre on a toujours :

$$c \times mo = t \times no ;$$

or

$$M = c \times mo + t \times no = 2c \times mo,$$

d'où

$$c \times mo = t \times no = \frac{M}{2}.$$

*Épaisseur du béton.* — Si  $2H$  (fig. 37) est l'épaisseur du béton travaillant à la compression au moment de l'équilibre, sous l'action de la charge occasionnée par les poids  $p$  et  $p'$ , la ligne  $FN$  sera l'axe des fibres neutres puisqu'elle délimite la zone comprimée de celle qui ne reçoit que des efforts de traction.

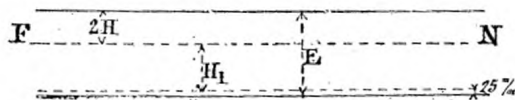


Fig. 37.

Dans la partie de hourdis considérée, la surface du béton travaillant à la compression est

$$l \times 2H.$$

Son moment par rapport à l'axe neutre est

$$l \times 2H \times H$$

et son moment résistant, par rapport au même axe, est

$$l \times 2H \times H \times R' = \frac{M}{2}.$$

D'où l'on tire

$$2H = \sqrt{\frac{M}{l \times R'}}.$$

On prend généralement  $l = 1^m, 00$ , d'où

$$2H = \sqrt{\frac{M}{25 \times 100}}.$$

*Section des fers.* — Connaissant la valeur de  $2H$ , on détermine facilement la section des fers.

On se donne, suivant les cas, l'épaisseur totale du hourdis  $E$ . L'axe des fers est placé à 25 millimètres du parement inférieur du hourdis.

Si  $H_1$  représente la distance des fibres neutres à l'axe des fers, on a

$$H_1 = E - (2H + 25^{mm}).$$

Le moment de la section  $S$  des fers par rapport à l'axe neutre est

$$H_1 \times S.$$

Son moment résistant est

$$H_1 \times S \times R = \frac{M}{2},$$

d'où l'on tire

$$S = \frac{M}{2H_1 \times R}.$$

Cette section des fers est ensuite divisée en un nombre variable de barres uniformément réparties dans le hourdis.

## 2° Calcul de la poutre.

On considère avec la poutre les deux demi-travées du hourdis y attenant, faisant corps avec elle et travaillant à la compression.

Soient:

$p$  le poids de la poutre et du hourdis par mètre courant;

$p'$  le poids de la surcharge uniformément répartie par mètre courant;

$L$  la portée de la poutre;

$l$  la largeur du hourdis intéressé;

$E$  l'épaisseur du hourdis;

$H$ , la hauteur de la poutre;

H la distance du centre de gravité (fig. 38 et 39) du hourdis à l'axe neutre.

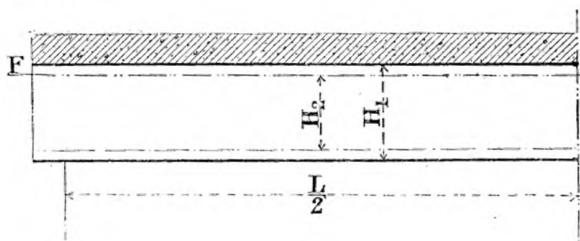


Fig. 38.

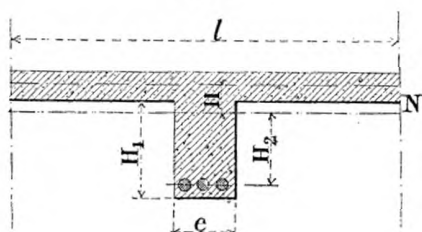


Fig. 39.

*Détermination de l'axe neutre.* — La surface du béton du hourdis travaillant à la compression est :

$$l \times E.$$

Le moment de la surface par rapport à l'axe neutre est

$$l \times E \times H$$

et son moment résistant par rapport au même axe

$$l \times E \times H R' = \frac{M}{2};$$

d'où

$$H = \frac{M}{2 \times l \times E \times R'}.$$

On ne donne jamais à H une valeur inférieure à  $\frac{E}{2} + \frac{1}{20}$  de la hauteur totale de la poutre.

Le moment de flexion M est calculé d'après les formules générales en fonction de la portée.

*Section des fers.* — Pour la section des fers, l'axe des tractions est placé à 30 millimètres au-dessus du parement inférieur de la poutre.

Si  $H_2$  (fig. 38 et 39) représente la distance du centre de gravité de la section des fers à la fibre neutre, on a pour moment de résistance du fer par rapport à cet axe

$$S \times H_2 \times R = \frac{M}{2}$$

d'où

$$S = \frac{M}{2 \times H_2 \times R}$$

*Section des étriers.* — Les efforts tranchants sont supportés moitié par les étriers et moitié par les barres incurvées.

Si  $P$  est la charge totale au milieu de la portée de la poutre, sous l'action du poids mort et de la surcharge, on aura à attribuer aux étriers ainsi qu'aux barres incurvées

$$\frac{1}{2} \times \frac{P}{2} = \frac{P}{4}.$$

$R$  étant le coefficient de résistance du fer dans les étriers, on a

$$R = 7^k \times 10^6$$

et pour la section des étriers en millimètres carrés

$$S = \frac{P}{4 \times 7}.$$

La direction de l'effort tranchant a une inclinaison variable sur la verticale.

Pour la répartition des étriers sur la longueur de la poutre, on fait à la distance de l'appui  $\frac{L}{4}$ .

$$d = H_2 + H.$$

Cette distance ira en diminuant progressivement suivant l'accroissement de l'effort tranchant vers l'appui et s'augmentera en allant vers l'axe de portée de la poutre.

### 3° Calcul des piliers.

On prend pour coefficients de résistance des matériaux employés :

Béton :

$$R' = 25^k \times 10^4.$$

Fer :

$$R = 10^k \times 10^6.$$

La section des piliers est toujours déterminée au préalable.

Soient  $P$  (fig. 40) la charge totale à supporter et  $S'$  la section du béton, sa résistance sera

$$S' \times 25^k$$

et il restera à supporter par le fer

$$P - S' \times 25^k.$$

Si  $S$  est la section du fer en millimètres carrés, on aura

$$S = \frac{P - S' \times 25^k}{10^k}.$$

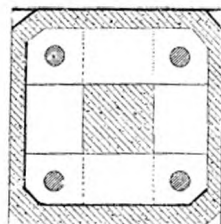


Fig. 40.

Quand les colonnes ont une grande hauteur, on leur applique la formule de Love.

#### e. — COFFRAGES.

Nous allons maintenant donner quelques explications sur la confection des coffrages pour piliers et poutres, pour les hourdis, ainsi que sur les outils employés.

Toutes les parties se montent sur place dans leur position définitive. Tout se fait simultanément par le même personnel, les mêmes matériaux et un dosage rigoureusement exact. De cette façon, l'homogénéité de l'ensemble de la construction est parfaite.

##### 1° Confection du moule pour un pilier.

La fig. 41 représente la coupe en travers du moule ; toutes les pièces, de bois, sur 3 côtés, sont laissées entières, et vont du sol jusqu'à la naissance de la poutre maîtresse. Le côté  $G$  est fermé, au fur et à mesure du moulage du pilier, par bouts de 0<sup>m</sup>,50 à 0<sup>m</sup>,60 de longueur. Les petites lattes triangulaires  $KK$  formant les chanfreins des piliers sont clouées respectivement aux pièces de bois des côtés, et servent d'arrêt pour maintenir les côtés à l'écartement voulu. Toutes les pièces de bois sont assemblées au moyen de serre-joints.

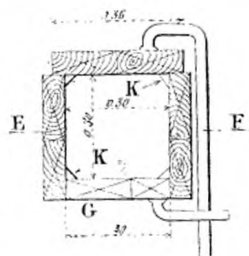


Fig. 41

Les fig. 42 et 43 représentent les détails du moule vu du dessus. Des

trous, ayant les dimensions des goussets, sont ménagés dans les montants latéraux et dans la direction des poutres maitresses.

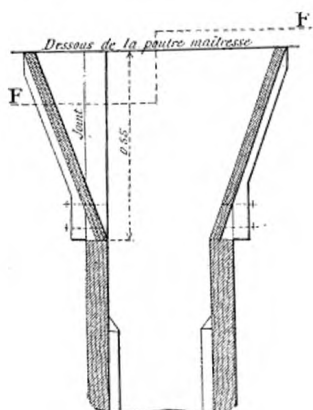


Fig. 42.

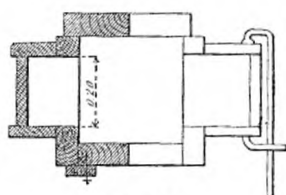


Fig. 43.

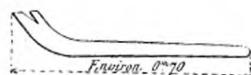


Fig. 44.

On se sert également de gros clous que l'on prend à forte tête de préférence pour pouvoir les retirer au moyen d'un levier. Ce dernier est représenté fig. 44.

## 2° Poutre maitresse.

La fig. 45 donne un fragment perspectif de l'assemblage des poutres.

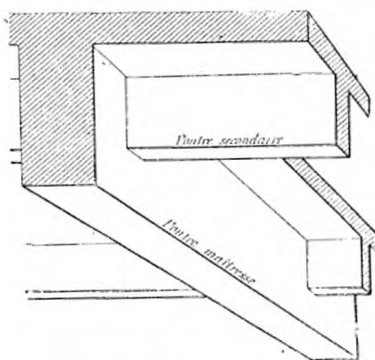


Fig. 45.

Tous les piliers étant terminés, on commence la construction des poutres.

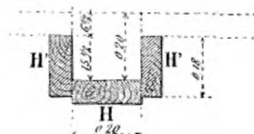


Fig. 46.

Le moule de la poutre maitresse se fait (fig. 46) jusqu'à la naissance des poutres secondaires, moins

l'épaisseur du fond du moule de ces dernières.

Le fond H est mis à la longueur exacte depuis le gousset du pilier jusqu'au mur. Les pièces H' H' ont des longueurs variables.

Les moules étant établis et mis exactement à leur place respective, on étend la couche de béton du fond ; on place les étriers et les barres

de fer suivant les détails et plans spéciaux; enfin, on remplit de béton en le pilonnant par couches successives jusqu'à la hauteur du bois.

### 3° Poutres secondaires.

Les moules de ces poutres (fig. 47 et 48) se composent d'un fond et de deux joues, reposant sur les pièces des poutres maitresses.

Des alignements au cordeau marquent, pendant tout le temps de la construction, la direction de ces poutres.

Après avoir terminé le moulage des poutres secon-

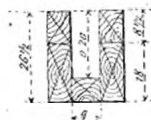


Fig. 47.

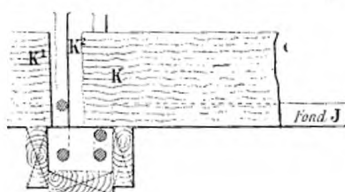


Fig. 48.

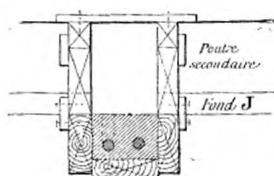


Fig. 49.

dares, on continue celui des poutres maitresses, comme il est indiqué fig. 49.

Lorsque toute la poutraison est terminée jusqu'au-dessous du hourdis, le béton ayant fait sa prise, toutes les joues des poutres sont enlevées.

Les fonds de moules et les étançons sont seuls conservés.

### 4° Hourdis.

Tous les panneaux entre poutres sont les mêmes, sauf pour des cas spéciaux. On peut donc employer les mêmes pièces de bois formant trois ou quatre panneaux de rechange.

Pour les établir, on fixe d'abord, le long des poutres secondaires, des pièces M et M' (fig. 50 et 51). On observe la hauteur de deux épaisseurs de bois qui seront les traverses O et le plancher lui-même.

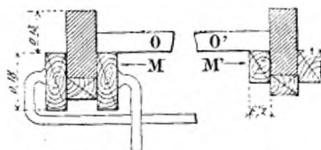


Fig. 50.

Fig. 51.

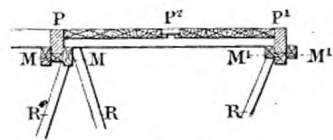


Fig. 52.

Les traverses O se mettent à 1<sup>m</sup>,50 de distance environ; elles supportent le plancher.

On commence à placer ce dernier le long des deux poutres secondaires P P' (fig. 52). Arrivé au milieu de la portée en P<sup>2</sup>, on met une planche posée sur cales ayant les champs biaisés ; ce dispositif a pour but de faciliter le décintrément et d'empêcher le coinçage des bois dû à l'humidité.

Des étançons R sont placés sous les pièces M, M' et O pour éviter des affaissements au moment du damage.

Le décintrage du hourdis ne se fait que trois ou quatre jours après le moulage et alors seulement que l'on a eu bien soin de constater que le béton est suffisamment dur.

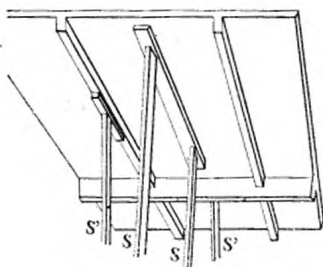


Fig. 53.

Après avoir enlevé les moules, on met, pour quelques jours, au milieu du panneau, une pièce de bois soutenue par un ou deux étançons, comme l'indique la fig. 53.

Les joints d'arrêt et de reprise du travail n'affaiblissent en aucune façon la construction des poutres et hourdis, pourvu qu'ils soient bien verticaux et solidement pilonnés, afin que le béton y soit aussi compact que dans les autres parties.

La soudure des deux parties est aussi facilitée par l'emploi du ciment pur très liquide.

#### f. — CLOISONS.

On peut aussi établir des cloisons dans le système Hennebique.

Il y a trois cas à considérer :

1° Cloisons ordinaires, chargées verticalement, telles que les cloisons des maisons d'habitation ;

2° Cloisons ayant à supporter des efforts de poussée d'un seul côté, telles que les cloisons de soutènement des terres ;

3° Cloisons ayant à supporter des charges verticales et des efforts de poussées latérales.

##### 1° Cloisons chargées verticalement.

Dans ce premier cas, on doit se préoccuper du voilement vertical, si la cloison a une hauteur assez grande. C'est le cas de prismes chargés debout (fig. 54).

On place alternativement, de chaque côté de la paroi, des fers verticaux *F*, que l'on rend solidaires du béton au moyen d'étriers. C'est, en somme, la poutre ordinaire placée verticalement.

### 2° Cloisons de soutènement.

Pour le deuxième cas, ayant la poussée des terres d'un seul côté, l'armature verticale *F* (fig. 53) se trouvera sur la paroi opposée et sera calculée pour résister en chaque point aux efforts de poussée qui se produiront sur la cloison.

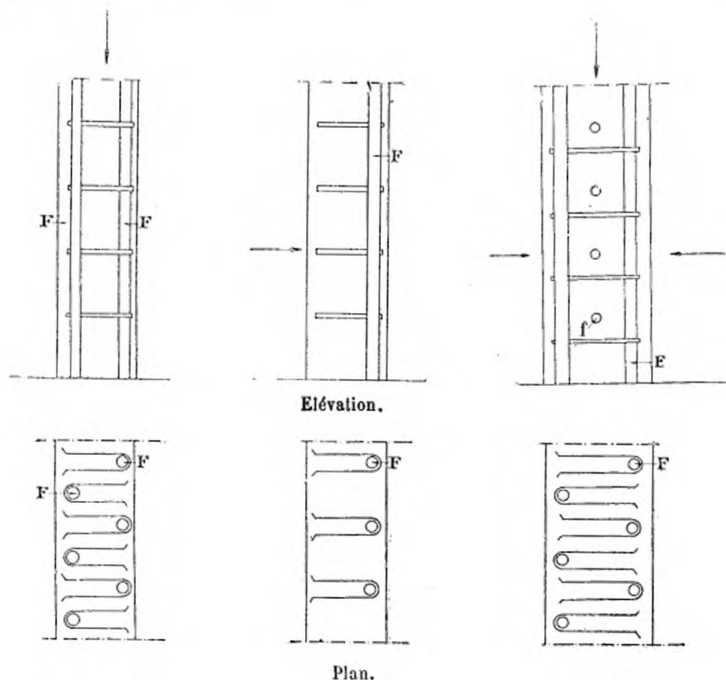


Fig. 54.

Fig. 55.

Fig. 56.

Si la cloison formant mur de soutènement des terres a une grande longueur, on la renforce de distance en distance par des nervures, sortes de poutres verticales qui soutiennent la cloison.

Si la poussée se fait alternativement d'un côté ou de l'autre, on considère chaque cas séparément, et chaque paroi est armée comme si elle devait résister seule.

### 3° Cloisons à charges verticales et à poussées latérales.

Ce cas intéressant se produit lorsque la cloison a une longueur sen-

siblement égale à la hauteur et qu'ainsi l'encastrement se fait sur les quatre côtés de la cloison.

Il y a lieu, alors, de tenir compte de ce que les efforts fléchissants peuvent aussi bien se développer horizontalement que dans le sens vertical. Par suite, les cloisons (fig. 56) sont armées dans les deux sens. On place des fers *F* verticalement avec leurs étriers et des fers *f* horizontalement, également avec des étriers.

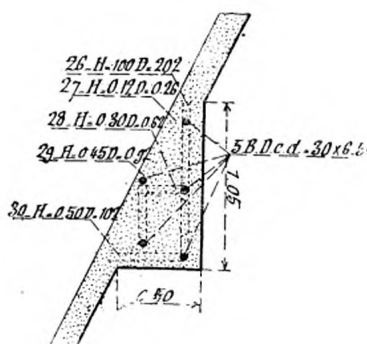
L'épaisseur des cloisons varie de 8 à 12 centimètres. On les monte entre coffrages. Une paroi du coffrage est montée dans toute sa hauteur, les fers verticaux ayant été placés au préalable ; on monte ensuite la deuxième paroi du coffrage, au fur et à mesure que le remplissage de la cloison s'exécute.

On met les barres horizontales très facilement, et on surveille parfaitement la fabrication, ce qui est on ne peut plus important.

### g. — MURS.

En associant deux cloisons du genre de celles que nous venons de décrire, entrecroisées par des ossatures de fer et de ciment, on obtient des murs légers et bien isolants.

Comme applications de ce que nous venons de dire sur les murs et cloisons, nous donnons, fig. 57, les dessins des détails d'une tour d'emménagement de charbon établie aux lavoirs de Montjean des mines de Lens. La capacité de cette tour est de 280 mètres cubes. Le réservoir, en forme de tronc de pyramide, vers le haut et vers le bas, a 8 mètres de largeur et 10 mètres de hauteur. Il est élevé à 3<sup>m</sup>,50 au-dessus du sol.



a. — Coupe de la poutre. — Section des étriers 50 X 9.

Fig. 57. — Tour d'emménagement de charbons broyés aux Mines de Lens

Les parois, de 0<sup>m</sup>,13 à 0<sup>m</sup>,10 d'épaisseur, sont armées d'un réseau de barres croisées voisin de la paroi extérieure, de façon à résister à la

pression intérieure ; les bords et la ceinture sont renforcés par de fortes barres horizontales.

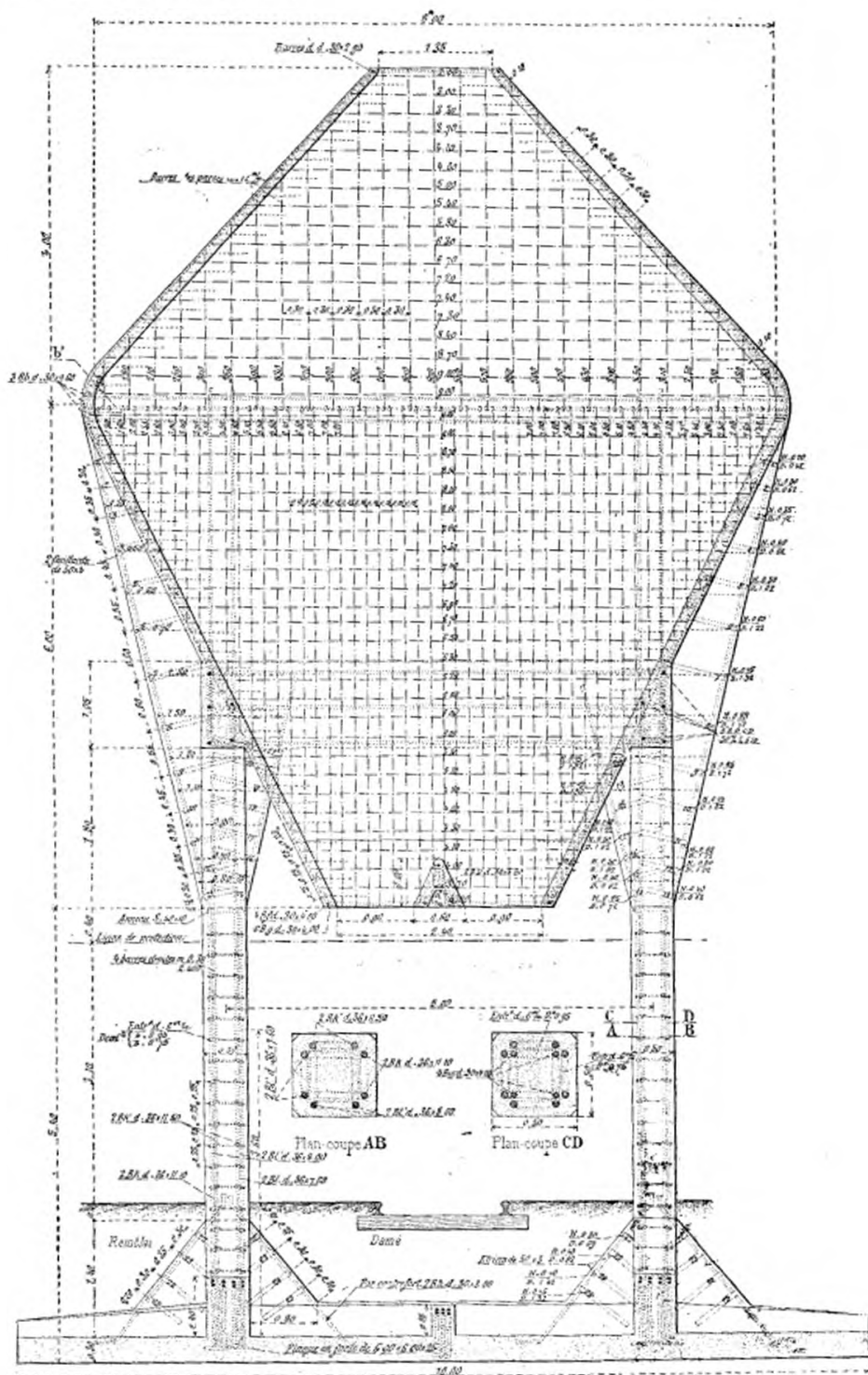


Fig. 57 b. — Détails d'une cloison et des colonnes.

Fig. 57. — Tour d'emmagasinement de charbons broyés aux Mines de Lens.



Le réservoir est garni d'une nervure horizontale de section triangulaire qui en fait le tour et repose au niveau de celle-ci sur des piliers de section carrée, reliés encore avec des parois par des contre-forts verticaux.

Les piliers sont établis sur une plaque générale de fondation qui réduit le taux de la compression du terrain à  $0^k,7$  par centimètre carré. Cette plaque, de  $0^m,30$  d'épaisseur, est garnie de poutres dans les deux sens et rattachée aux piliers par des contreforts.

Les détails de cette construction sont exposés par M. Hennebique au Palais du Génie civil au Champ de Mars. Des silos à charbon à Roubaix sont également établis d'après ce système (fig. 57 bis).

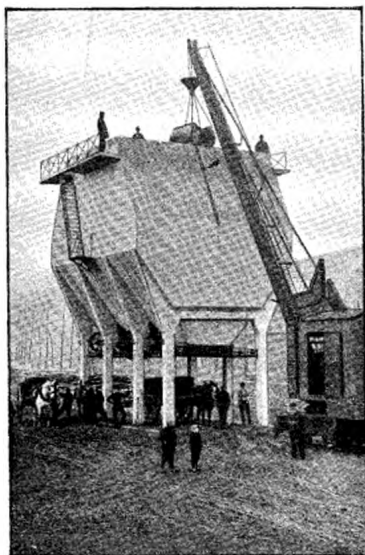


Fig. 57 bis. — Silos à charbon à Roubaix.

#### g. — COMBLES ET COUVERTURES.

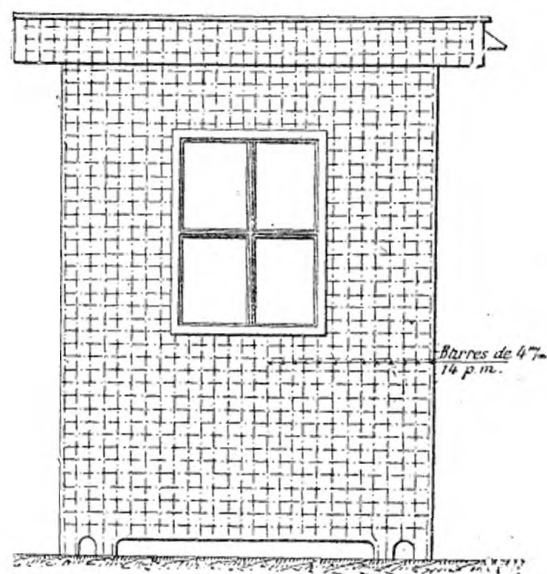
On peut aussi faire des combles avec les poutres en ciment armé. Un comble, en effet, n'est autre chose qu'un plancher incliné.

Les arbalétriers sont établis comme des poutres maitresses, et les pannes comme les poutres secondaires.

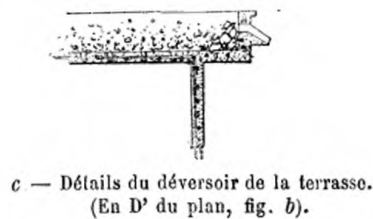
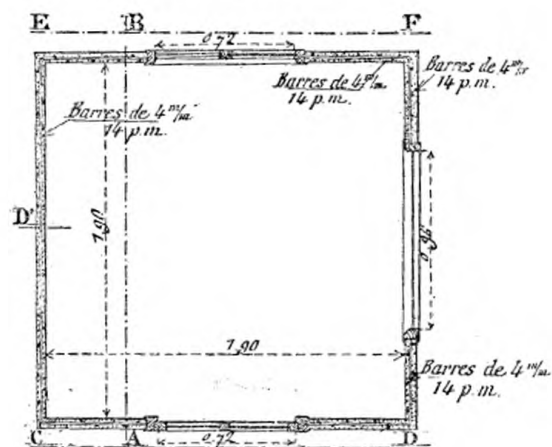
Au-dessus, on établit le hourdis, comme nous l'avons vu plus haut, et on pose ensuite les lattes qui doivent recevoir la couverture.

On peut également établir une terrasse sur le hourdis.

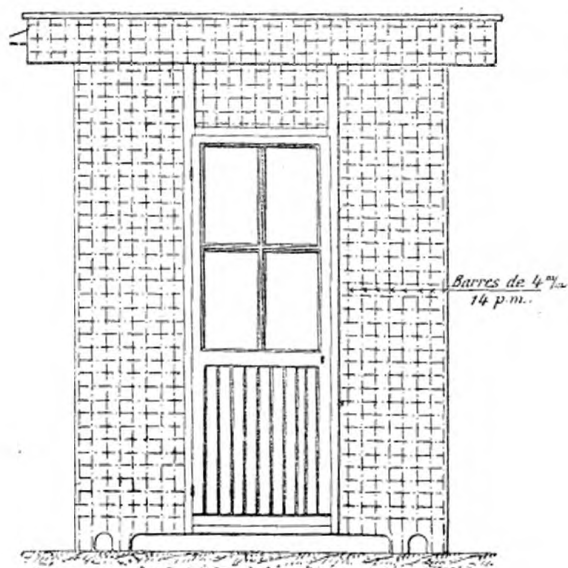
La fig. 58, p. 84 donne le détail d'une guérite de poste d'électro-sémaphore de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est. Cette guérite a comme dimensions intérieures :  $1^m,90 \times 1^m,90$  en plan et  $2^m,50$  de hauteur. Le fond et les cloisons latérales ont  $0^m,03$  d'épaisseur ; elle est couverte de gravier ou de cendres sur  $0^m,20$ . Toutes ses parois sont armées d'un treillis de barres croisées.



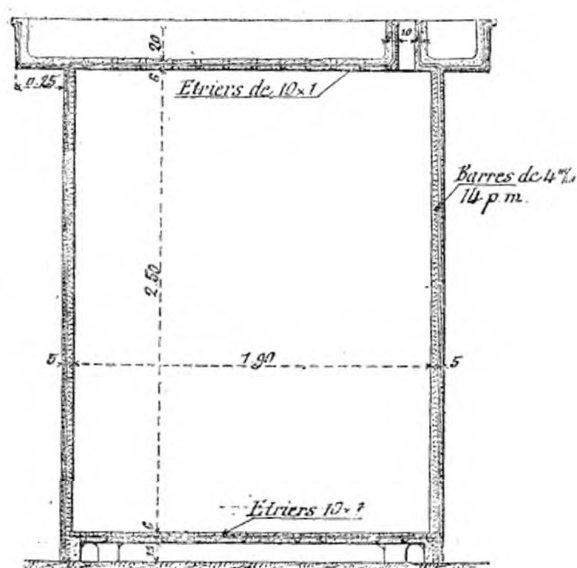
a. — Elévation suivant EF.

c — Détails du déversoir de la terrasse.  
(En D' du plan, fig. b).

b. — Plan-Coupe.



c. — Elévation suivant CD.



d. — Coupe suivant AB.

Fig. 58. — Guérite de poste d'électro-sémaphore de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est.

## i. — VOUTES.

Le système Hennebique se prête aussi à l'établissement des voûtes.

Nous donnons (fig. 59) l'ensemble d'un pont à arc surbaissé, construit à Gand, et exposé dans la section de la Belgique, Palais du Génie civil.

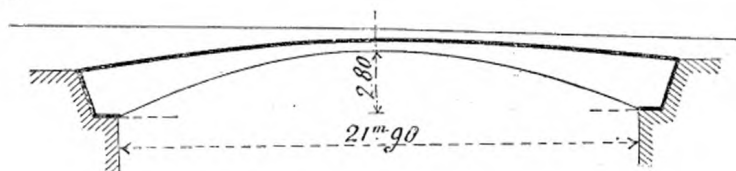


Fig. 59. — Coupe longitudinale par l'axe du pont.

L'épaisseur des arcs est de  $0^m,27$ . Leur hauteur à la clef de  $0^m,40$ , non compris le hourdis qui fait corps avec eux. Vers les naissances, la hauteur va en augmentant jusqu'à 2 mètres. Là, les arcs sont reliés par une forte semelle appliquée contre la culée qui est un fort massif en béton de ciment.

Le hourdis supérieur a  $0^m,14$  d'épaisseur et est armé de barres de fer de 14 millimètres de diamètre, espacées de  $0^m,20$ . Inférieurement, les vides entre les arcs sont masqués par un faux gitage de  $0^m,06$  d'épaisseur, toujours en béton armé. Les barres n'ont que 5 millimètres de diamètre, avec  $0^m,10$  d'écartement.

Chaque arc n'est armé que de quatre barres de fer de 40 millimètres de diamètre (fig. 60), deux vers l'intrados et deux vers l'extrados, à écartement de  $0^m,13$  d'axe en axe, dans le sens horizontal. Il reste donc 3 à 4 centimètres de maçonnerie de chaque côté et extérieurement aux barres. En hauteur, les axes se trouvent respectivement à  $0^m,10$  au-dessus de l'intrados du faux gitage, et à  $0^m,03$  sous la face inférieure du hourdis supporté par les arcs.

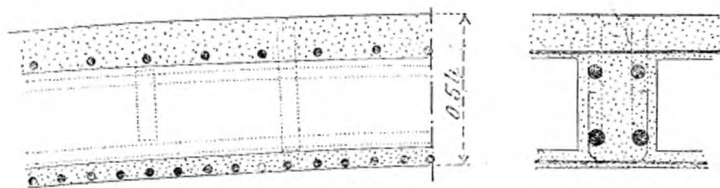


Fig. 60. — Disposition d'un arc vers la clef.

A leur extrémité, les barres sont forgées en pied de biche, de façon à être bien ancrées dans le béton ; leur liaison avec la maçonnerie est

obtenue par des étriers en fer plat de 0<sup>m</sup>,05 de largeur et de 3 millimètres d'épaisseur. Les uns entourent les barres inférieures et se relèvent jusque dans le hourdis, tandis que les autres, moins longs et moins nombreux que les premiers, sont suspendus aux barres supérieures.

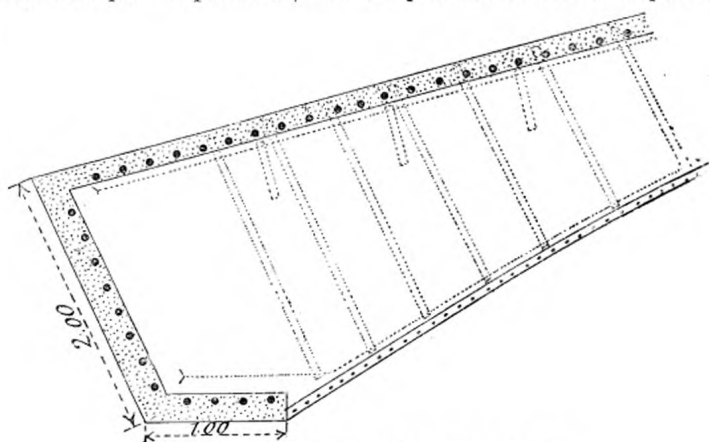


Fig. 61. — Disposition d'un arc vers la naissance

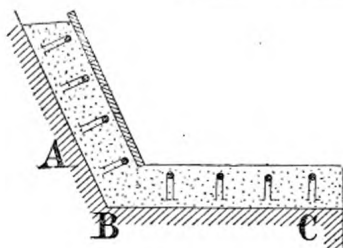


Fig. 62. — Semelle d'appui.

L'écartement des étriers, qui pénètrent dans le hourdis et assurent ainsi sa liaison avec l'arc, varie progressivement de 0<sup>m</sup>,40 à 1 mètre des naissances à la clef; ils sont représentés dans les fig. 60 et 61 par un trait ponctué.

Les semelles destinées à recevoir la retombée des arcs (fig. 62), comprennent des barres de fer de 14 millimètres, espacées de 0<sup>m</sup>,20, dans la partie BC. Elles sont munies de petits étriers de 0<sup>m</sup>,02 de largeur. L'épaisseur de la semelle est portée à 0<sup>m</sup>,20. La partie adossée à la paroi AB comprend des barres de 14 millimètres de diamètre, posées à 0<sup>m</sup>,05 de distance du parement intérieur et à intervalles de 0<sup>m</sup>,20, munies de leurs étriers. — Nous donnons (fig. 63) une vue d'ensemble du pont décrit et, fig. 63 bis, une vue du pont provisoire de la tranchée du Quai de Billy.

Comme application de voûtes, nous donnons encore (fig. 64, p. 89) le système employé au tunnel de Bussang pour l'étanchement des galeries.

La garniture en béton armé de 0<sup>m</sup>,05 d'épaisseur épouse la forme du revêtement du tunnel, en laissant libre un espace de 0<sup>m</sup>,34. Elle est

rattachée à la maçonnerie par des arcs doubleaux en briques de 0<sup>m</sup>,22

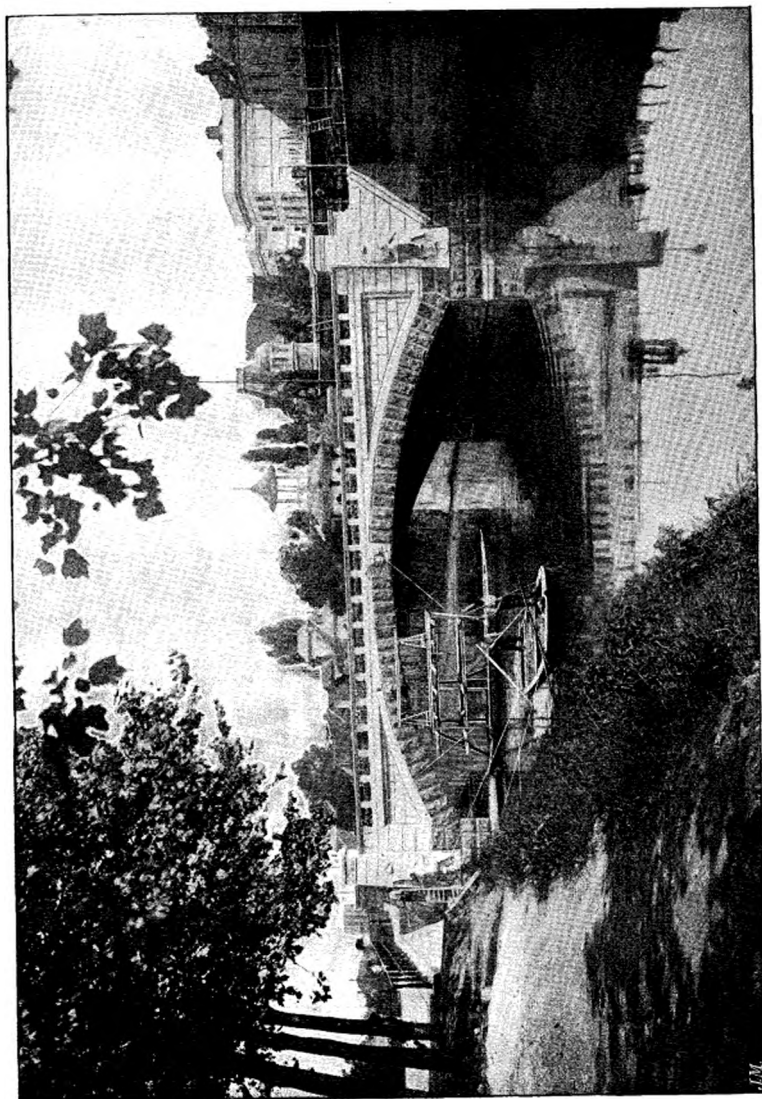


Fig. 63. — Pont biels à arc surbaissé, à Gand.

de largeur, espacés de 1<sup>m</sup>,50. Les eaux d'infiltration, qui suivent l'extrados de la voûte en béton armé, sont reçues, à la partie inférieure sur

un radier et écoulées par des décharges transversales établies de distance en distance dans les trottoirs.

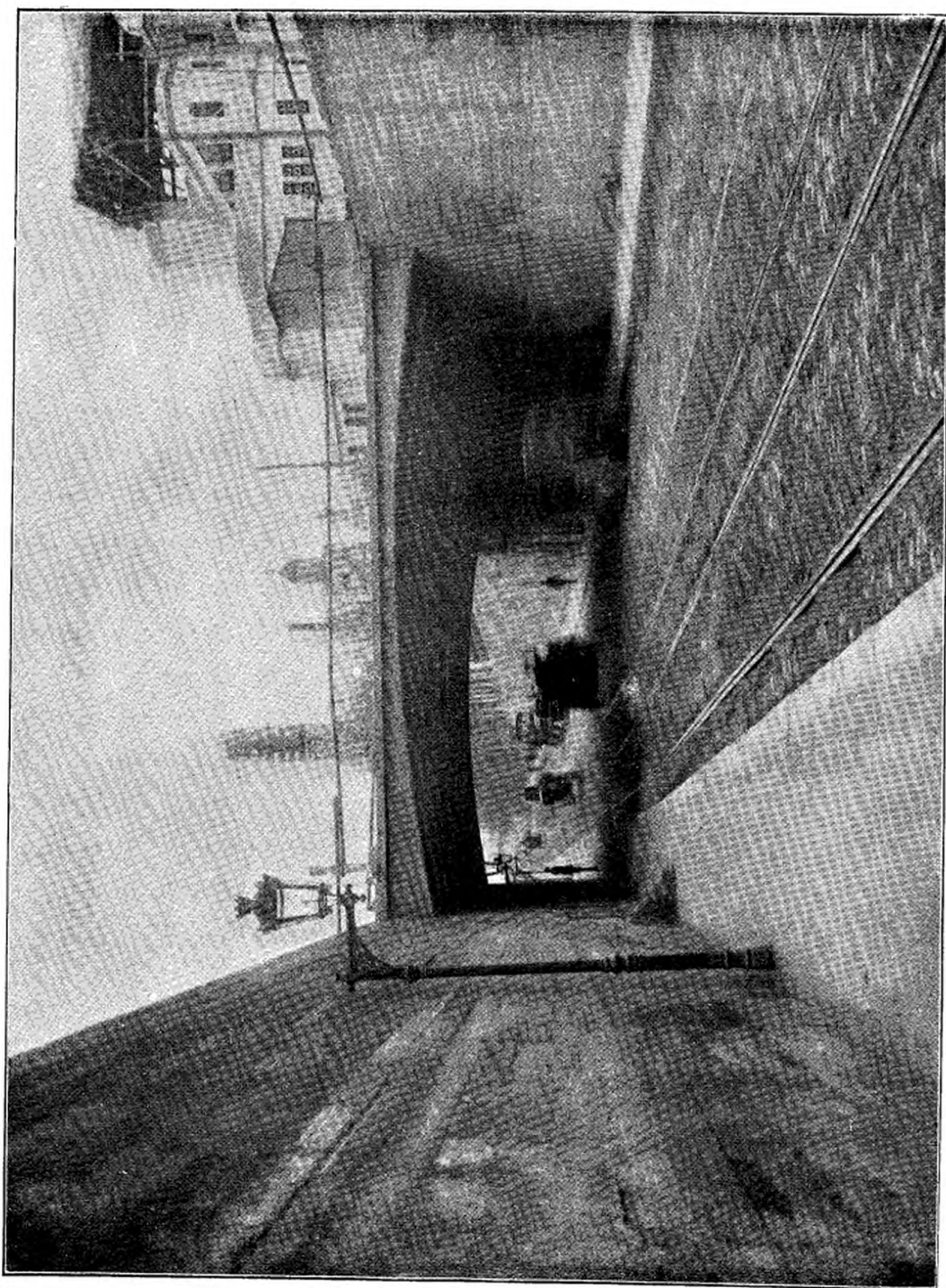
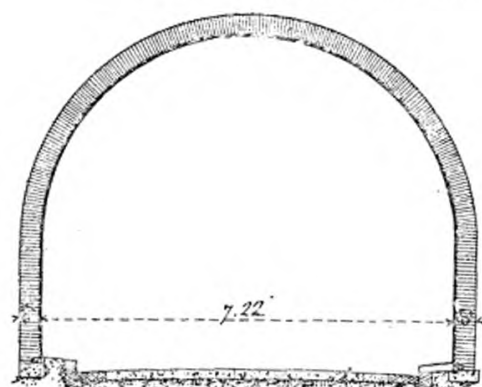
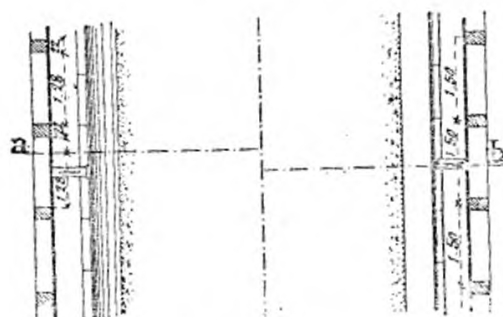


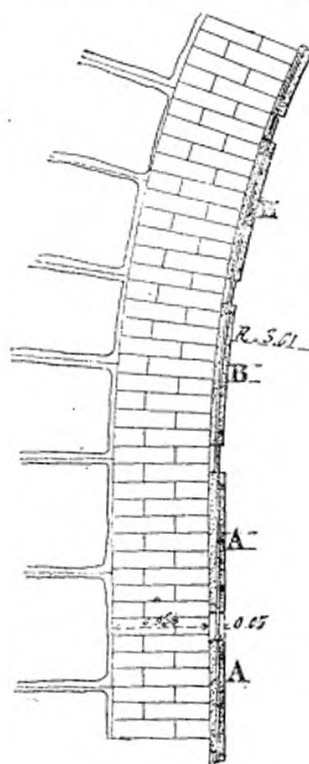
Fig. 63 bis. — Tranchée du quai de Billy. — Pont de 14 mètres de portée sur 30 mètres de largeur. — Murs de soulèvement en béton armé de 0<sup>m</sup>,40 d'épaisseur.



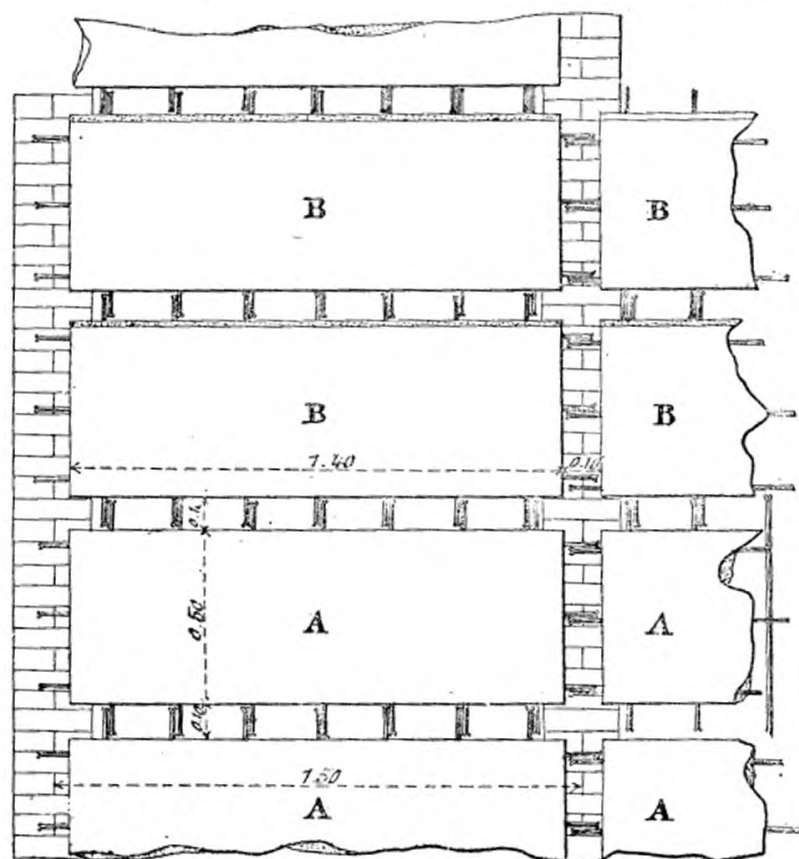
Coupe verticale suivant *ab*.



Partie du plan.



Détails  
de la Coupe transversale *ab*.



Vue longitudinale des panneaux du bas.

Fig. 64. — Garniture intérieure du Tunnel de Bussang, sur la route de Bar-le-Duc à Bâlo.

La garniture est formée d'une série de plaques de  $1^m,40 \times 0^m,50$ , moulées d'avance. Les fers d'armature font saillie sur leurs bords de  $0^m,08$  à  $0^m,09$ , de façon à se recroiser dans les joints, de  $0^m,10$  de largeur, qui sont ménagés horizontalement et verticalement entre les plaques. Ces joints sont remplis de mortier de ciment.

Pour construire la garniture, on établit des cintres, espacés de  $1^m,50$ , à l'emplacement des joints verticaux ; on pose les plaques une à une, en partant du bas, et l'on remplit les joints successivement en même temps qu'on élève les arcs doubleaux.

La clef de la voûte est formée de pièces de  $0^m,50 \times 0^m,40$  de façon que l'ouvrier puisse fermer les joints à une distance qui ne dépasse pas la longueur du bras.

### j. — CANALISATIONS.

L'exposition de la Suisse montre aussi l'application du système Hennebique aux différents types de canalisation.

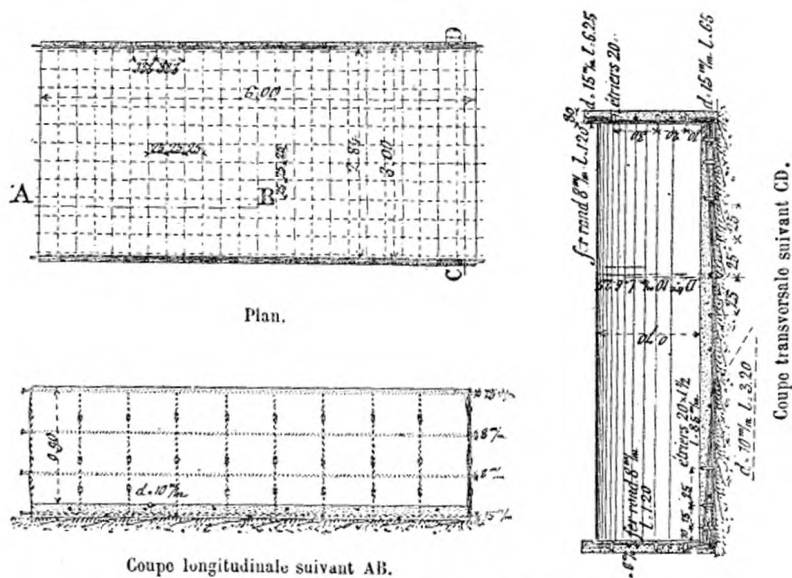


Fig. 63. — Canalisation d'Evillard. — Tronçon de  $6^m,00$  sans piliers.

La canalisation d'Evillard près de Bienné est constituée d'un canal à ciel ouvert de 3 mètres de largeur et de  $0^m,75$  de hauteur, régnant sur

une longueur de 465 mètres. Une partie est surélevée sur piliers distants de 2 mètres. Une autre partie emprunte un pont-canal (fig. 65).

Le radier est armé dans le sens transversal et dans le sens longitudinal, dans l'hypothèse d'une flexion sous la charge d'eau. Les parois verticales sont également armées dans les deux sens, comme pièces encastrées au niveau du fond et sollicitées de l'intérieur. Des barres spéciales forment le raccord aux angles. La fig. 65 bis donne une vue d'ensemble du canal.

La fig. 66 donne les détails de construction du canal d'amenée des eaux du Rhône à la tête nord du tunnel du Simplon.

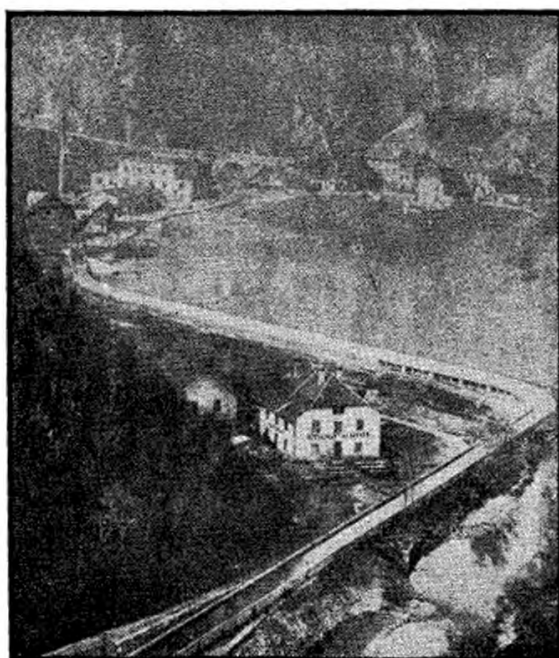


Fig. 65 bis. — Canalisation d'Evilard (Suisse).

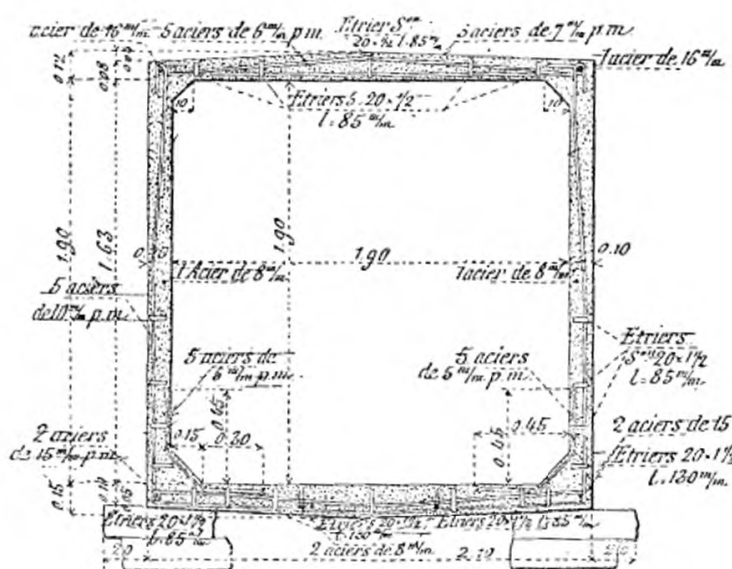


Fig. 66 a. — Coupe transversale.

Fig. 66. — Tunnel du Simplon. — Canal d'amenée des eaux du Rhône.  
Echelle de 1/40.

Le canal, de  $1^m,90 \times 1^m,90$  de section, a 3 kilomètres de longueur,



la face inférieure. Des fers spéciaux sont prévus au raccord des parois latérales avec le fond.

Pour tenir compte des variations de longueur sous l'influence de la température, on ménage, sur les appuis distants de 5 mètres, des joints de retrait dont le détail est donné fig. 66 d.

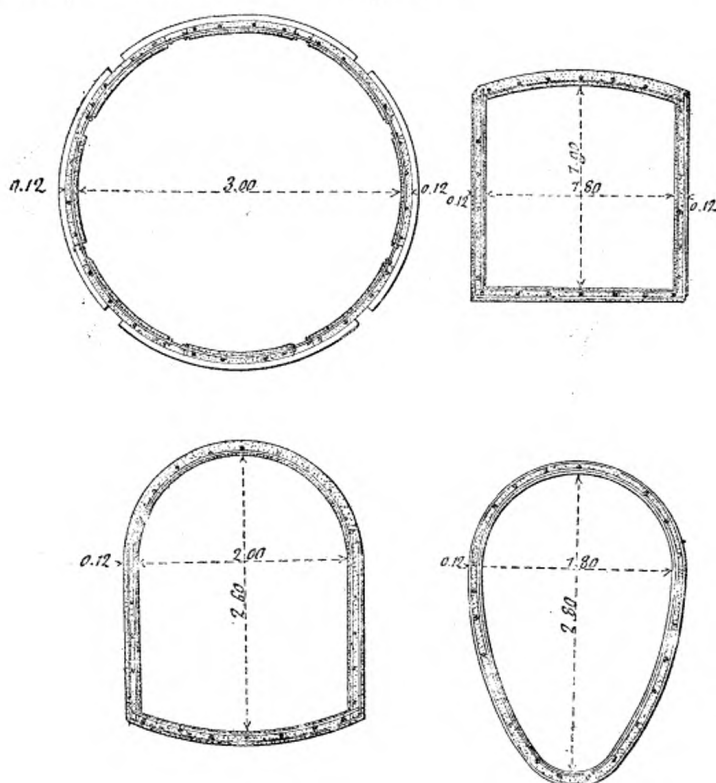


Fig. 67. — Types de canalisations souterraines.  
Coupes transversales

Nous donnons, fig. 67, d'autres types de canalisations souterraines. L'armature est établie dans l'hypothèse d'une pression agissant de l'extérieur. Elle est voisine de la paroi intérieure et formée d'un treillis de barres rondes. En outre, dans les aqueducs à parois ou radiers de forme plane ou peu bombée, on place, vers l'extérieur, des barres parallèles aux directrices principales.

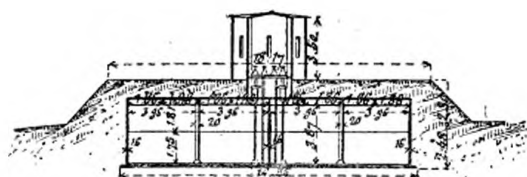
Les aqueducs circulaires sont faits d'éléments construits à l'avance que l'on relie à pied d'œuvre. Chacun de ces éléments est une plaque dont les barres dépassent de chaque côté et se terminent en pied de

biche, de façon qu'en plaçant ces plaques à des distances de 0<sup>m</sup>,20

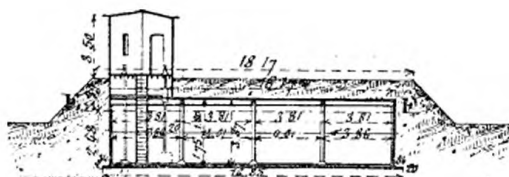


Fig. 67 bis. — Aqueduc à la gare du Mans.

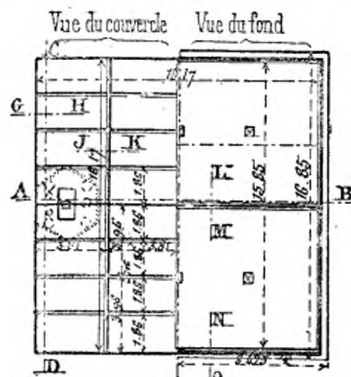
environ, et en remplissant ces joints avec du mortier de ciment, on



Coupe longitudinale suivant CD.

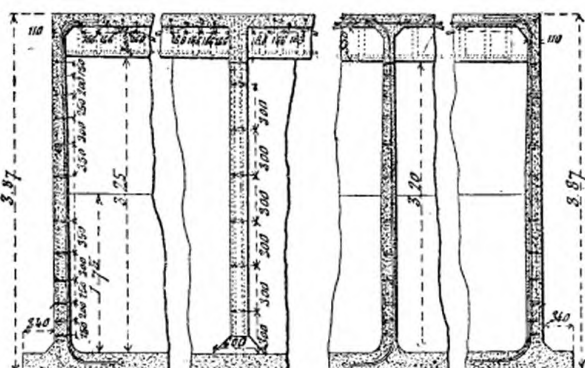


Coupe transversale suivant AB.



Plan.

Coupe E F.

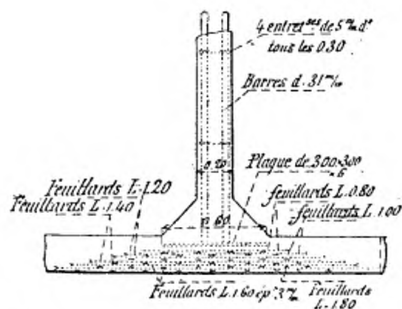


Coupe G H.

Coupe I K.

Coupe L M.

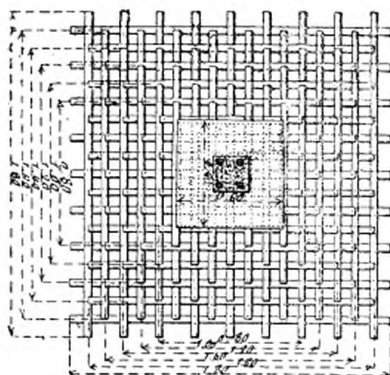
Coupe N O.



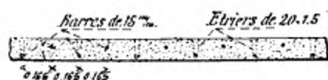
Elévation d'une colonne. — Echelle de 1/40.



Coupe de la colonne.  
Echelle de 1/200.



Fondation d'une colonne.  
Echelle de 0,0025 pour 1 m,00.



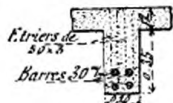
Paroi latérale.



Coupe du hourdis.

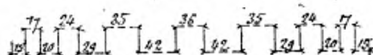


Coupe de la poutre  
secondaire.

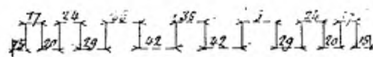


Coupe de la poutre  
principale.

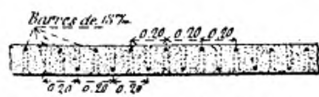
Répartition des étriers de la poutre secondaire.



Répartition des étriers de la poutre principale.



Cloison intermédiaire. — Echelle de 1/40.



Répartition des étriers des hourdis.

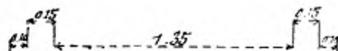


Fig. 68. — Réservoir de Sorain.

réalise une section circulaire continue. Les aqueducs se construisent par tronçons de 3 mètres ; le joint est couvert par un manchon.

Nous donnons (fig. 67 bis, p. 94) une vue de l'aqueduc à la gare du Mans.

#### k. — RÉSERVOIRS.

Dans l'exposition de la Belgique, on retrouve le système Hennebique appliqué aux réservoirs de Seraing (fig. 68, p. 95).

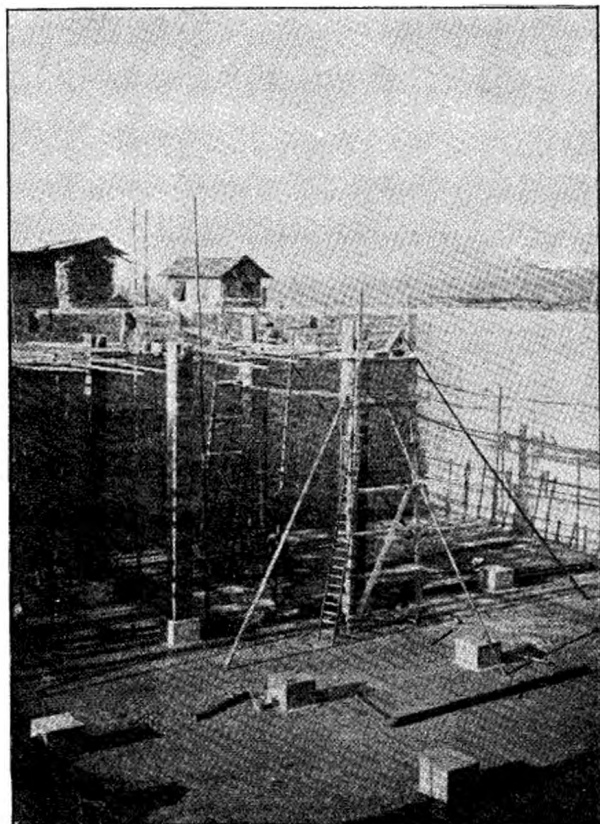


Fig. 68 bis. — Réservoir des eaux de Bret, à Lausanne.

Les parois ont 0<sup>m</sup>,16 d'épaisseur jusqu'au niveau de l'eau et se réduisent à 0<sup>m</sup>,11 au sommet. La hauteur d'eau est de 1<sup>m</sup>,75. Ces parois sont unies et armées de barres verticales pour les deux sens de flexion. Il en est de même pour la cloison de séparation. Le couvercle qui porte un mètre de terre, est calculé pour une surcharge de

2000 kil. par mètre carré. Il est nervé de poutres dans les deux sens et repose sur des piliers espacés de 4 mètres.

Le fond est fait de béton armé, mais, à la base des piliers, la pression est reçue par une armature composée de feuillards croisés et superposés. Les barres d'armature des parois sont retournées de  $0^m,60$  à  $0^m,70$  dans le béton du radier. Le pavillon de manœuvre des vannes, qui surmonte ces réservoirs, est également en béton avec une épaisseur de paroi de  $0^m,06$ .

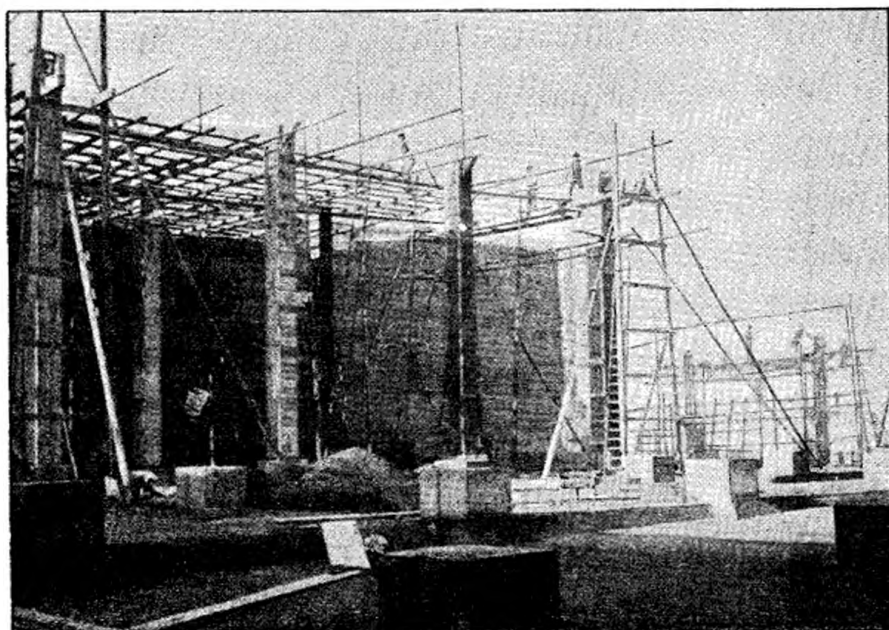


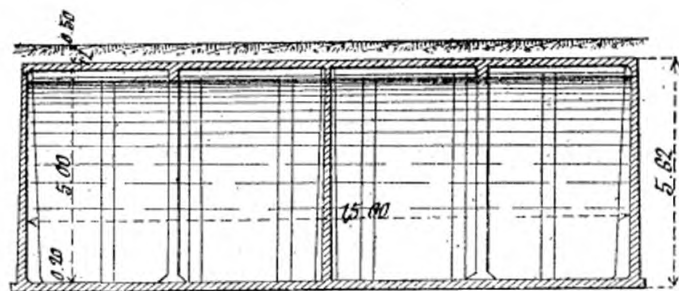
Fig. 68 ter. — Réservoir des eaux de Bret, à Lausanne.

Nous donnons (fig. 68 bis et ter) une vue des réservoirs des eaux de Bret à Lausanne.

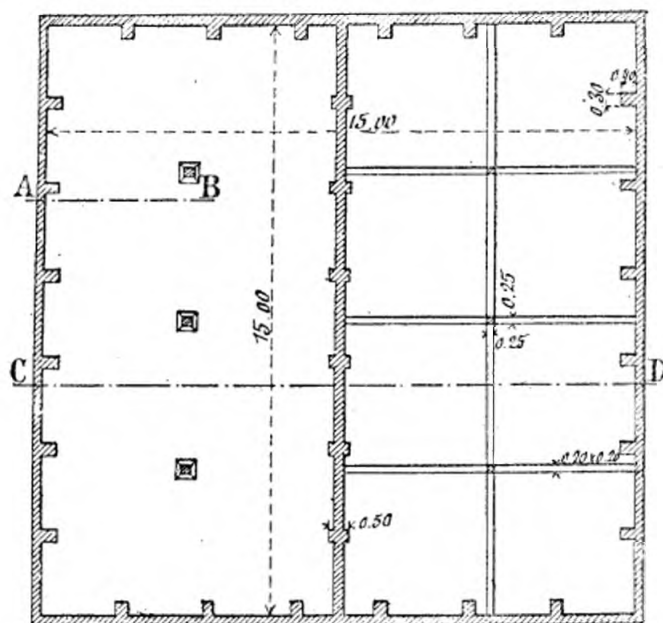
Le *Réservoir de Llanes*, dont les plans sont exposés dans le Pavillon d'Espagne, a une capacité (fig. 69) de 1125 mètres cubes. La hauteur d'eau est de 5 mètres. Les parois latérales et la cloison de séparation sont renforcées par des nervures verticales. Celles-ci sont armées, du côté intérieur, de plusieurs barres verticales qui se retournent de  $0^m,60$  dans le béton du radier.

La paroi proprement dite est armée de barres horizontales, dont l'espacement augmente vers le haut. L'épaisseur de la paroi, qui est de  $0^m,20$  à la base, se réduit à  $0^m,08$  au sommet.

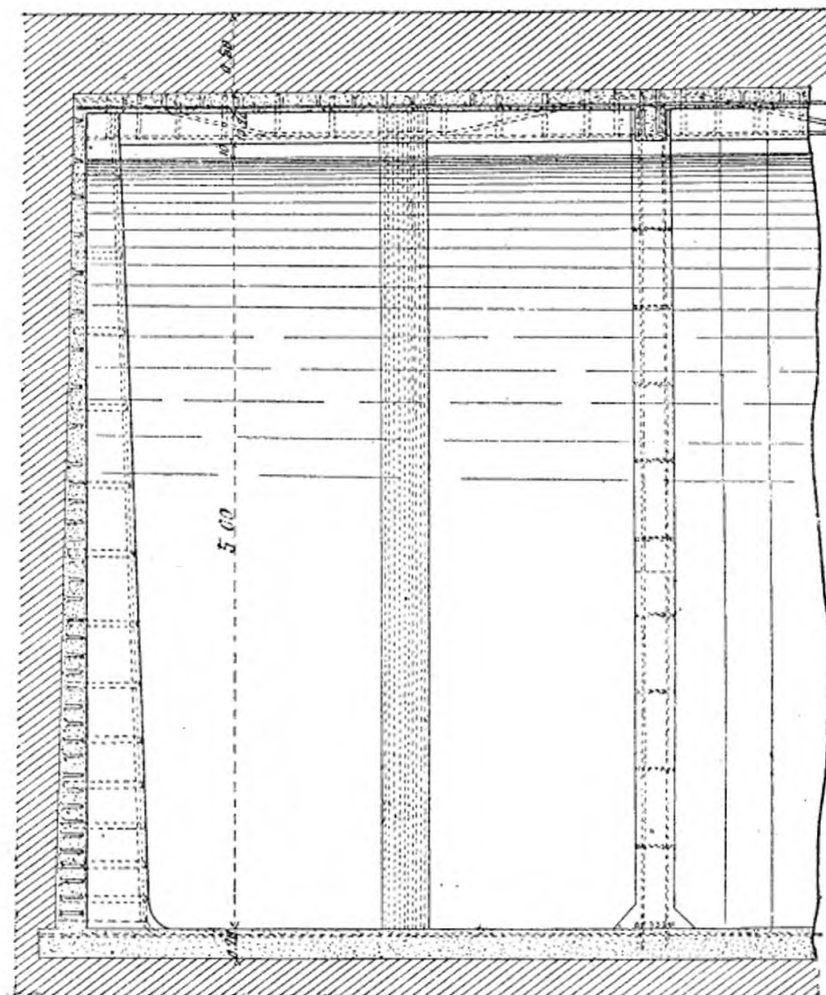
Le couvercle, recouvert de  $0^m,50$  de terre, est calculé pour une



Coupe transversale suivant CD. — Échelle de 0<sup>m</sup>,005 pour 1<sup>m</sup>,00.



Plan-Coupe. — Échelle de 0<sup>m</sup>,005 pour 1<sup>m</sup>,00.  
Fond vu par dessus. Couverture vu par dessous.



Coupe suivant AB.

Fig. 69. — Réservoir à Llanos (Espagne).

surcharge de 800 kilogrammes par mètre carré. Il repose sur des piliers espacés de 3<sup>m</sup>,70. Le fond est armé de feuillards sur toute son étendue.

La fig. 69 bis représente un réservoir à Scafati (Italie) construit d'après le procédé Hennebique. On remarquera la légèreté relative des supports de la partie cylindrique du réservoir.

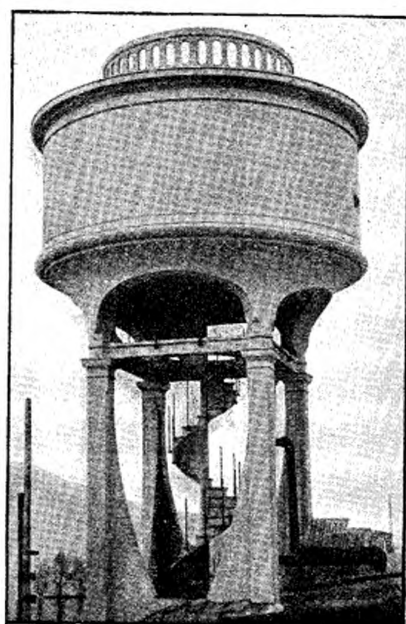
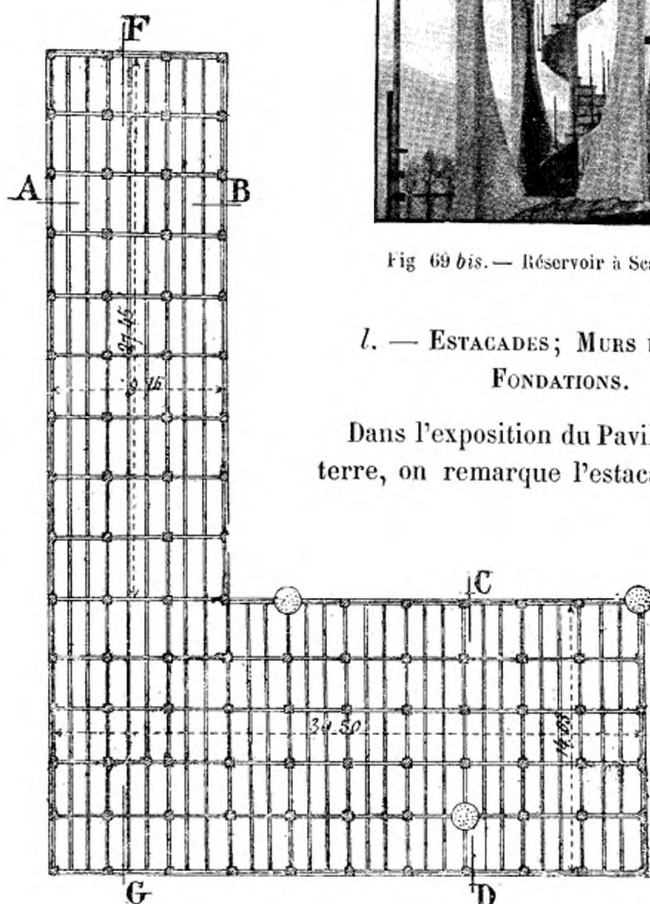


Fig 69 bis. — Réservoir à Scafati (Italie).

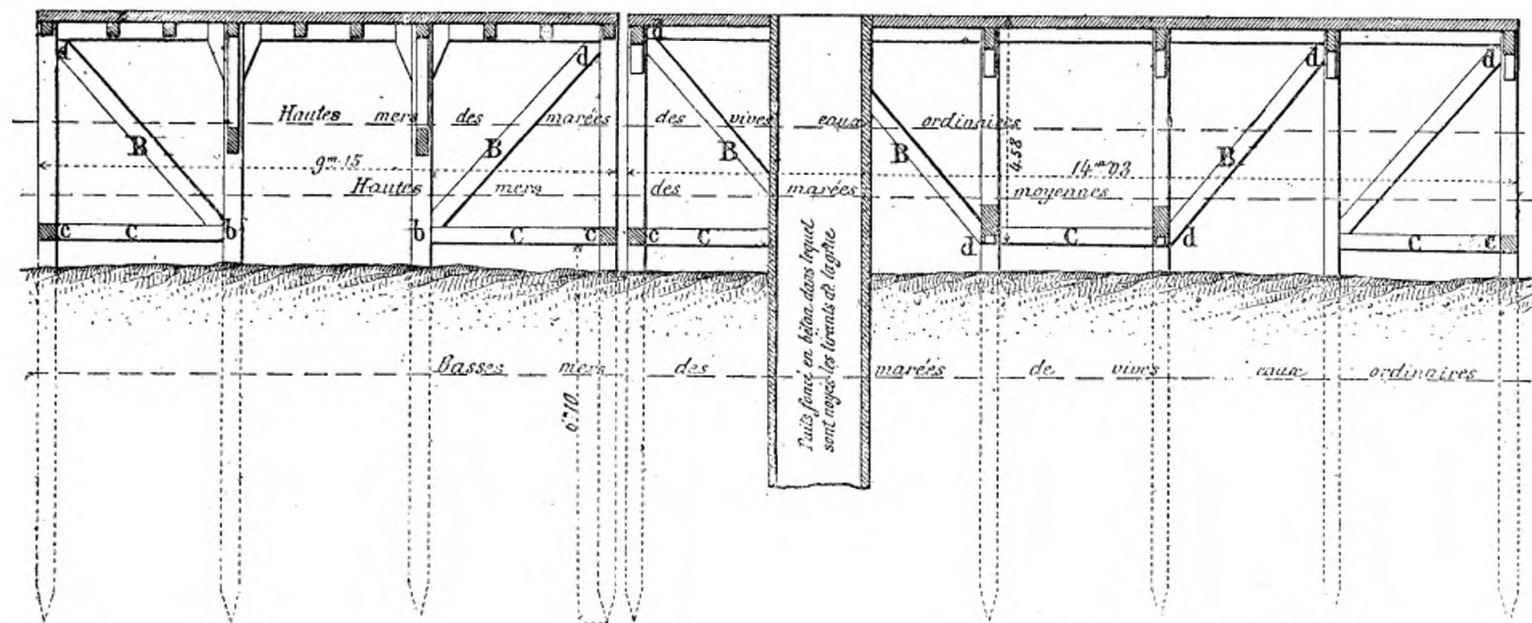
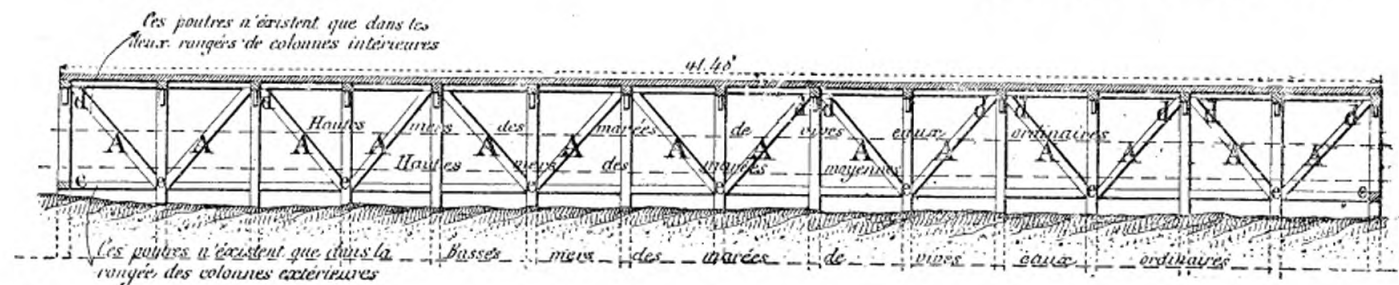
# I. — ESTACADES; MURS DE QUAIS; FONDATEMENTS.

Dans l'exposition du Pavillon d'Angleterre, on remarque l'estacade-jetée de



a. Plan montrant la poutraison de la plate-forme. — Échelle de 1/400.

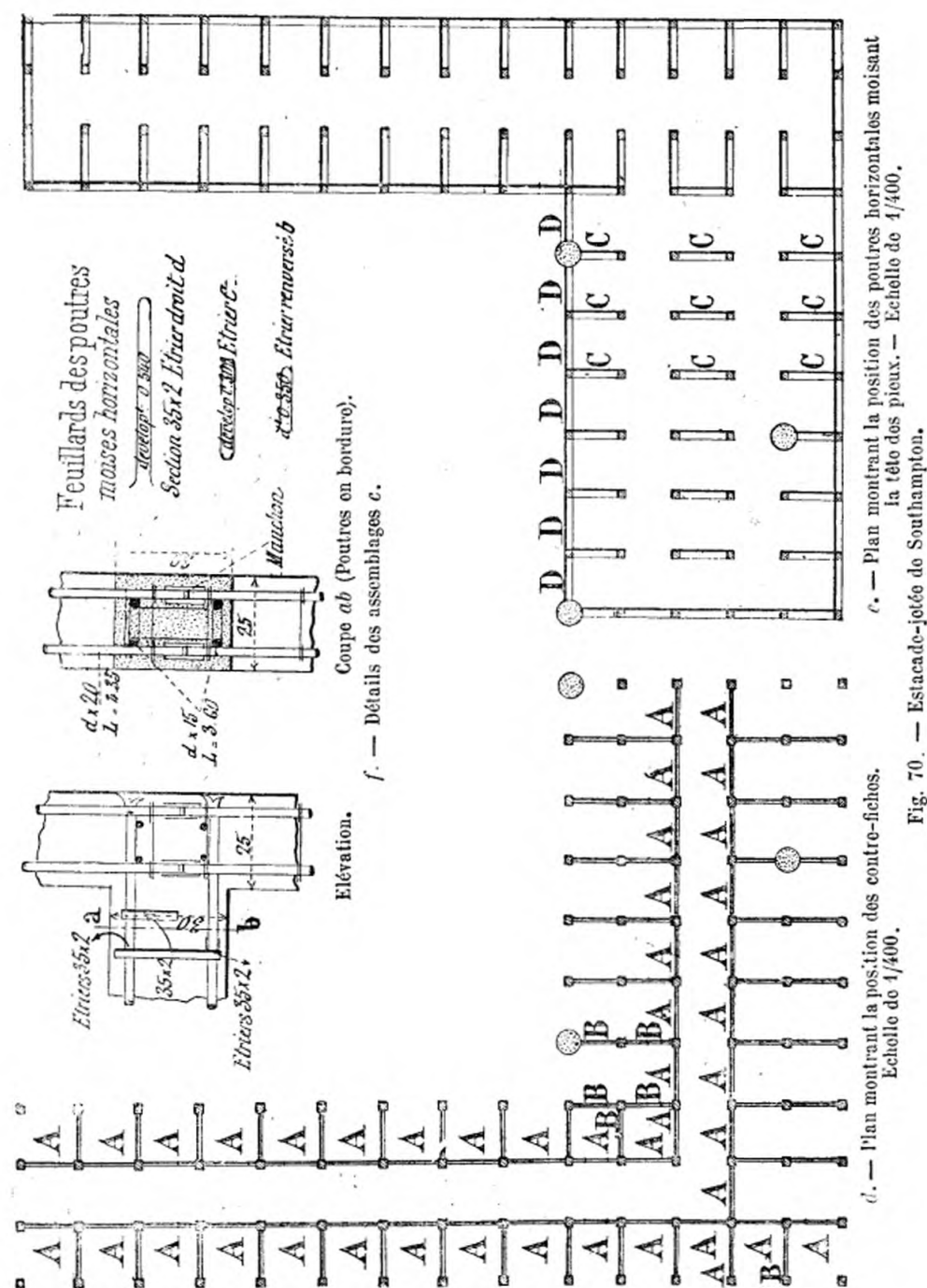
Fig. 70. — Estacade-jetée de Southampton.

b<sup>1</sup>. — Coupe suivant AB (fig. 70 a).b<sup>2</sup>. — Coupe suivant CD (fig. 70 a).

c. — Coupe suivant EF (fig. 70 a).

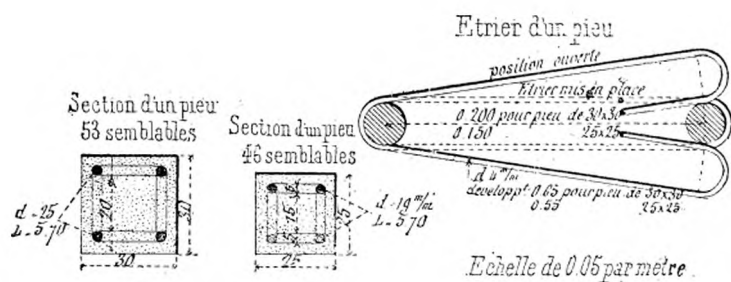
Fig. 70. — Estacado-jetée de Southampton.

Southampton et les murs de quai de cette ville. Estacades et murs (fig. 70, 71 et 71 bis) ont été établis en béton armé.

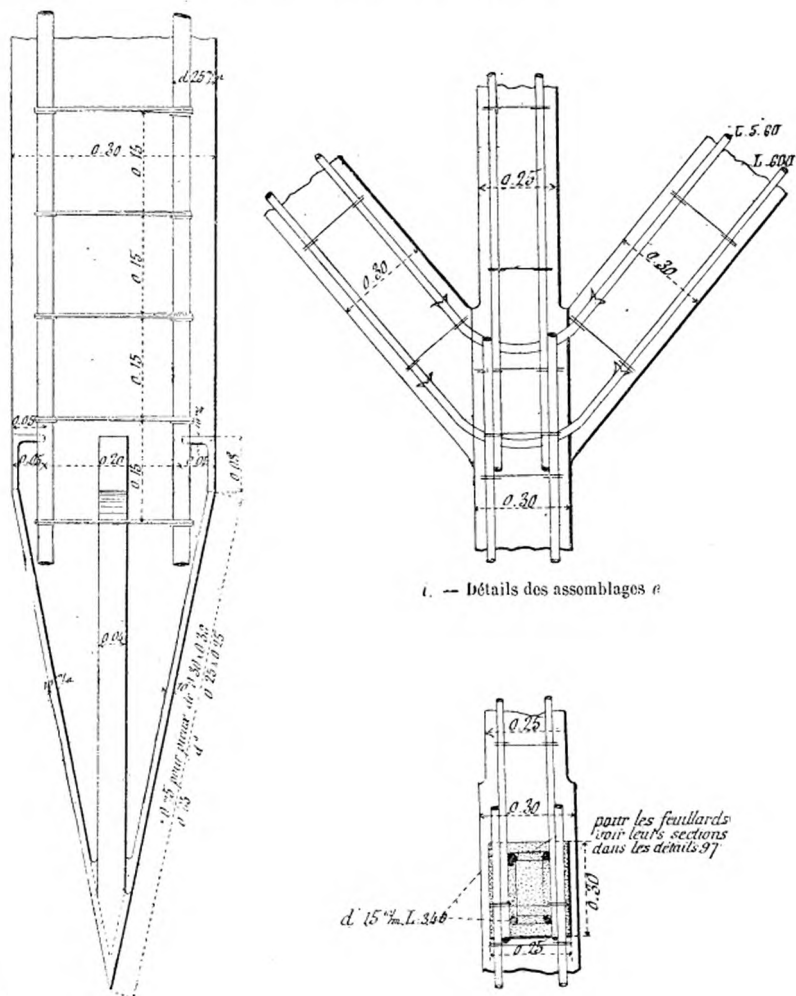


L'estacade est établie sur des pilotis distants de 3 mètres. L'armature des pieux est formée de quatre barres entretoisées par des liens en





j — Section des pieux et étriers de pieu.

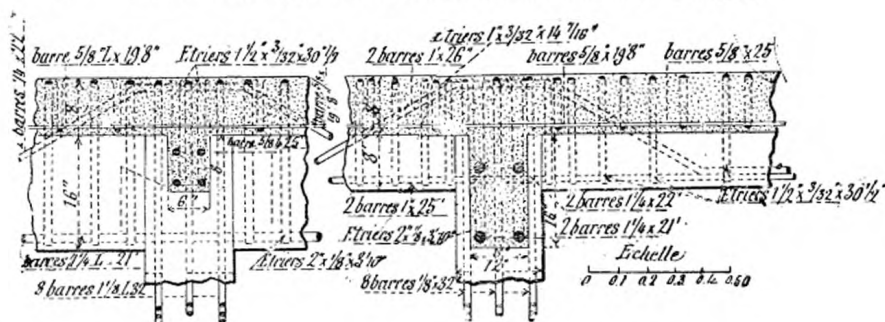


k. — Fragment de pieu, de  $80 \times 30$ , muni de son sabot.

Fig. 70. — Estacade-jetée de Southampton.

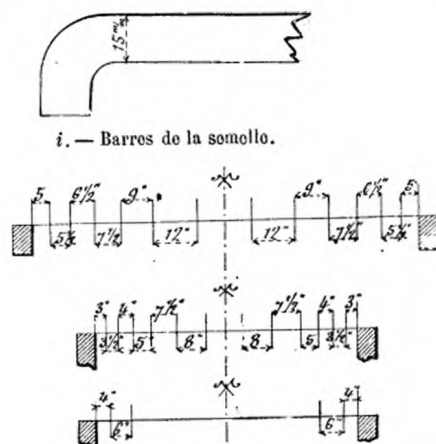




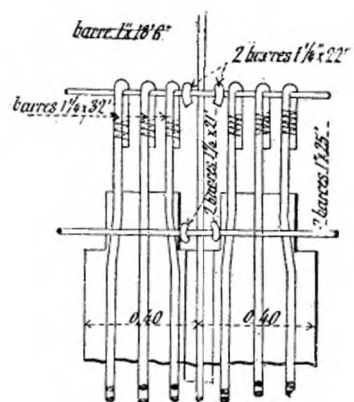


g. — Poutre longitudinale 2. — Coupe.

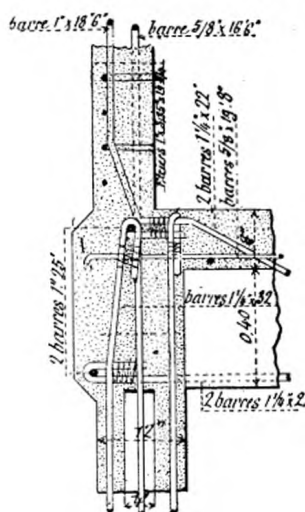
h. — Poutre transversale 1. — Coupe.



i. — Répartition des étriers. — Echelle de 1/30.



l. — Détails 6.



m. — Détails 6.

Fig. 74. — Mur de quai à Southampton.

Au-dessus du rideau, se trouve une petite plate-forme établie comme un plancher.

M. Hennebique expose aussi au Palais du Génie civil un modèle des *blocs flottants* pour fondation, employés aux murs de quai du port de Soutchi (Russie). Chaque bloc a  $6^m,40 \times 4^m,20$  de section sur  $5^m,75$  de hauteur. L'épaisseur des parois est de  $0^m,12$ . Le fond est renforcé par des poutres transversales (fig. 72, p. 108) et les parois, par des poutres horizontales. Le caisson, lesté sur  $1^m,60$  de hauteur, flotte avec un

tirant de 4,™32. Le mode de construction de ces caissons est le même que celui adopté pour les réservoirs. Les parois et les nervures sont calculées et disposées pour résister à la pression extérieure de l'eau.

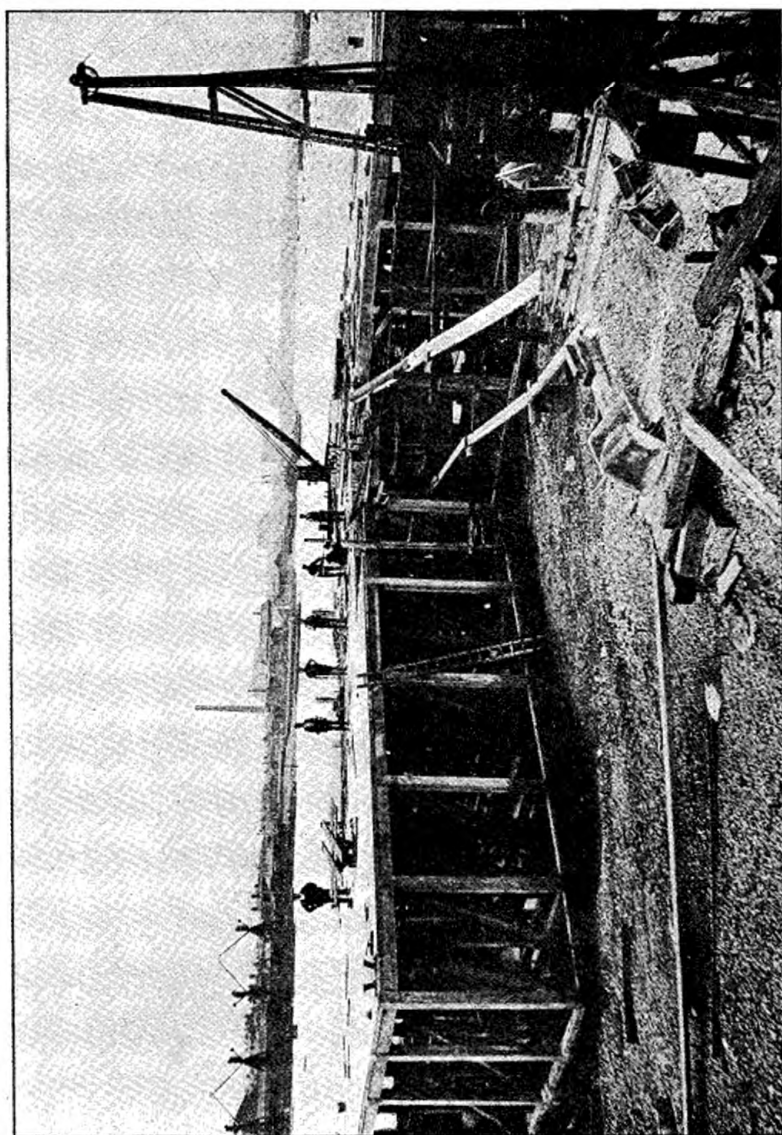
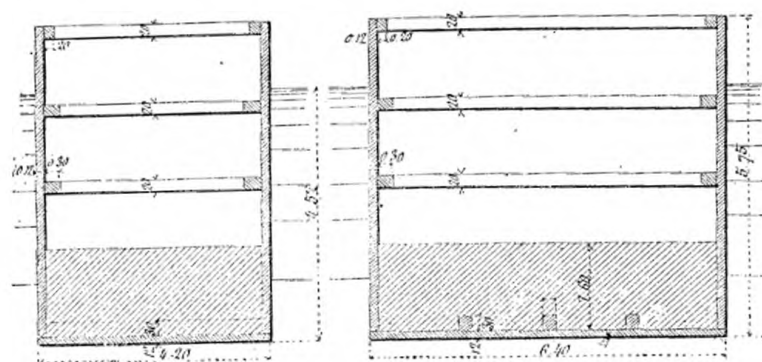


Fig. 71 bis. — Jetée à Southampton.

Les caissons non foncés et les caissons pneumatiques s'établissent de la même manière.

Telles sont les principales applications du système Hennebique, telles que nous les trouvons, soit dans les travaux que l'inventeur a exécutés

pour l'Exposition Universelle de 1900, soit dans ceux qu'il a faits en

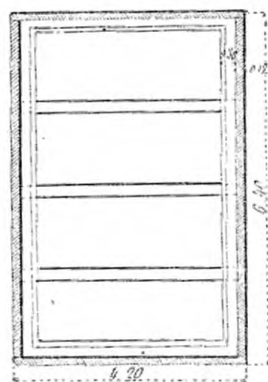


a. — Coupe transversale.

b. — Coupe longitudinale.

Fig. 72. — Blocs flottants pour fondation de murs de quai à Soutchi (Russie).

France et à l'étranger, et qui sont mis sous les yeux du public dans les différents pavillons de l'Exposition.



c. — Plan-Coupe.

Fig. 72. — Blocs flottants pour fondation de murs de quai à Soutchi (Russie).

Dans cette catégorie rentrent aussi les trottoirs en encorbellement du boulevard Péreire, établis pour la ligne de Courcelles au Champ de Mars (fig. 72 bis) et la couverture de la tranchée du chemin de fer des Moulineaux sous le Palais des Armées de terre et de mer, ainsi que sous le Pavillon du Mexique, (fig. 72 ter, p. 110).

La saillie de ces trottoirs est de 2<sup>m</sup>,77. Les consoles ont une hauteur constante de 1<sup>m</sup>,80. Elles sont espacées de 3 mètres. Deux cours de poutres longitudinales sont placées l'une à la tête des consoles, l'autre contre le mur. Elles supportent un hourdis qui reçoit la couche d'asphalte du trottoir. A l'arrière du mur de soutènement se trouve logée une poutre, également en béton armé, à laquelle viennent s'amarrer les tirants des consoles.

Celles-ci sont formées de 2 à 4 barres d'intrados formant contre-fiches et d'un nombre égal de barres supérieures formant tirants. Les unes et les autres sont munies d'étriers noyés dans le béton.

A la tête, les tirants forment crochet autour d'une barre transversale. Les consoles prennent pied dans une encoche pratiquée dans la maçon-

nerie du mur de soutènement. Le béton est armé en cet endroit par

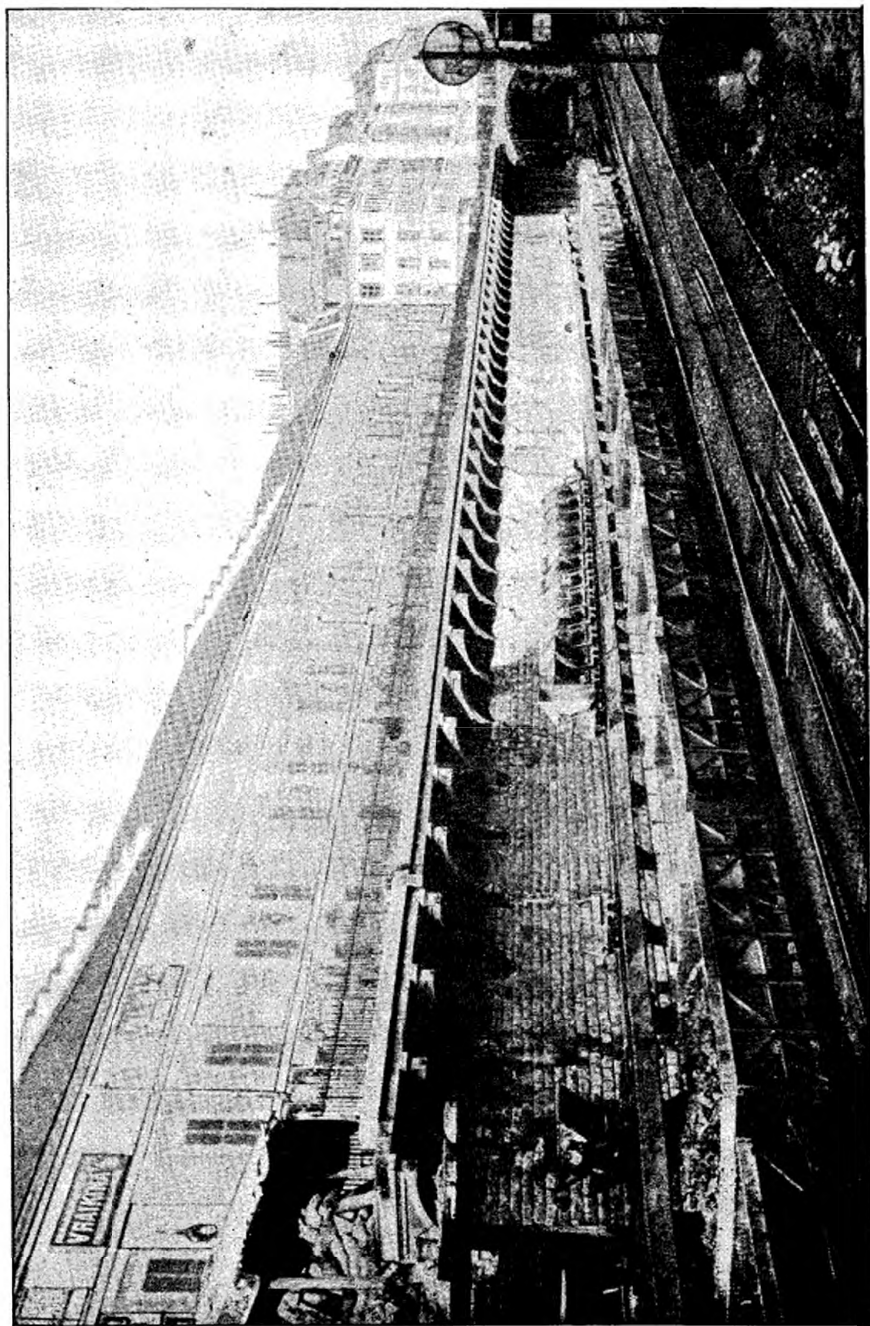


Fig. 72 bis. — Chemin de fer de Ceinture à Paris — Trottoirs en encorbellement du boulevard Péreire.

quelques feuilards croisés. Les tirants sont prolongés au travers du

mur pour venir s'amarrer dans la poutre arrière par un fer formant

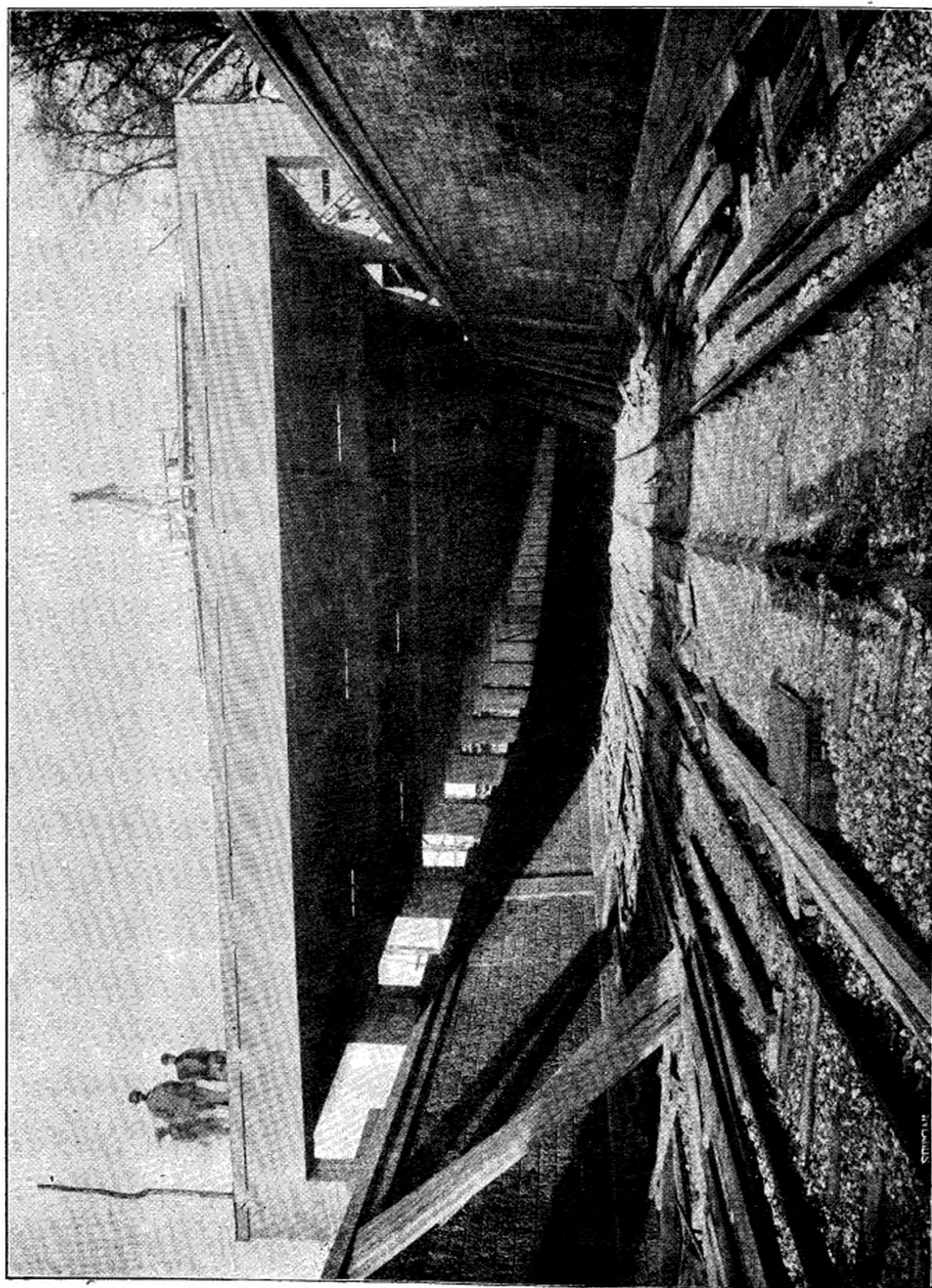


Fig. 72 ter. — Couverture de la tranchée des chemins de fer des Moulinaux sous le Palais des Armées de terre et de mer et de l'Hygiène et sous le Pavillon du Mexique. — (Longueur couverte: 716 mètres; Portée: 16 mètres).

ancrer dans le plan d'axe de la console. Aux points de leur passage au travers de la maçonnerie, ils sont noyés dans une gaine en béton.

Les poutres d'amarrage sont armées de quatre cours de barres. La poutre extérieure de support porte le bandeau en pierre de taille sur lequel est posé le grillage.

Le hourdis est armé de barres droites. Les autres poutres sont du type ordinaire.

Les encorbellements sont calculés pour une surcharge de 400 kilogrammes par mètre carré, plus 500 kilogrammes par mètre courant pour le poids du bandeau et de la grille.

### 5° Fer Béton.

Le système de construction en ciment armé que nous allons examiner a été appliqué à l'Exposition Universelle de 1900 pour la couverture de la tranchée du chemin de fer des Moulineaux, en amont et en aval du pont d'Iéna. Il a été aussi appliqué à la construction du Grand Globe céleste, et enfin à l'établissement des gares du chemin de fer Métropolitain de Paris. Beaucoup d'autres applications ont été faites en France et à l'étranger.

#### *Principe du système.*

L'inventeur de ce procédé de construction, M. Matrai, est parti de ce principe : disposer et prévoir les dimensions des fers de manière que ces derniers forment une ossature métallique, constituée principalement par des *chaînettes métalliques*, solidement attachées à des points fixes ou aux extrémités de poutres rigides recevant ainsi la charge près de leurs points d'appui.

L'ossature métallique ainsi conçue est capable d'assurer par elle-même la résistance de l'ouvrage aux efforts des charges et surcharges, sans le concours de la matière plastique dans laquelle les fers se trouvent toujours enrobés.

#### *Grillage.*

La résistance des surfaces comprises entre les poutres consécutives s'obtient à l'aide d'un réseau métallique formé de  *fils suspendus*  à des points absolument fixes. On laisse prendre à ces fils la forme bien connue

sous le nom de *chainette*. En général, la flèche ou retombée de la chainette étant très faible par rapport à la distance des deux points de suspension, la chainette diffère assez peu d'un arc parabolique pour qu'on puisse lui appliquer toutes les propriétés de ces arcs.

Or un arc parabolique, chargé uniformément en tous ses points, subit une traction à peu près uniforme dans toutes ses sections, et cette traction est proportionnelle à la charge  $Q$  et à la distance  $l$  des points de suspension et inversement proportionnelle à la flèche  $f$ . Le maximum de cette traction est donné par la formule

$$T = \frac{Ql}{8f}.$$

Les courbes données aux fils du réseau métallique répondent au cas où les charges ainsi que les surcharges sont uniformément réparties.

Si certaines surcharges sont concentrées, la matière plastique formant remplissage suffit pour les répartir sur les fils qui, pratiquement, sont uniformément chargés.

Si, toutefois, les charges sont telles que cette hypothèse ne semble pas pouvoir se réaliser, rien n'empêche de faire suivre aux fils, dans l'épaisseur du hourdis, la ligne brisée ou la courbe funiculaire qui répond à ces charges isolées.

Dans ce cas, comme dans le cas précédent, charges uniformément réparties ou concentrées en quelques points, il est toujours facile de donner aux fils la forme qu'ils tendraient à prendre naturellement sous l'effet de ces charges, s'ils n'étaient pas emprisonnés dans le remplissage, et il en résulte qu'ils ne peuvent éprouver que des *tractions pratiquement constantes* en tous leurs points, et jamais de *compression*.

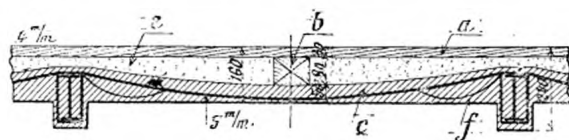


Fig. 73. — Echelle de 0<sup>m</sup>,05 pour 1<sup>m</sup>,00.

La fig. 73 est relative à une travée de plancher exécutée avec le système Matrai ; les fils formant la partie métallique de la dalle sont attachés aux poutres. Le remplissage ne présente pas plus de 0<sup>m</sup>,05 d'épaisseur à la partie basse des fils et 0<sup>m</sup>,10 au droit des poutres. La portée est de 1<sup>m</sup>,30. En *a* se trouve le parquetage ; en *b* les lambourdes ; en *c* la

masse du béton ; en  $d$  les barres de fer ; en  $e$  le remplissage nécessaire. Par mètre, il y a 10 fers ronds de 10 millimètres.

Comme l'épaisseur du hourdis est relativement forte au droit des poutres, on maintient le béton à l'aide de petits fils de fer  $f$ .

### *Remplissage.*

Suivant les localités et les circonstances, on peut faire choix, pour le remplissage, de la matière la plus convenable qui pourra être du plâtre, de l'asphalte, du ciment ou même de l'argile. On n'a pas à craindre que le remplissage ne soit pas assez fort pour répartir les charges aux fils avoisinants, car il suffit de choisir, pour chaque matière, un diamètre de fil tel que l'écartement moindre qui en résulte corresponde à la capacité de la matière adoptée.

Il est néanmoins préférable, autant qu'on le peut, d'employer le ciment qui préserve les fils de fer de l'humidité, qui les abrite contre l'incendie, et qui a avec eux une adhérence qui atteint environ 40 kilogrammes par centimètre carré.

On peut aussi remplacer, dans le mortier de ciment, le gravier par les *scories de charbon* ou *mâchefer*. Ce béton de mâchefer résiste aux chaleurs les plus fortes sans éprouver le moindre fendillement. Son pouvoir isolant est considérable et sa porosité est telle qu'une ventilation s'y fait dans de meilleures conditions que dans les maçonneries de briques. On peut le tailler facilement et son poids spécifique ne dépasse pas 1 000 kilogrammes par mètre cube.

Le remplissage a aussi un autre rôle, celui d'opposer une résistance à la traction du grillage, traction qui n'est peut être pas complètement supprimée par l'ancrage dont nous parlerons plus loin.

### *Répartition des charges sur les poutres.*

Dans le système que nous décrivons, les charges sont réparties par les grillages sur les extrémités des poutres.

Soit  $A B$  (fig. 74) une poutre chargée uniformément d'un poids  $Q$  représenté par les ordonnées du rectangle  $C D E F$ . Le moment de flexion sur la poutre  $A B$ , présente au milieu un maximum  $c f = M = \frac{Ql}{8}$  ( $Q$  étant la charge totale du plancher,  $l$  sa portée). Ce maximum, très élevé,

décroit très rapidement vers les extrémités; il en est de même des efforts

qui se développent dans le métal.

On sait, d'autre part, que, si l'on reporte les charges vers les extrémités des poutres, on égalise les moments de flexion, en abaissant considérablement leur maximum, c'est-à-dire qu'on rend les efforts sur les fibres du métal plus petits et aussi peu variables que possible. On pourra donc, dans ce cas, adopter pour la même charge une section de poutre considérablement moindre.

Dans la fig. 73, on voit que la poutre AB, chargée à ses extrémités proportionnellement aux ordonnées des courbes CGHI et ILKD, dont les surfaces sont deux fois plus grandes que le rectangle CEFD (le même que celui de la fig. 74) et dont le centre de gravité est à la distance  $\frac{l}{8}$  de l'extrémité des poutres, a le moment de flexion maximum,

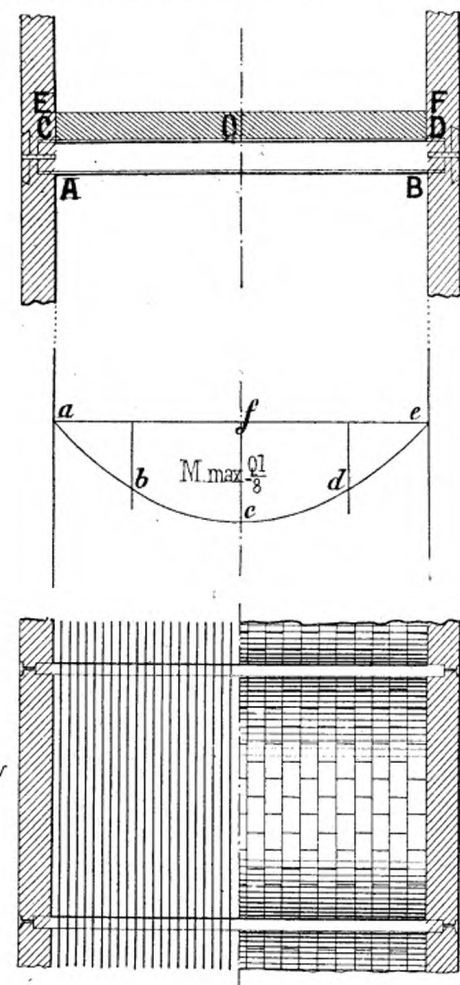


Fig. 74. — Echelle de 0<sup>m</sup>,01 pour 1<sup>m</sup>,00.

cf, avec une charge double  $2Q$ , que celui qui résulte de la charge simple  $Q$  relative à la fig. 74. — On observe également que, tandis que les moments de la charge CEFD, représentée par les ordonnées de la courbe abcde, décroissent très rapidement, en allant vers les extrémités des poutres, où elles sont nulles, les moments des charges  $2Q$ , c'est-à-dire les ordonnées de la courbe ab,cd,e restent sensiblement égales à cf, c'est-à-dire au moment maximum sur une partie centrale égale à la moitié de la poutre. — Le plan de la fig. 73 indique que les fils sont

attachés transversalement et diagonalement aux poutres de façon que leur densité soit proportionnelle aux ordonnées de la parabole GHILK.

Le résultat pratique de cette disposition est donc que, si l'on peut répartir la surcharge  $Q$  d'une travée sur les deux extrémités d'une poutre de telle façon que les centres de gravité de cette surcharge tombent à la distance  $\frac{l}{8}$  des extrémités, on peut la supporter avec une poutre d'une

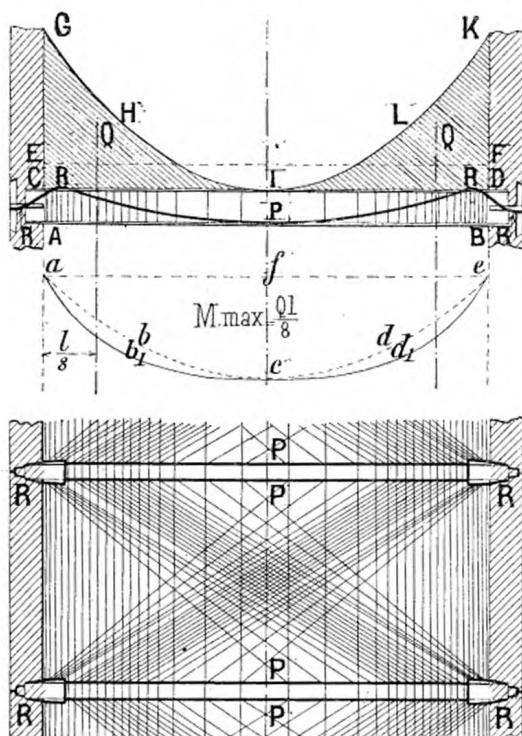


Fig. 75. — Echelle de 0<sup>m</sup>,01 pour 1<sup>m</sup>,00.

résistance moitié moindre que si la même charge  $Q$  était uniformément répartie : ou inversement on peut dire aussi qu'en admettant cette répartition avantageuse la même poutre est capable de supporter une charge double.

On peut aussi charger la poutre AB (fig. 76) suivant les ordonnées des rectangles CGHI et MLKD, dont la surface représente la charge  $2Q$  ; si le centre de gravité de ces rectangles se trouve à la même distance des appuis que dans la fig. 75, c'est-à-dire à  $\frac{l}{8}$ , on retrouve les mè-

mes avantages que plus haut. Les fils sont attachés avec des espaces égaux sur les quarts extrêmes des quatre côtés de la travée. Dans ce cas, on applique non seulement des fils transversaux et diagonaux, mais en plus des fils longitudinaux.

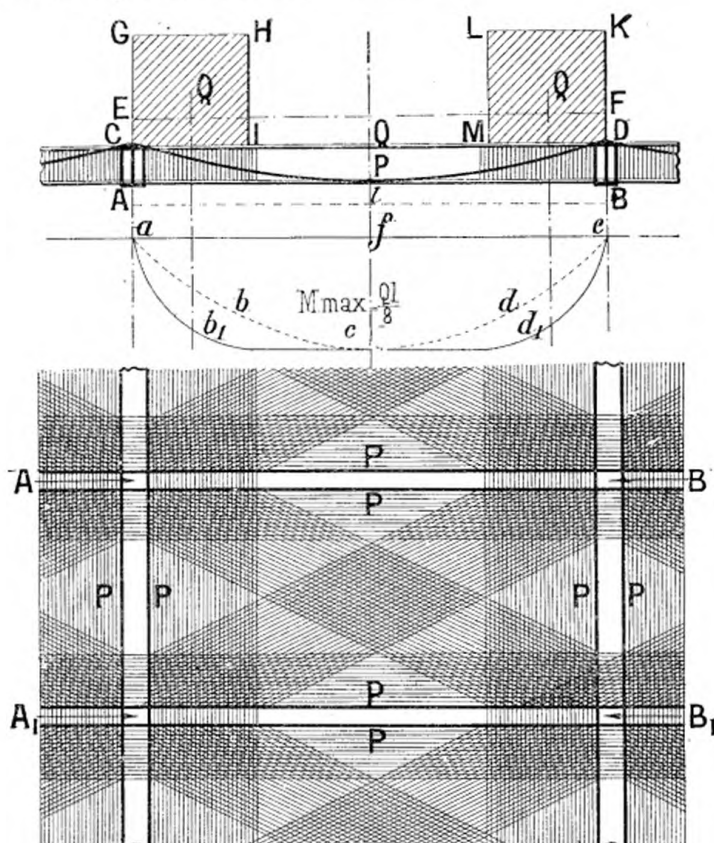


Fig. 76. — Echelle de 0<sup>m</sup>,01 pour 1<sup>m</sup>,00.

De cette manière les quatre côtés de la travée supportent la charge correspondante.

Les charges se répartissent entre les côtés proportionnellement à leurs longueurs respectives. Ainsi, par exemple, si les côtés AB et A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> sont deux fois plus grands que les côtés AA<sub>1</sub> et BB<sub>1</sub>, les premiers supporteront les deux tiers, et les derniers un tiers de la charge; on utilise donc ainsi la résistance des poutres AA<sub>1</sub> et BB<sub>1</sub>.

Il faut aussi remarquer que les trépidations sont ainsi transmises aux extrémités des poutres où elles reposent sur les points d'appui. Par les fils diagonaux, chaque charge partielle est répartie sur toute la

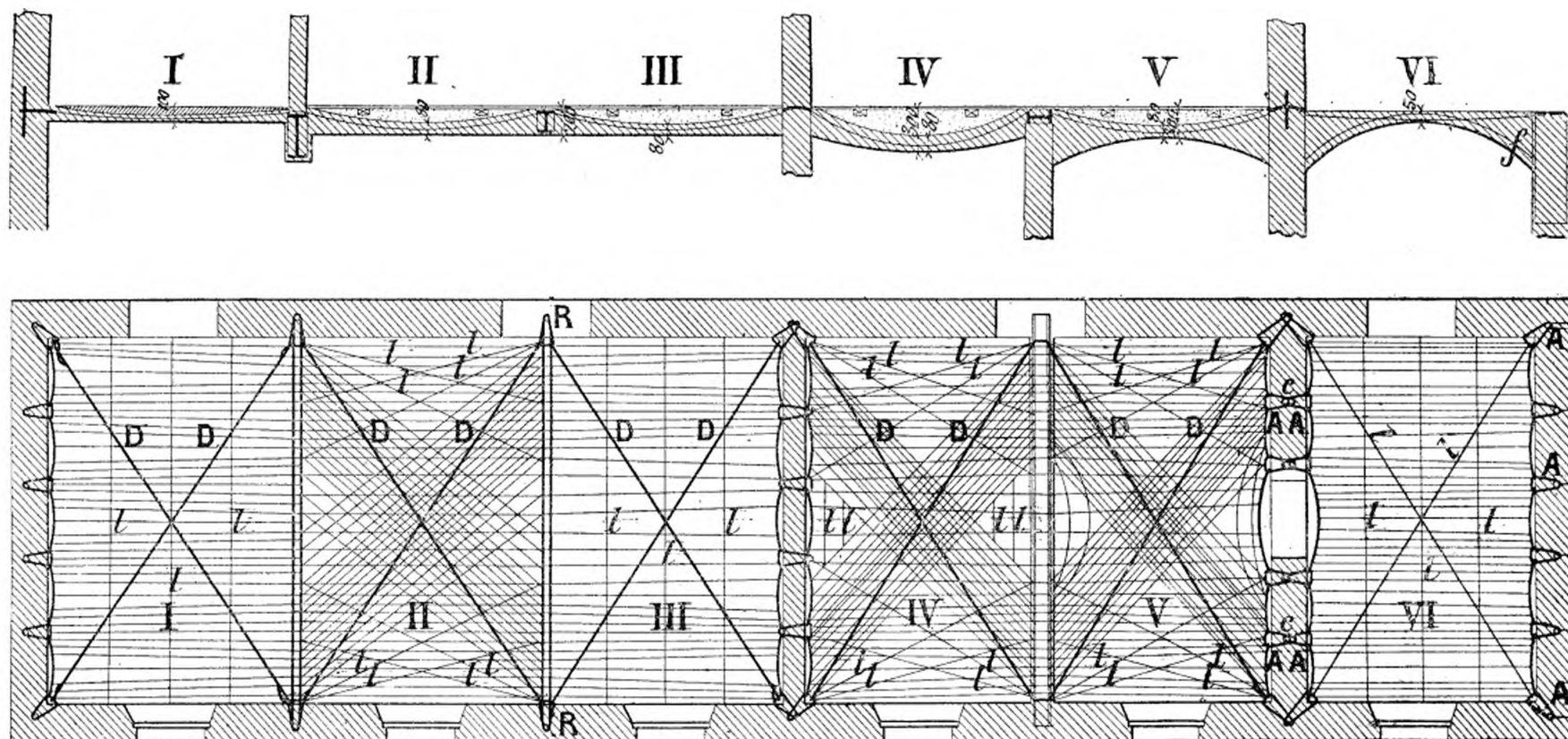


Fig. 77. — Echelle des coupes } Hauteur = 0<sup>m</sup>,02 pour 1<sup>m</sup>,00.  
 Longueur = 0<sup>m</sup>,01 — — —

Echelle du plan : 0<sup>m</sup>,01 pour 1<sup>m</sup>,00.

surface de la travée et, puisque chaque travée est solidaire des travées voisines, on peut dire que celles-ci travaillent toutes ensemble pour supporter toutes les charges de sorte qu'il n'arrive jamais qu'une partie des travées soit plus fatiguée que les autres.

#### *Dispositions diverses des grillages.*

On peut encore imaginer des grillages différents permettant toujours d'améliorer la répartition des charges et, par suite, de diminuer encore la fatigue des poutres.

Les diverses travées de la fig. 77 montrent différents types de grillages grâce auxquels, ainsi qu'on peut facilement le voir, on peut obtenir une transmission favorable des charges à l'aide d'un grillage quelconque. Ce procédé consiste à attacher, aux angles de la travée, des câbles D (fig. 77) placés en plan dans les boucles R suivant les diagonales, en leur donnant aussi la forme d'une parabole ou d'une chaînette. Avec ces câbles diagonaux, on reporte aux extrémités des poutres telle fraction que l'on veut de la charge.

Dans les travées I et III les câbles peuvent être calculés pour équilibrer la moitié des charges et, par conséquent, bien que les fils du grillage soient attachés de manière à laisser entre eux des espaces égaux et par suite à répartir les charges d'une façon uniforme sur la poutre, cette dernière ne portera que la moitié de la charge.

Dans les travées II, IV et V de la fig. 77, on suppose que la disposition et la section des fils diagonaux sont insuffisantes pour transmettre la moitié de la charge et que ce sont les câbles diagonaux qui aident à obtenir la transmission telle qu'on l'a prévue.

Dans la travée VI (fig. 77), il n'existe pas de poutres ; il est alors préférable que les fils transversaux répartissent uniformément les charges sur les murs. Les fils diagonaux et les fils longitudinaux *L*, dans cette travée, comme dans les autres, ont uniquement pour but d'entretoiser les fils principaux et de répartir la charge entre eux.

On peut appliquer des dispositions analogues, dans le cas où les quatre côtés d'une travée sont constitués par des poutres, qui toutes reçoivent alors une partie du grillage.

#### *Câbles des poutres.*

Pour soulager les poutres, on leur adjoint des câbles latéraux, formés de fils d'acier comme les câbles diagonaux, dont nous avons parlé plus

haut. Ces câbles sont représentés dans les fig. 75 et 76, par les paraboles CPD et en plan par les lignes P. — Ils sont fixés à l'aide de boucles ou enroulés simplement autour des poutres transversales (fig. 76) près des extrémités des poutres. Ils ont la forme d'une *chainette* ou d'une *parabole* avec une flèche égale à la hauteur de la poutre.

On calcule la tension de ces câbles par la formule donnée plus haut

$$T = \frac{Ql}{8f}.$$

L'ancrage de ces câbles se fait sur des points fixés aux murs par des boucles, par la poutre elle-même et par le béton dans lequel ils sont noyés.

Ces câbles travaillent exclusivement à la traction sur toute leur longueur et à peu près également dans toutes leurs sections. De plus, pour une charge donnée, un câble comporte trois ou quatre fois moins de métal que la poutre ordinaire ayant la même portée et comme hauteur la flèche du câble. Le parallélépipède de béton dans lequel sont englobés la poutre et les câbles répartit la charge entre la poutre en fer qui travaille à la manière ordinaire et les câbles qui travaillent seulement à la traction, sans que la résistance propre du béton ait à intervenir.

Il y aurait un avantage économique à faire porter le plus possible à ces câbles qui coûtent relativement peu, mais on est arrêté par l'accrochage des fils de fer du grillage, qui exige une poutre rigide et par la poussée au vide qui se fait vers l'intérieur de la construction, et à laquelle l'ancrage, la poutre et le remplissage doivent résister. La pratique a démontré que toutes ces conditions sont suffisamment remplies si ces câbles ne portent pas plus que la poutre, c'est-à-dire si la charge transmise est partagée par moitié par les câbles et la poutre.

#### *Attache du grillage.*

Afin que les fils travaillent comme de véritables chainettes suspendues, il faut les attacher solidement. Autant que possible on les attache aux poutres.

Quand il n'en existe pas, il est facile d'attacher les fils aux murs, soit directement par des *boucles* A (fig. 77) scellées dans ces derniers, soit par l'intermédiaire de *câbles de rive paraboliques* situés dans un plan à peu près horizontal et accrochés eux-mêmes à des boucles. Dans ce dernier cas, on a soin de fixer les fils de grillage en les serrant près

des boucles. En opérant ainsi, les câbles de rive ne sont chargés qu'aux extrémités, ce qui permet de réaliser des économies dans les fils de ces câbles.

Les fig. 78, 78 a, 79, 79 a, 79 b, 80, montrent les différents modes d'attache des grillages.

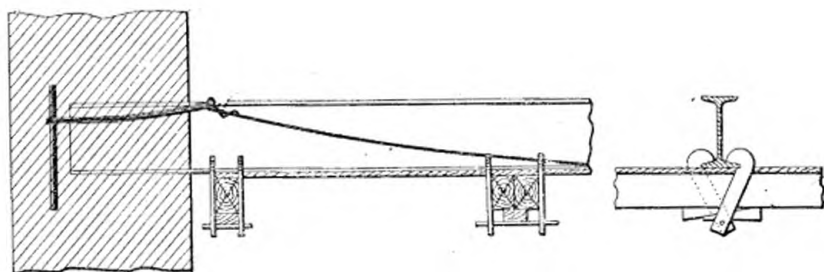


Fig. 78. — Echelle de 0m,05 pour 1m,00.

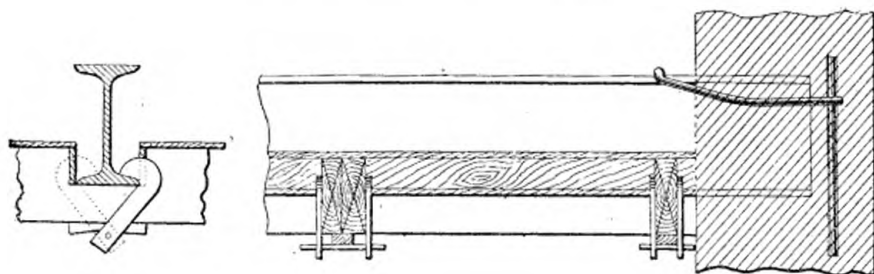


Fig. 78 a. — Echelle de 0m,05 pour 1m,00.

Les boucles A (fig. 80) ont, comme les boucles R (fig. 77), une forme triangulaire, mais elles sont posées inversement dans le mur. Dans le cas des murs de façade, elles sont fixées à ces derniers par une ancre (verrou ou clef) scellée dans l'intérieur de la maçonnerie.

Si l'on a affaire à un mur de refend de peu d'épaisseur, et qu'il existe un plancher de chaque côté de ce mur (fig. 77, travées III et IV), on se contente de placer les boucles sur ce dernier en ayant soin d'alterner leurs sommets.

Si au contraire le mur est assez large (fig. 77, travées V et VI), on double les boucles et on les fixe au mur par une ancre commune c.

Lorsque le mur ne monte pas au-dessus du plancher, il est bon d'y poser un fer à double T (travées IV et V, fig. 77) qui sert à tendre les fils. Les dimensions de ce fer sont choisies de façon à résister seulement à la traction unilatérale pendant la mise en œuvre. En outre, quand le grillage est fini et le béton coulé, ils n'ont à résister à aucune force,

parce que la charge verticale est équilibrée par la résistance du mur. Les tractions des deux côtés s'annulent l'une l'autre.

Quand un tel mur ne doit recevoir un plancher que d'un côté, on peut y poser, comme précédemment, une poutre à double T couchée, mais dont les dimensions sont calculées pour résister à la traction horizontale du grillage. On peut également remplacer cette solive par des boucles qui sont fixées à la maçonnerie par des fils, ainsi que cela est représenté à la droite de la travée VI (fig. 77).

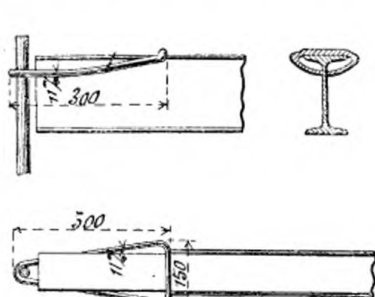


Fig. 79.

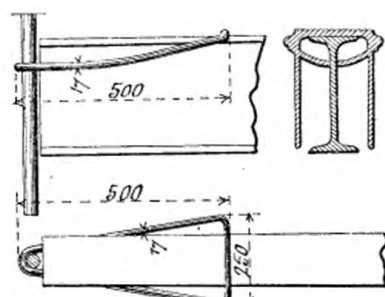


Fig. 79 a.

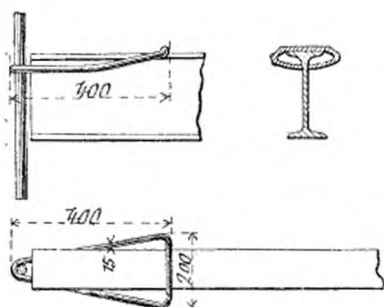


Fig. 79 b.

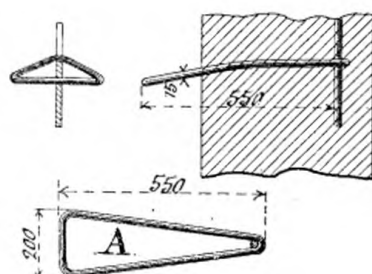


Fig. 80.

La coupe de la fig. 77 montre les divers aspects de la face inférieure des planchers.

En général, les faces inférieure et supérieure de ces constructions peuvent avoir une forme quelconque, le béton n'étant qu'un accessoire. Si l'on veut un plafond en caisson, on laisse les poutres apparentes (travées I et II, fig. 77). Le hourdis forme à la fois le plafond et le dallage.

Si l'on veut un plafond uni (travées II et III, fig. 77) on fait arriver le hourdis à ras de la partie inférieure des poutres.

Le plafond peut être aussi en forme de voûte renversée (fig. 77, tra-

vée IV) ou de voûte ordinaire (fig. 77, travée V). Dans la travée VI (fig. 77) le plancher n'est pas parqueté, et on a augmenté la résistance par une construction d'arc en fer béton. C'est une combinaison du système des voûtes avec le système des fils suspendus remplaçant en même temps les tirants nécessaires pour annuler la poussée des voûtes.

### *Échafaudages.*

Les échafaudages s'établissent rapidement. On suspend le coffrage aux poutres et poutrelles (fig. 78 et 78 a); on fixe aux poutres des agrafes par paires, formant étriers, sur lesquelles on pose des planches de champ qu'on assujétit à l'aide de coins. Sur ces planches on vient placer et clouer les différents éléments du coffrage.

La fig. 78 est relative à un plancher uni.

La fig. 78 a, à un plafond en caisson.

Si l'on veut un plancher voûté, on place des planches de champ, cintrées suivant l'intrados de la voûte, au lieu de planches droites.

### *Boucles.*

Les principaux types de *boucles* qui servent à attacher, soit les câbles renforçant les poutres, soit les câbles de rive et les fils du grillage, sont représentés par les fig. 78, 79 et 80.

Elles ont des formes différentes suivant le but à remplir, et des dimensions appropriées aux charges transmises.

Les *ancres verrous* ou *clefs* servant à fixer ces boucles sont formés par de simples fers ronds ou plats, noyés dans la maçonnerie.

La fig. 79 est relative aux boucles des poutres et la fig. 80 aux boucles des murs. Ces dernières présentent notamment cette différence que leur petit côté, auquel les fils sont attachés, est courbé vers le bas dans la direction de la traction des chainettes. En outre, ces boucles ont des côtés tout à fait droits, tandis que, dans les boucles des poutres (fig. 79), les petits côtés sont contournés afin que l'épaisseur des câbles, qui s'attachent aux deux angles, n'augmente pas la hauteur au-dessus de la poutre (fig. 79 a).

### *Piliers.*

Les piliers qui supportent les planchers sont considérés comme fixés en haut et en bas.

Ils sont formés (fig. 81) d'un cylindre de béton enveloppant des câbles en fils d'acier. Ces câbles, qui ont pour but de résister à des efforts horizontaux, sont situés dans un plan vertical et ont une forme de parabole à axe horizontal dont la flèche est égale à l'épaisseur du poteau. Ils sont attachés en haut et en bas de celui-ci.

Si le poteau est carré et si ses dimensions ne sont pas trop fortes, les câbles, au nombre de quatre, sont situés deux par deux dans les plans diagonaux.

Dans le cas de poteaux à section polygonale, les câbles sont situés deux par deux aux extrémités d'un même diamètre du cercle circonscrit à la section.

Le calcul des piliers se fait de la façon suivante.

Soient :

P la charge ;

S la section, en centimètres carrés ;

a le côté du carré, en centimètres.

On a :

$$S = \frac{P}{25},$$

en faisant travailler le béton à 25 kilogrammes par centimètre carré à la compression.

On a aussi :

$$a = \sqrt{\frac{P}{25}}.$$

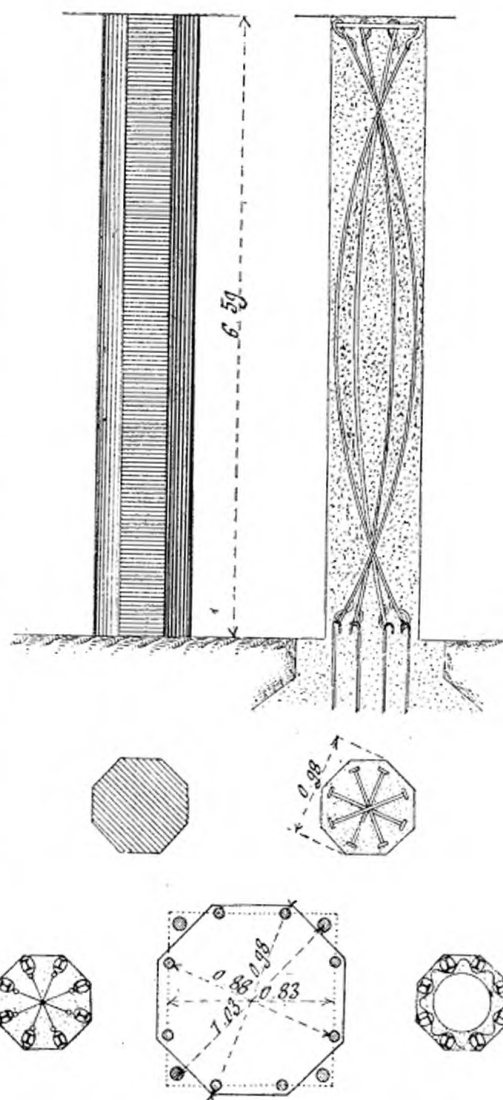


Fig. 81. — Piliers soutenant le plancher du Grand Globe céleste.

Si l'on représente par  $S_1$  la section en centimètres carrés d'un des quatre câbles,  $S_1$  est donné par la formule empirique suivante, basée sur l'expérience,

$$S_1 = \frac{150 l^2}{R},$$

$l$  étant la hauteur en mètres du pilier et  $R$  la résistance du fer par centimètre carré.

La fig. 81 représente un des piliers qui soutiennent les planchers du Grand Globe céleste.

Il arrive souvent que, pour les besoins de la construction, on ait à ménager une ouverture dans l'intérieur du poteau dont la section est alors annulaire. Dans ce cas, on a :

1° pour résister à la compression, le béton et des solives, ou cornières verticales ;

2° pour résister au voilement, les mêmes solives ou cornières, et des câbles paraboliques noyés dans l'épaisseur de la paroi entre deux solives et s'attachant en haut et en bas du pilier.

#### *Escaliers et Cloisons.*

Abordons maintenant la question des escaliers (fig. 82). Le principe est de faire porter les marches par les cloisons. Dans ce but, ainsi qu'on l'a fait au Grand Globe céleste, à la partie inférieure de ces dernières, c'est-à-dire aux extrémités des marches, on fait courir un petit fer cornière. A ce fer, sont suspendus de petits câbles formés de deux fils de 5 millimètres, au nombre d'un par marche, dessinant une parabole dans la partie la plus épaisse de celle-ci. Le tout est englobé dans un monolithe de béton donnant la forme extérieure de l'escalier.

Ces petits câbles peuvent supporter, pour  $R = 15$  kilogrammes, un effort de traction de 588 kilogrammes.

Cherchons, d'après cela, la surcharge possible sur une marche ; on a la formule :

$$588 = \frac{Q \times 1^m 50}{8 \times 0^m 17},$$

la largeur de la marche étant de 1<sup>m</sup>,30 et la flèche du câble 0<sup>m</sup>,17.

On a :

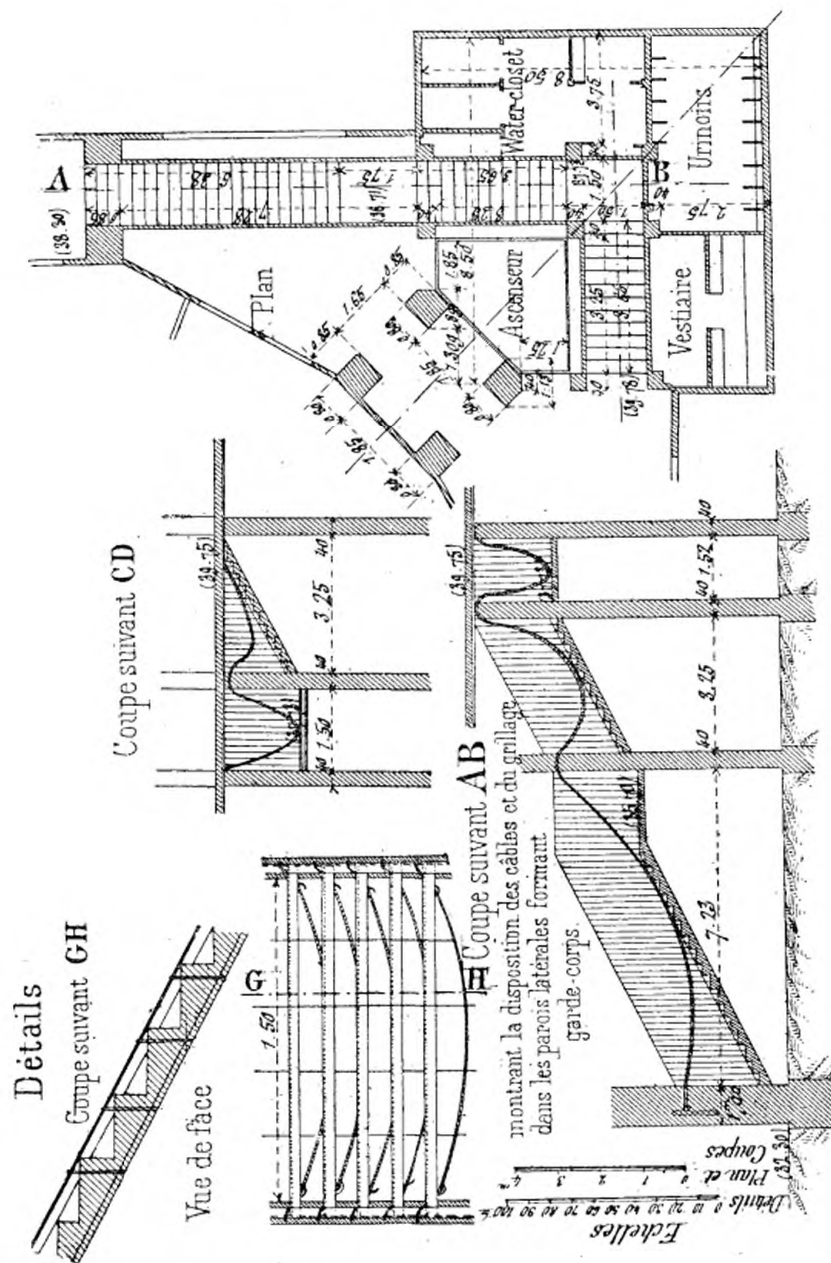
$$Q = 533 \text{ kilogrammes.}$$

En supposant une largeur de marche de 0<sup>m</sup>,30 et une hauteur de 0<sup>m</sup>,13, on a, pour le poids propre de la marche,

$$1,50 \times 0,13 \times 0,30 \times 2400 = 288 \text{ kilogrammes.}$$

Il reste pour la surcharge possible à supporter

$$533 - 288 = 245 \text{ kilogrammes,}$$



Pour porter les marches, il reste donc à suspendre le fer cornière qui les maintient. A cette effet, on le scelle dans les murs qui forment la cage de l'escalier.

Au Grand Globe céleste, ces fers cornières sont reliés à un câble parabolique suspendu aux piliers et noyé dans l'intérieur de la cloison qui n'a que 0<sup>m</sup>,06 d'épaisseur.

Le calcul de ces câbles est très simple ; il se fait par la formule :

$$T = \frac{Q l^2}{8 f},$$

Q étant la charge par mètre courant ;

*l* la portée ;

*f* la flèche.

De T, on déduit le nombre de fils dont chaque câble est composé.

Dans l'exemple que nous donnons, la charge par mètre carré est :

$$500 + 400 = 900 \text{ kilogrammes}$$

et la charge par mètre courant de câble

$$\frac{900 \times 1,50}{2} = 675 \text{ kilogrammes ;}$$

*l* et *f* sont donnés par des épures pour les différentes volées de l'escalier (voir les différentes coupes de la fig. 82).

Travées	<i>l</i>	<i>f</i>	Nombre de fils
1	7 <sup>m</sup> 80	1 <sup>m</sup> ,20	15
2	3,60	1,70	3
3	1,50	1,70	2
4	3,60	0,80	7

Tous ces câbles passent dans des encoches pratiquées dans les piliers qui les supportent ou sont accrochés aux poutres du plancher haut.

Les paliers sont constitués et calculés de la même façon. (Voir les coupes A B et C D, fig. 82.)

#### EXEMPLES DE CONSTRUCTIONS EN FER BÉTON.

##### 1° Couverture de la Tranchée du chemin de fer des Moulineaux.

Nous allons maintenant passer en revue les différentes applications du fer béton qui ont été faites à l'Exposition Universelle de 1900 ou à l'occasion de cette Exposition.

Nous donnons (fig. 83) une coupe transversale de la tranchée du chemin de fer des Moulineaux.

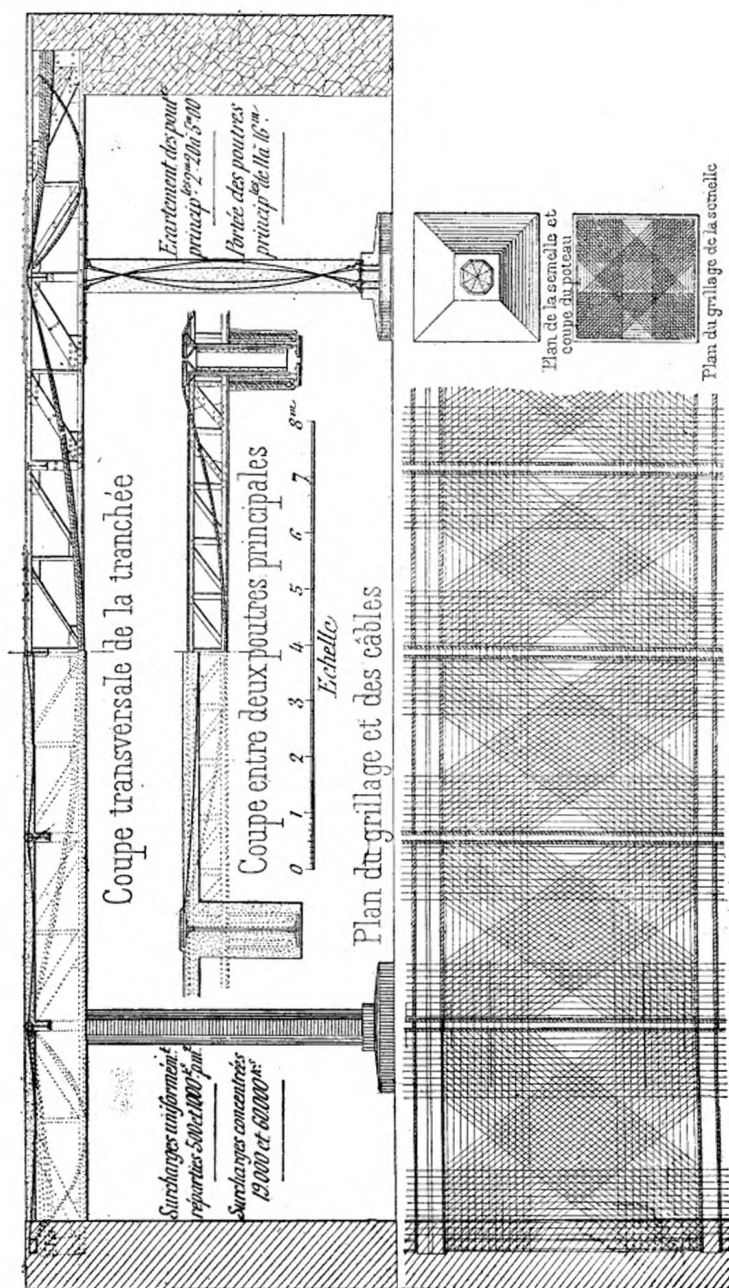


Fig. 83. — Couverture de la tranchée du chemin de fer des Moulineaux.



de diamètre, tantôt une section carrée de 0<sup>m</sup>,40 de côté. Les premiers ont à supporter des charges variant de 27 000 à 73 000 kilogrammes, les autres des charges de 33 000 à 40 000 kilogrammes.

Des essais ont été faits sur les poutres et les poteaux constituant cette couverture, nous allons en donner les résultats.

Une expérience, faite le 27 mai 1899, était relative à une poutre située sous le Palais des Forêts ; cette poutre est marquée E F dans la

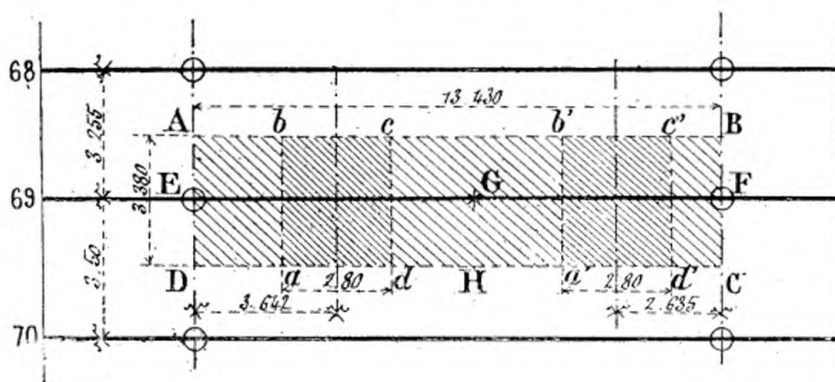


Fig. 83.

fig. 83 ; la surcharge uniformément répartie prévue était de 500 kilogrammes par mètre carré et par conséquent la surcharge d'essai d'une fois et demie 500 kilogrammes, soit 750 kilogrammes. Cette surcharge a été répartie sur le rectangle ABCD.

En outre, il a été disposé, sur chaque rectangle  $abcd$  et  $a'b'c'd'$ , une charge concentrée de 33 750 kilogrammes.

La portée étant de 13<sup>m</sup>,43, le cahier des charges permettait une flèche de  $\frac{13,43}{800} = 16$  mm. 8.

Les appareils de mesure ont été placés, l'un en G pour mesurer la flèche de la poutre principale, l'autre en H au milieu de la travée.

Voici le détail des surfaces chargées.

ABCD, surface totale chargée $13,43 \times 3,38$ . . . . .	45 <sup>m²</sup> 25
$abcd$ , $a'b'c'd'$ , surfaces correspondantes aux charges concentrées $2 \times 3,38 \times 2,80$ . . . . .	18,92
Reste comme surface uniformément chargée. . . . .	26 <sup>m²</sup> 43

Voici le détail des charges.

26 <sup>m²</sup> ,43 chargés à 750 k. par mètre carré. . . . .	19 822 k.
Charges concentrées $2 \times 33 750$ k. . . . .	soit. . . . . 67 500 k.
Total des charges. . . . .	87 322 k.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus :

NUMÉROS D'ORDRE des chargements	CHARGES UNIFORMÉMENT RÉPARTIES					FLÈCHES	
	1 <sup>o</sup> Sur la surface ABCD (abcd + a'b'c'd')	Charge par m <sup>2</sup>	2 <sup>o</sup> Sur abcd + a'b'c'd'	Charge par m <sup>2</sup>	Charge totale	du plancher, Appareil H	de la poutre, Appareil G
1	6 607	250	4 730	250	11 337	0	0
2	13 214	500	9 460	500	22 674	1 <sup>mm</sup> , 0	1 <sup>mm</sup> , 5
3	19 821	750	14 190	750	34 011	1 <sup>mm</sup> , 5	2 <sup>mm</sup> , 0
4	19 821	750	67 500	3 568	87 322	2 <sup>mm</sup> , 0	4 <sup>mm</sup> , 2

Au bout de 24 heures, la flèche du plancher était de 3 millimètres et celle de la poutre, de 6 millimètres.

En laissant encore la charge 24 heures, la flèche de la poutre devenait 7 millimètres, et celle du plancher 3 mm. 5 ; puis ces flèches sont restées stationnaires.

Après déchargement, le relèvement était complet et aucune trace de fatigue et aucune fissure n'étaient remarquées.

Une autre expérience, faite le 4 juin 1899, était relative à la travée la plus chargée, celle comprise entre les poutres 54 et 55 (fig. 84 et 86).

Voici le détail :

Surcharge uniformément répartie $500 + 250 =$	750 k.
Surcharges concentrées de chaque côté	60 000 k.
Portée de la poutre	14 <sup>m</sup> , 135
Flèche permise $\frac{14,135}{800} =$	17 <sup>mm</sup> , 6

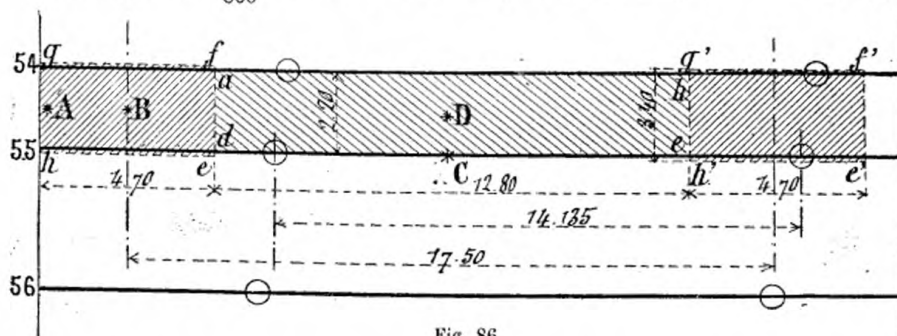


Fig. 86.

Par suite des charges considérables et du peu de temps écoulé depuis l'achèvement de cette travée, les murs devaient fatalement subir, pendant cet essai, un tassement qu'il y avait lieu de mesurer.

A cet effet, on a disposé un appareil enregistreur en A (fig. 86), tout près du mur, trois autres appareils étaient placés : 1° en B sous la charge concentrée ; 2° en C au milieu de la poutre principale ; 3° en D au centre de la travée.

On avait donc :

Surfaces chargées	$abcd$ , uniformément $12,80 \times 2,20$ . . . . .	$28^m,16$
	$efgh$ et $e'f'g'h'$ , avec les surcharges concentrées $2 \times 3,40 \times 4,70$ . . . . .	$31^m,96$
Charges	uniformément réparties $28^m,16 \times 750$ k. . . . .	$21\,120$ k.
	concentrées $2 \times 60\,000$ k. . . . .	$120\,000$ k.
Total. . . . .		$141\,120$ k.

Ci-dessous, le Tableau donnant le résultat des expériences. La ligne 3 est relative aux flèches notées quatre jours après chargement; après quoi les flèches sont restées stationnaires.

Nos d'ordre des charges	Date de chargement	CHARGES UNIFORMÉMENT RÉPARTIES					FLÈCHES MESURÉES SUR LES APPAREILS				FLÈCHES RÉELLES			
		Surfaces $\frac{e'f'gh'}{e'f'g'h'}$	Soit par m <sup>2</sup>	Surface $abcd$	Soit par m <sup>2</sup>	Charge totale	Soit en moyenne par m <sup>2</sup>	A	B	C	D	B	C	D
1	$\frac{3}{6}$	120 000	3 751					mm 0,6	mm 1,5	mm -0,7	mm -0,7	mm 0,9	mm -1,3	mm -1,3
2	$\frac{4}{6}$	120 000	3 754	21 120	750	141 120	2 253	1,2	2,2	1,8	1,1	1,0	0,6	-0,1
3	$\frac{8}{6}$							1,6	2,8	1,9	1,2	1,2	0,3	-0,4

Pour avoir les différentes flèches réelles, il faut retrancher, des flèches lues sur les appareils, l'affaissement des murs donné par l'appareil A.

Après la pose des charges concentrées disposées principalement entre les poteaux et les murs, il s'est produit un mouvement de levier qui a fait prendre à la poutre et au plancher entre les poteaux une flèche négative égale pour les deux.

Le chargement de la travée entre les poteaux a donné un affaissement à l'ensemble, mais plus considérable pour la poutre, puisque la flèche est devenue positive, tandis que celle du hourdis est devenue négative, quoique très faible.

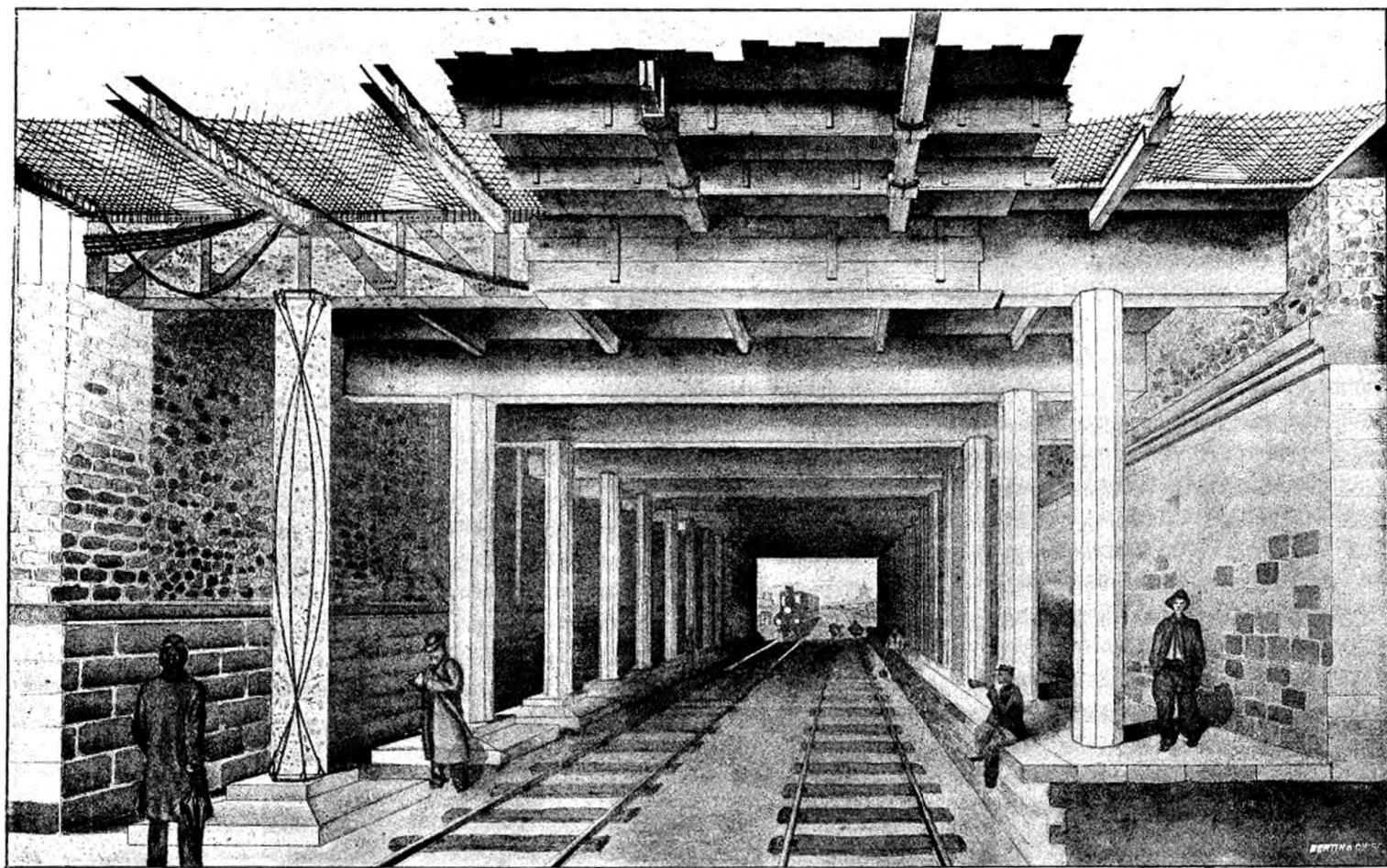


Fig. 87. — Vue en perspective de la tranchée, du dessous de la couverture et des piliers, montrant également le grillage, le coffrage et les câbles.

Après déchargement, le relèvement était complet et aucune trace de fatigue et aucune fissure n'étaient remarquées.

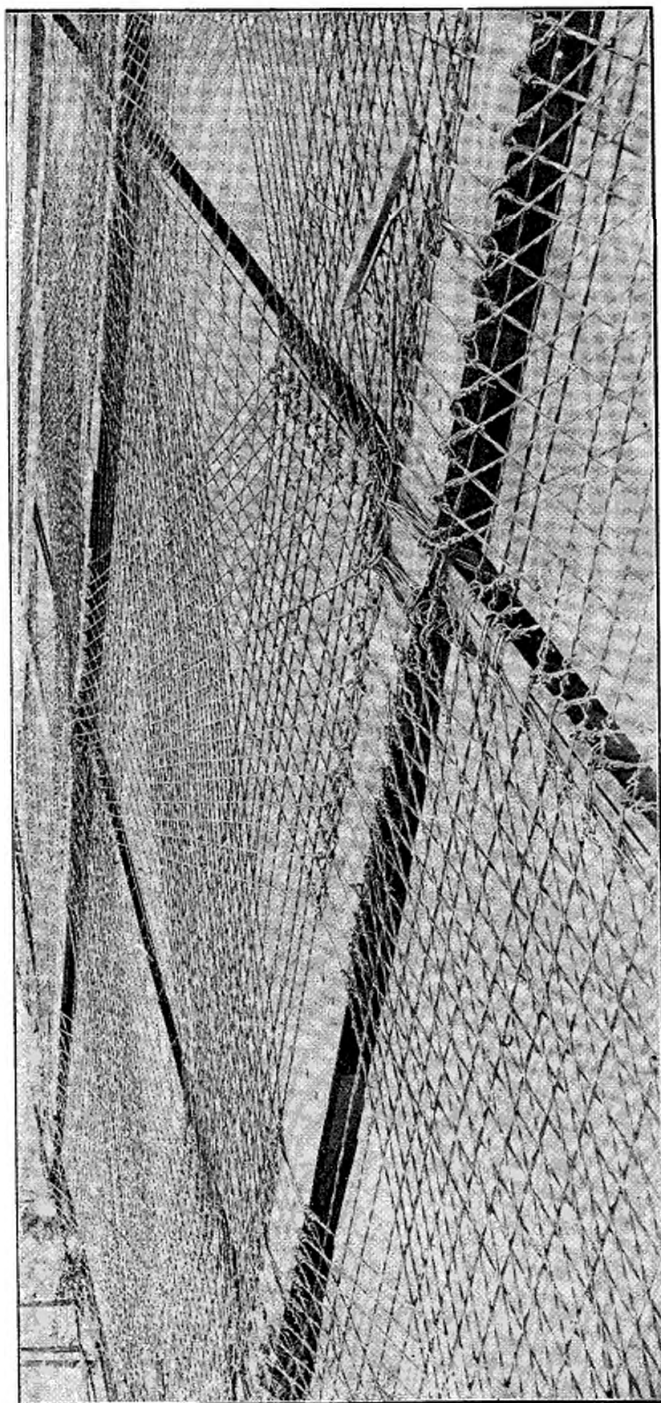


Fig. 88. — Disposition du grillage.

Ainsi qu'on le voit dans le plan d'exécution (fig. 84, p. 128), seules

les poutrelles sont soulagées par le grillage diagonal, tandis que les poutres principales ne le sont que par les câbles suspendus.

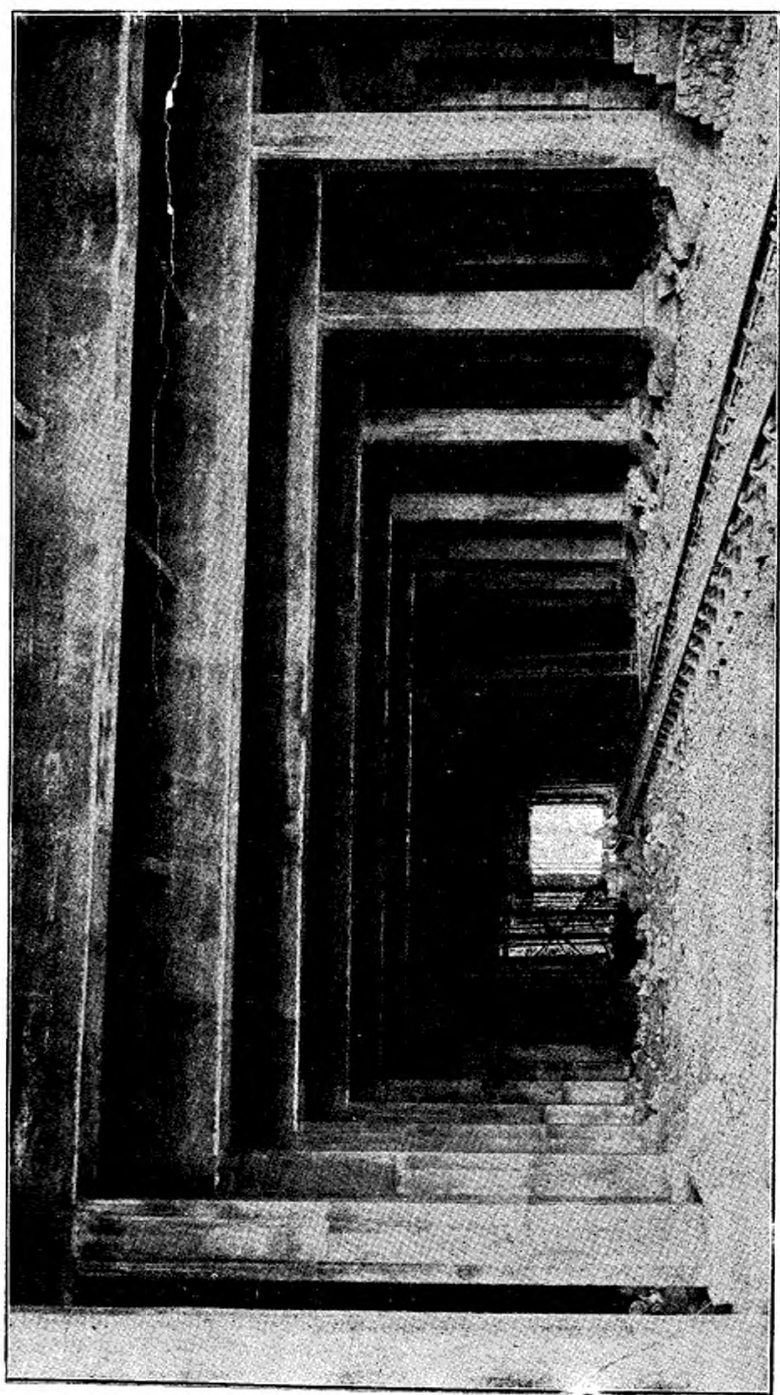


Fig. 80. — Vue intérieure de la tranchée couverte.

La fig. 87, p. 132, donne une vue perspective de la tranchée, du

dessous de la couverture et des piliers avec le grillage, le coffrage et les câbles ; et la fig. 88, p. 133, la disposition du grillage.

La fig. 89, p. 134, donne aussi une vue intérieure de la tranchée couverte.

### 2° *Grand Globe céleste.*

Nous avons déjà parlé du Globe céleste, lorsque nous avons traité la question des piliers et des escaliers en fer béton.

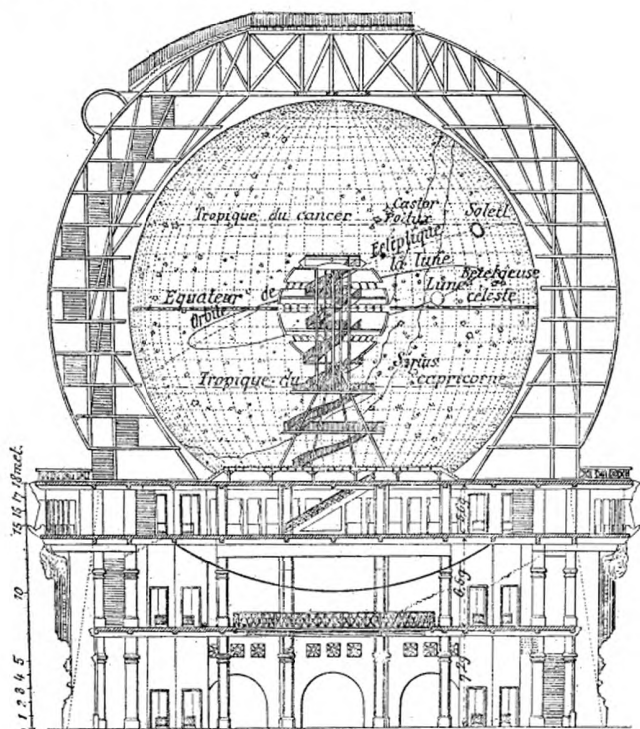


Fig. 90. — Coupe par l'axe du Grand Globe céleste.

Le Grand Globe céleste, dont la fig. 90 donne une coupe par l'axe, comprend une boule de 43 mètres de diamètre reposant sur un piédestal ajouré de 18 mètres de hauteur, pyramide à base carrée dont les trois étages reposent sur des piliers.

A l'intérieur de la grande sphère s'en trouve une plus petite de 8 mètres de diamètre tournant sur son axe. Cette petite sphère représente la terre.

PLATES-FORMES.

Les trois plates-formes, les nombreux piliers, les escaliers, la calotte sphérique, sont en fer béton.

La première plate-forme est située à près de 7<sup>m</sup>,50 du sol ; elle a 1100 mètres carrés de superficie. La deuxième plate-forme, dont la surface est de 1424 mètres carrés, débord extérieurement la ligne des poteaux de 3 mètres par endroits. Elle franchit, au centre, un espace de plus de 16 mètres sans points d'appuis ; dans cette partie, les poutres portent, outre le poids de ce plancher, une partie importante de celui du troisième. Ce dernier, analogue au second, présente des encorbellements un peu plus forts, environ 4 mètres, ce qui porte sa surface à 1530 mètres carrés.

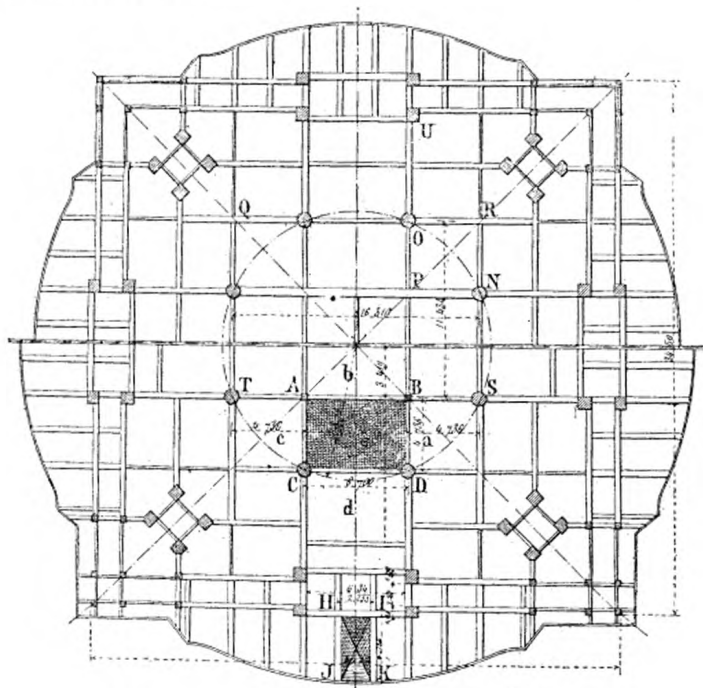


Fig. 91. — Plan du 2<sup>e</sup> et du 3<sup>e</sup> étage du Grand Globe céleste.

La fig. 91 donne les plans du deuxième et du troisième étage. Les piliers sont disposés pour assurer un soutien rationnel à la sphère, c'est-à-dire d'une façon très irrégulière au point de vue du plancher.

*Calcul des fils.* — Le béton a une épaisseur de 0<sup>m</sup>,16, la flèche des fils est en conséquence de 0<sup>m</sup>,14.

La charge par mètre carré est la suivante :

Surcharge (foule). . . . .	500 kilogrammes
Poids mort. . . . .	400 —
Ensemble. . . . .	900 kilogrammes.

Considérons la travée à quatre côtés indiquée sur le plan (fig. 91) par les lettres A B C D. Cette travée mesure  $6^m,700 \times 4^m,736$ .

Le poids que les fils du hourdis ont à supporter est de :

$$6^m,700 \times 4^m,736 \times 900 \text{ k.} = 28567 \text{ kilogrammes.}$$

Les fils du grillage sont attachés sur les tiers des poutres.

A chaque point de division est fixé un fil double (formé de deux fils de 5 millimètres) dans le sens transversal ou longitudinal et un fil double dans le sens diagonal.

Dans cette travée les points d'attache sont espacés de  $0^m,06$ . Nous allons vérifier que les fils paraboliques ainsi disposés sont capables de porter le poids de la travée, soit 28567 kilogrammes, avec un travail de 15 kilogrammes par millimètre carré.

Pour cet effort unitaire, chaque fil de 5 millimètres de diamètre peut supporter :

$$19,635 \times 15 = 294 \text{ kilogrammes}$$

et chaque fil double

$$588 \text{ kilogrammes.}$$

Si  $n$  représente le nombre de fils doubles installés dans la travée, la traction totale qu'ils peuvent supporter ensemble est :

$$T = 588 \times n.$$

Si, de plus, on leur suppose une flèche de  $0^m,14$ , le poids total qu'ils peuvent recevoir est :

$$Q = \frac{8 \times 0,14 \times 588 \times n}{l} = 659 \frac{n}{l},$$

$l$  étant la distance des points d'attaches des fils.

Soient :

$n_1$  le nombre des fils doubles longitudinaux ;

$n_2$  — — — transversaux ;

$n_3$  — — — diagonaux.

*Fils transversaux.* — On a :

$$n_1 = \frac{2}{3} \times \frac{6^m,700}{0^m,06} = 76 ; \quad l = 4^m,736 ;$$

d'où :

$$Q_1 = 659 \frac{76}{4,736} = 10576 \text{ kilogrammes.}$$

*Fils longitudinaux.*

$$n_2 = \frac{2 \times 4^m,736}{3 \times 0,06} = 55 ; \quad l = 6^m,700 ;$$

$$Q_2 = 659 \frac{55}{6^m,700} = 5559 \text{ kilogrammes.}$$

*Fils diagonaux.*

$$n_3 = n_1 + n_2 = 131 ; \quad l = \text{moyenne} = 6^m,82 ;$$

$$Q_3 = 659 \frac{131}{6,82} = 12805 \text{ kilogrammes,}$$

On a donc pour le poids total que peut supporter l'ensemble de ces fils

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 28939 \text{ kilogrammes,}$$

qui est supérieur à la charge de la travée, charge qui est, ainsi que nous l'avons vu, de 28 567 kilogrammes.

Considérons maintenant la travée en encorbellement indiquée sur le plan (fig. 91) par les lettres H I J K.

Cette travée à 4<sup>m</sup>,13 de longueur (porte à faux) et 2<sup>m</sup>,233 de largeur. Les fils sont attachés diagonalement et transversalement. On n'a fait supporter à ces derniers que le poids du triangle non supporté par les premiers, soit le quart du poids de la travée.

Le poids de la travée est de :

$$4^m,130 \times 2,233 \times 900 \text{ k.} = 8298 \text{ kilogrammes.}$$

Calculons le nombre de fils nécessaires pour porter cette charge. Chacun des systèmes diagonaux a comme charge les 3/8 du poids de la travée.

Soit  $n_4$  le nombre de fils simples d'un système diagonal, la tension que leur ensemble peut supporter est :

$$T = n_4 \times 294 ;$$

mais d'autre part :

$$T = \frac{Ql}{8f},$$

dans cette formule,

$$l = \frac{L}{2};$$

L étant la longueur de la diagonale, soit  $L = 4^m,74$ , et de plus :

$$Q = \text{poids supporté par les fils} = 3/8 \times 8298 = 3120 \text{ kilogrammes,}$$

et

$$f = 0^m,14;$$

d'où l'on tire :

$$T = n_1 \times 294 = 3120 \times \frac{4,74}{2 \times 8 \times 0,14},$$

$$n_1 = \frac{3120 \times 4,74}{2 \times 8 \times 0,14 \times 294} = 20.$$

Soit  $n_2$  le nombre de fils simples transversaux sur toute la longueur des poutres.

Dans ce cas :

$$Q = \frac{8298}{4} = 2075,$$

et

$$n_2 = \frac{2075 \times 2^m,233 \times 2}{8 \times 0,14 \times 294} = 30.$$

#### POUTRES.

La charge que les poutres doivent supporter se compose ainsi qu'il suit :

Hourdis (poids mort et surcharge). . .	900 kilogrammes.
Poids de la poutre. . . . .	100 —
Ensemble par m <sup>2</sup> . . .	<hr/> 1000 kilogrammes.

Deux cas se présentent pour les poutres.

1° la poutre ne reçoit pas de poutrelles intermédiaires ;

2° la poutre reçoit des poutrelles intermédiaires qui la chargent uniformément.

1° La poutre A B de la travée A B C D rentre dans le premier cas ; elle porte une partie de la travée *e* (fig. 91) et une partie de la travée *b*, en tout, d'après les calculs, 20 696 kilogrammes. A cause de la répartition du grillage et des câbles, on l'a calculée comme si elle ne portait que la moitié de la charge, soit 10 348 kilogrammes.

Pour ce troisième plancher, la rapidité étant indispensable, on a dû prendre pour les poutres des solives en fer trouvées en magasin, c'est-à-dire des fers de 120. Dans ces conditions, on a calculé les câbles pour la charge totale uniformément répartie de 10 348 kilogrammes. En prenant pour flèche  $f = 0,36$ , les calculs ont donné un nombre total de 84 fils de 5 millimètres, soit 42 fils par câble.

2° La poutre M N du deuxième étage est celle qui répond le mieux au second cas.

La portée est de 16<sup>m</sup>,310. Elle supporte :

La moitié du poids du rectangle K S T uniformément réparti.	93 744 kilog.
Le poids provenant du 3 <sup>me</sup> étage, transmis par les poteaux carrés A et B ; les poids sont ceux des parties carrées du plancher ayant 5 <sup>m</sup> ,718 de côté, soit ensemble. . . .	32 695 kilog.
(Ces charges sont placées à 4 <sup>m</sup> ,736 des appuis).	
Total. . . .	126 439 kilog.

Cette poutre comprend une partie en fer en treillis dont la hauteur hors cornières est de 1<sup>m</sup>,400 ; les semelles de cette partie, au nombre de 4, de 0<sup>m</sup>,300  $\times$  0<sup>m</sup>,20 ont des longueurs telles que la poutre forme un solide d'égale résistance.

Cette partie en fer porte la moitié des différents poids soit 46 874 kilogrammes uniformément répartis et deux poids de 16 348 kilogrammes placés à 4<sup>m</sup>,736 des appuis.

La poutre comprend une deuxième partie formée par des câbles. Les charges concentrées sont réparties sur les câbles par le béton sur une assez grande longueur pour que ceux-ci soient chargés uniformément. Le calcul donne pour section de ces câbles 72 cm<sup>2</sup>, soit 180 fils de 5 millimètres par câble.

Les poutrelles qui s'attachent sur cette poutre sont calculées de la même façon que celles de l'exemple précédent.

## PILERS.

Les piliers ont 7<sup>m</sup>,29 de hauteur au rez-de-chaussée, 6<sup>m</sup>,59 au premier étage et 3<sup>m</sup>,69 au deuxième étage. Ils supportent, outre les 3 plates-formes et la foule qui y circule, la grande sphère céleste de 40 mètres de diamètre, la terre, ses supports et le mécanisme qui la fait mouvoir. Certains d'entre eux portent jusqu'à 190 000 kilogrammes. Les poteaux octogonaux reçoivent 170 000 kilogrammes.

Nous avons vu plus haut comment ces poteaux sont établis. Leur calcul se fait très simplement.

## ESCALIERS ET CLOISONS.

Nous avons également dit plus haut comment ils sont établis ; nous n'y reviendrons pas.

## CALOTTE SPHÉRIQUE.

La calotte sphérique se trouve sous le second plancher et semble continuer la sphère (fig. 92, p. 142). Elle fait partie d'une boule de 41 mètres de rayon. Le second plancher la coupe suivant un cercle de 25 mètres de diamètre. Sa hauteur est de 4<sup>m</sup>,25. Elle est uniquement décorative et n'a aucune surcharge à porter, si ce n'est éventuellement quelques ouvriers.

Afin de permettre le passage de ces hommes, on a ménagé, à la partie inférieure, un trou circulaire d'environ 0<sup>m</sup>,60 de diamètre. Cette calotte est à ossature métallique hourdée de plâtre. Celui-ci a une épaisseur de 0<sup>m</sup>,05, ce qui donne un poids mort de 50 kilogrammes par mètre carré. En prévision de la surcharge possible, on a pris, pour les calculs, la charge de 100 kilogrammes par mètre carré.

L'ossature se compose d'un ensemble de fils doubles (formés de 2 fils de 5 millimètres) situé dans des plans diamétraux et attachés au deuxième plancher.

Afin de répartir la charge et de maintenir le plâtre entre ces fils, on a posé sur ces derniers une toile métallique galvanisée en fil fin et à mailles très larges. Le tout est noyé dans l'épaisseur du hourdis de plâtre.

Les points d'attache des fils doubles sont espacés de 0<sup>m</sup>,33. Chacun d'eux a donc à supporter une bande de 0<sup>m</sup>,33 de large et ayant comme

longueur un arc de grand cercle qui est de  $26^m,50$ , soit pour la charge :

$$Q = 0^m,33 \times 26^m,50 \times 100 = 875 \text{ kilogrammes.}$$

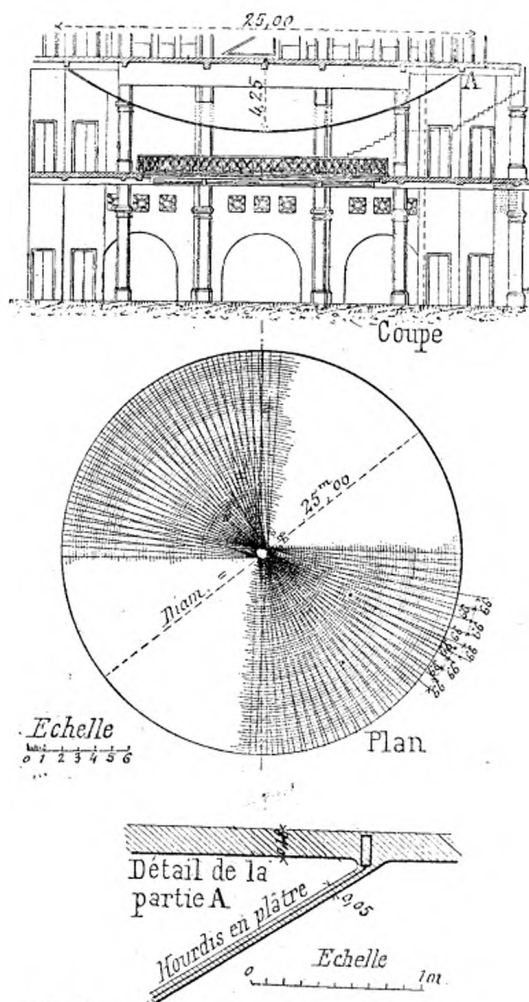


Fig. 92. — Calotte sphérique du Grand Globe céleste.

La courbe des fils se confond très sensiblement avec une parabole ; on peut donc appliquer la formule :

$$T = \frac{Ql}{8f} ;$$

dans l'exemple qui nous occupe, on a :  $Q = 875 \text{ kilog.}$  ;  $l = 26^m,50$  ;  $f = 4^m,25$ .

On en tire :

$$T = \frac{875 \times 25}{8 \times 4,25} = 644 \text{ kilogrammes.}$$

La section d'un fil double étant de 40 mm<sup>2</sup>, le coefficient de travail est :

$$\frac{644}{40} = 16^k,4.$$

Afin de ménager au milieu l'ouverture circulaire de 0<sup>m</sup>,60, les fils ne passent pas exactement par le centre de la calotte, mais sont tangents au cercle d'ouverture en passant tantôt à droite, tantôt à gauche, ainsi que le montre la fig. 92.

*Remarque.*— Il est bon de remarquer que, si ce mode de construction s'applique rarement aux bâtiments ordinaires, il présente des avantages dans le cas de réservoirs. On les fait alors demi-sphériques afin d'avoir le plus grand volume possible sous la plus petite surface.

Dans ce cas, les ancrages des fils, c'est-à-dire les attaches, sont faits dans le mur que l'on élève jusqu'au cercle supérieur de la calotte demi-sphérique.

## 6° Système Cottancin.

Le système de constructions en ciment armé, inventé par M. P. Cottancin, date d'un certain nombre d'années.

Cet ingénieur avait présenté son procédé au Congrès des Procédés de Constructions en 1889, et il en avait fait figurer diverses applications à l'Exposition Universelle de 1889.

A celle de 1900, il a construit la plate-forme du train de luxe du Panorama transsibérien, le pavillon de la République de San Marin, et le massif de fondation destiné à recevoir les machines de la Société Cockerill.

### a. — Dalles.

Le principe de ce système consiste à former une chaîne continue avec une barre de métal de faible section, de n'importe quel profil, et de tisser une trame de la même manière, pour former un treillis ayant des boucles sur tout le pourtour, puis d'englober dans du mortier de

ciment ce treillis qui a en tous points une répartition rationnelle du

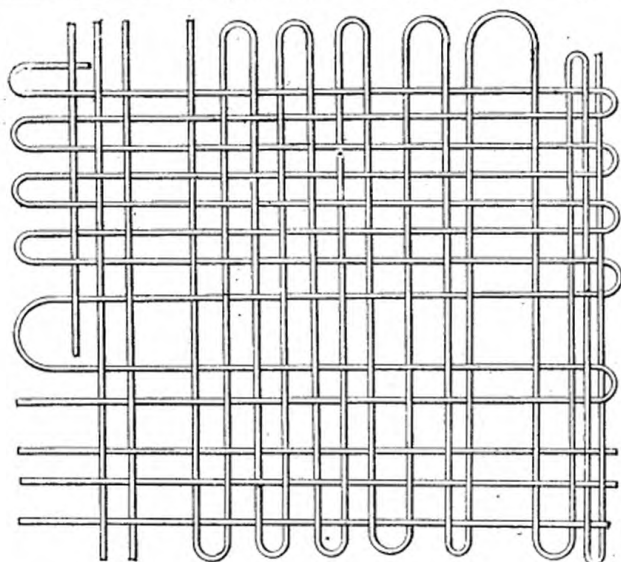


Fig. 93.

ciment, qui s'enchaînent dans les mailles, ne puissent plus se fermer, on y remédie avec des barres de métal A (fig. 93) incorporées dans le

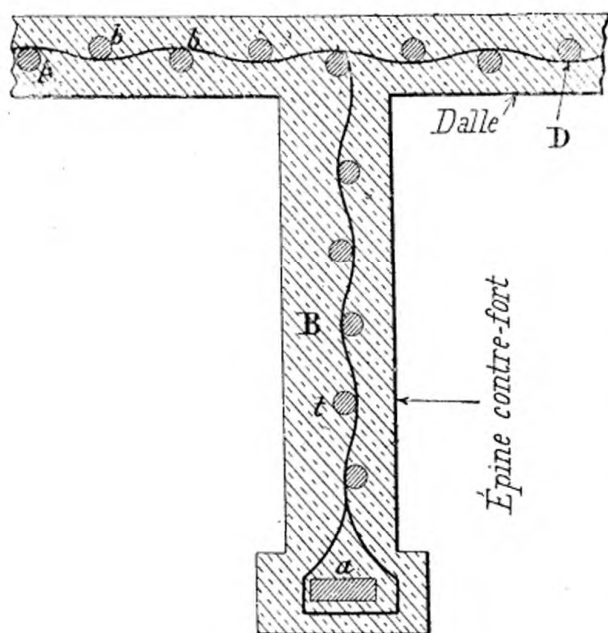


Fig. 94.

une dalle de forme plane ou courbe de très faible épaisseur A (fig. 94) où le ciment englobe l'ossature métallique D.

métal.

La fig. 93 représente cette chaîne tissée.

Les éléments des mailles peuvent se rapprocher ou s'éloigner suivant les besoins. Quand, pour obtenir la résistance demandée, le treillis devient trop serré pour que les parallélogrammes en

tissage; ces dernières viennent donner la quantité de métal nécessaire aux points voulus. Elles sont ordinairement de section rectangulaire pour permettre le croisement des barres les unes sur les autres: mais elles peuvent être aussi de section en simple T, comme l'indique la figure.

On obtient ainsi

### b. — Épines-Contreforts.

Cette ossature peut, si la résistance l'exige, être armée, de distance en distance, dans ses différents sens, par des épines-contreforts B (fig. 95). Ces dernières sont formées par un treillis tissé  $t$  emprisonnant des barres de fer  $a$  de n'importe quelle section et de n'importe quelle forme. Ces barres donnent en tous points la quantité de métal exigée pour la résistance. Les épines peuvent se mettre soit en dessus, soit en dessous, suivant les besoins.

Elles permettent aux dalles de franchir de grands espaces sans qu'on ait à les faire porter sur des barres en fer à T, qui, par leur indépendance des dalles, détruisent l'homogénéité de l'ensemble. Leur treillis s'agrafe sur celui des dalles, comme le montre la fig. 94, et on forme, de cette façon, un tout indéformable.

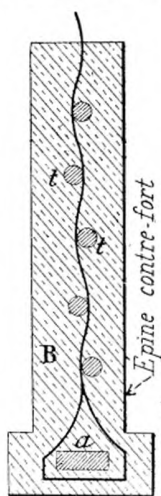


Fig. 95.

### c. — Fers employés.

Le fer employé est ordinairement le fer rond dit *fer à machine*, meilleur que le fer rond *en botte*, et surtout que le fer carré. Les autres fers coûtent plus cher et coupent le ciment par leurs grandes dimensions relatives, qui emprisonnent beaucoup d'air dans leurs angles, de sorte que le mortier est peu compact à l'entour du métal.

### d. — Réseaux métalliques divers.

Les dispositions de tissage du système Cottancin sont multiples; nous ne pouvons en décrire que quelques-unes des plus importantes qui, suivant les cas, sont préférables les unes aux autres comme facilité d'emploi mais qui donnent toutes les mêmes résultats, car toutes n'ont pour but que l'entrecroisement parfait des petits éléments travaillant bien à la compression.

La plus courante est le treillis par chevauchement de brins formant une trame continue à travers une chaîne également continue (fig. 93).

Cette trame continue peut se chevaucher en spirale à travers les lames

de chaîne disposées sur un mandrin de forme quelconque pour que la première lame et la dernière soient voisines afin de former des surfaces fermées de n'importe quelle forme (fig. 96).

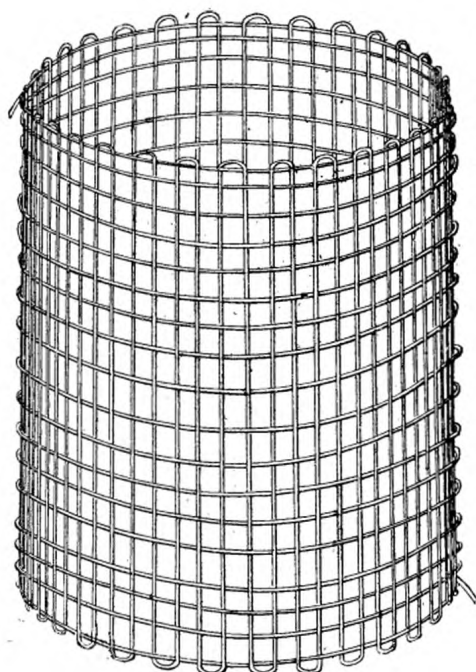


Fig. 96.

On peut aussi former un grillage à simple ou multiple torsion et chevaucher des brins à travers; on peut aussi, toujours à travers le grillage,

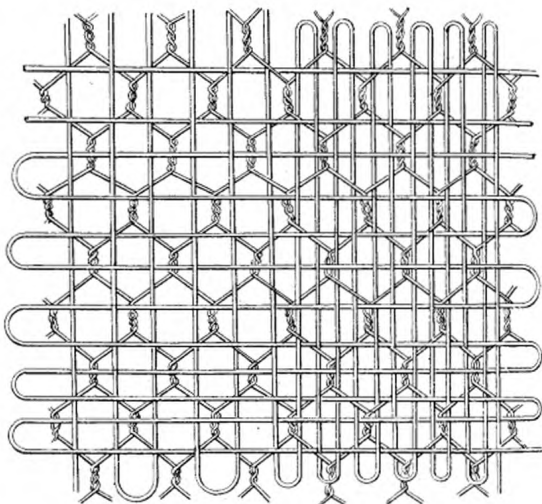


Fig. 97.

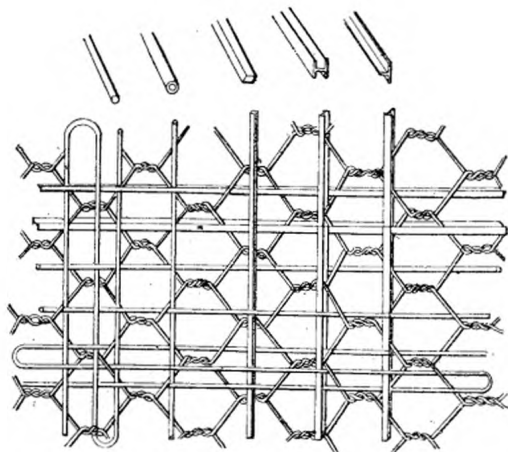


Fig. 96 bis.

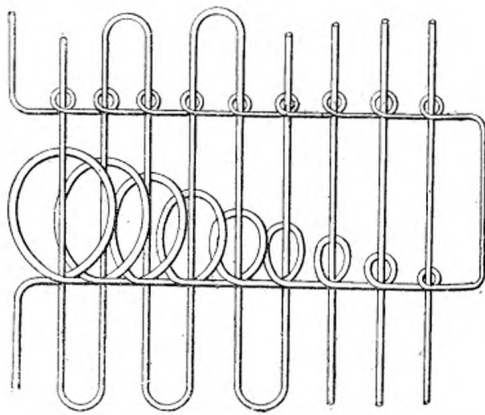


Fig. 98.

passer des brins ou des lames de brins dans le sens vertical, et des brins dans le sens horizontal et inversement (fig. 96 bis).

Si l'on craint que les déplacements latéraux ne trouvent pas dans le grillage assez de résistance, on tisse les brins avec ceux du premier sens (fig. 97).

L'ossature peut être continue avec trame en spirale (fig. 98).

On peut fixer deux chaînes dans deux sens différents (fig. 99) placées l'une sur l'autre, ou combiner la trame en spirale avec le réseau à chaîne et trame tissée.

Pour fixer les boucles des épines-contre-forts, dont nous avons parlé plus haut, on peut les chevaucher en les tissant à travers le panneau d'ossature tissé de la surface ou faire passer des boucles au travers du panneau et les remailler comme l'indique la fig. 100.

Cette disposition, comme celle de la spirale, donne beaucoup de solutions de tissage, dont les principales sont données fig. 101 à 104.

On peut emprisonner dans ces ossatures des tubes destinés à laisser circuler des liquides ou des gaz, ce qui permet d'employer ce système dans bon nombre d'industries.

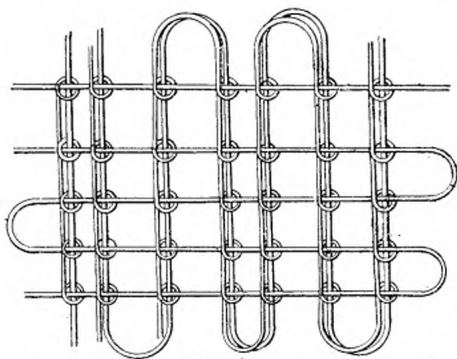


Fig. 99.

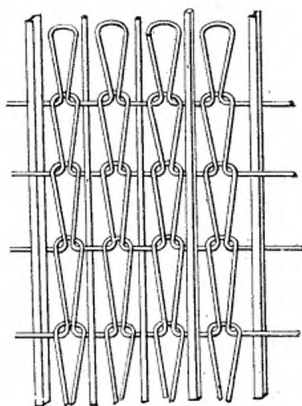
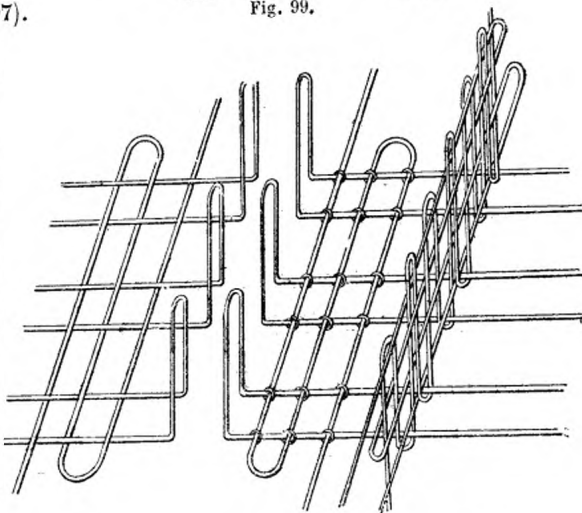


Fig. 100.

On peut faire chevaucher ces ossatures dans des corps creux comme

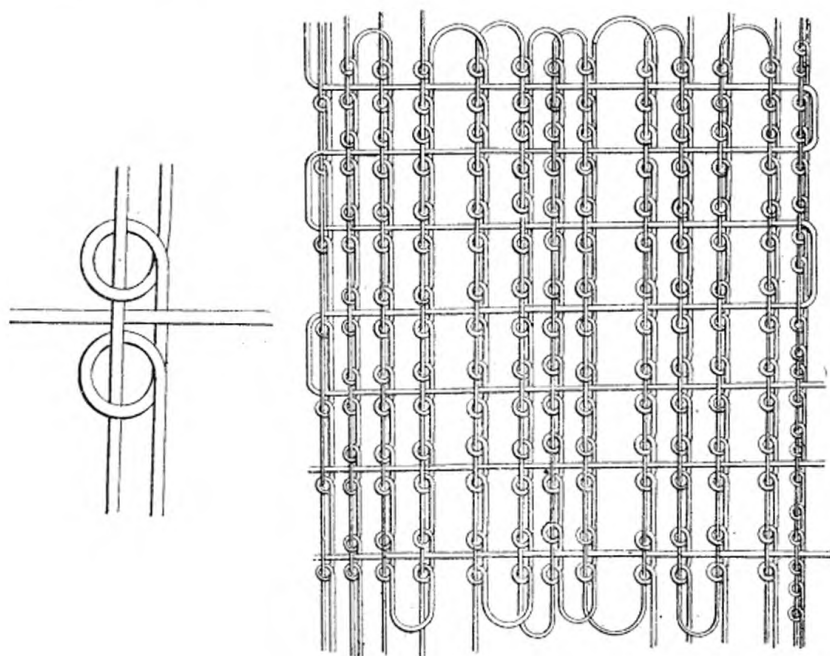


Fig. 402.

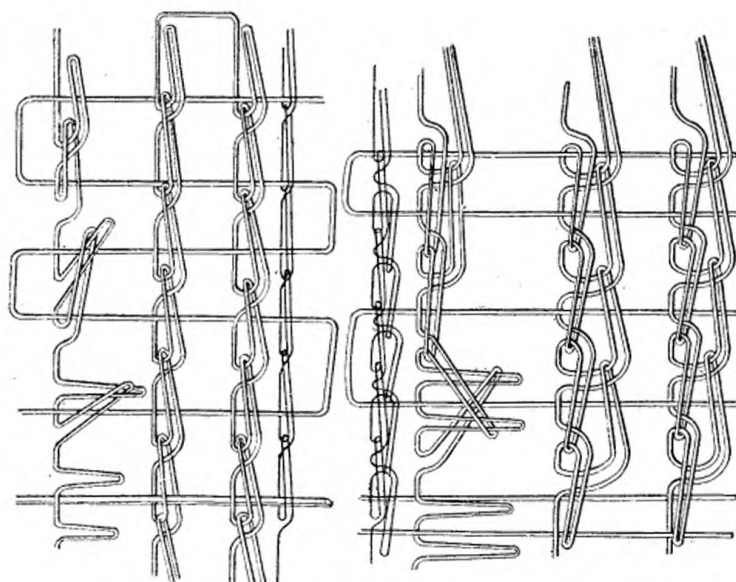


Fig. 401.

les briques perforées ou le long de solides pleins à rainures (carreaux

de mosaïques, verres, etc.), afin de rendre transparentes certaines parties d'une construction (fig. 103, p. 150).

L'ossature dont nous venons d'indiquer les principales dispositions, peut se fabriquer indépendamment du cimentage, c'est-à-dire en chantier ou sur place, et avec une surveillance qui seule peut offrir de la sécurité à ce genre de construction.

L'indéformabilité de l'ossature, facile à transporter, permet

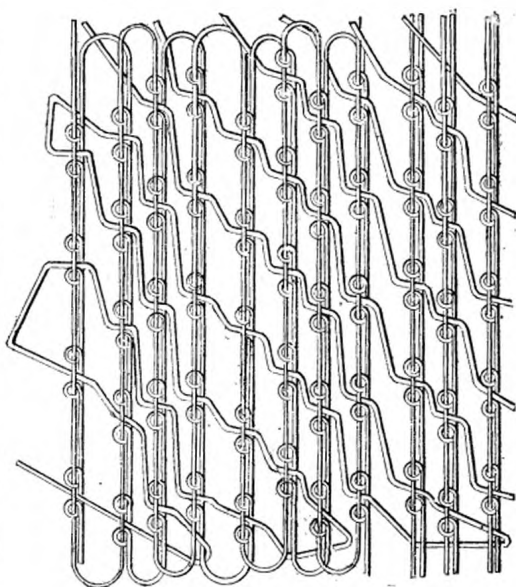


Fig. 104.

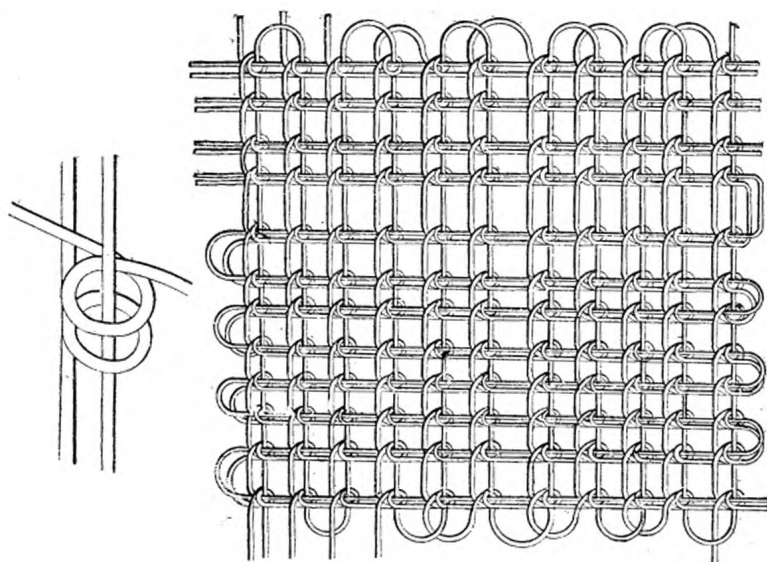


Fig. 103.

aussi la compression du ciment avec les épines-contreforts. Il est pos-

sible d'exécuter n'importe quelle surface plane ou courbe de toutes dimensions sans que les éléments métalliques aient besoin d'être assemblés par des moyens mécaniques. Les croisements se font sans nuire à

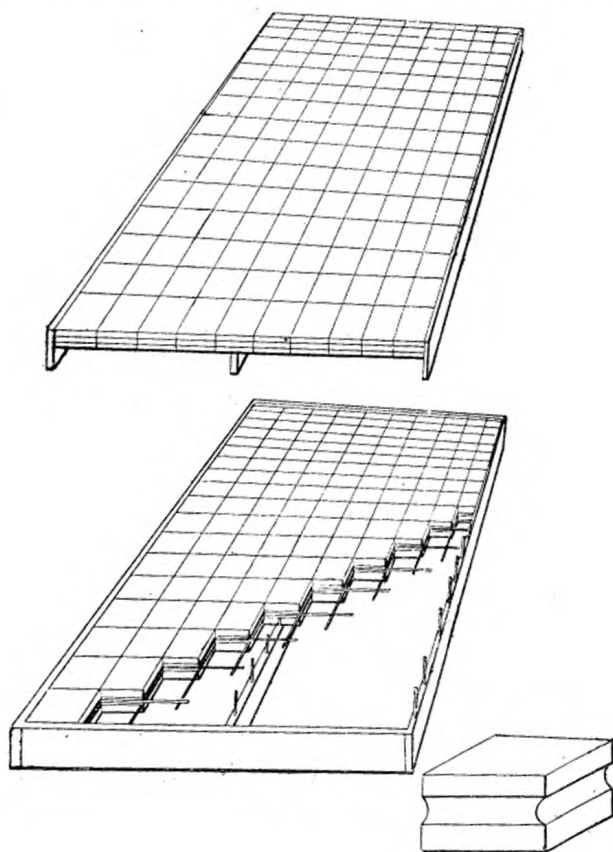


Fig. 403.

la résistance du métal. De cette façon, on bénéficie des avantages de la maçonnerie et de ceux de la construction métallique, tout en évitant bon nombre de défauts inhérents à ces deux genres de constructions.

*e. — Mise en œuvre.*

Voyons maintenant l'application du système Cottancin aux édifices.

**1° PLANCHERS.**

En ce qui concerne les planchers, le principe est de faire porter une dalle en ciment avec ossature métallique sur des piles résistantes.

La dalle (fig. 106) est armée par des *épinges* A qui reportent les charges sur les piles P. Une *épine-cadre* B, portant sur les piles, fait le tour de la pièce, et complète la dalle, qui ainsi ne repose réellement que sur les points d'appui P. Des *épinges-diagonales* rendent solidaires les points d'appuis qui, entretoisés en outre par l'*épine-cadre*, empêchent le déversement de la façade.

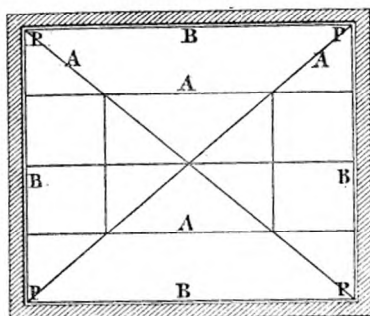


Fig. 106.

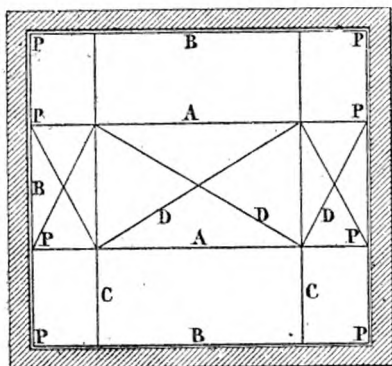


Fig. 107.

La fig. 107 montre une disposition de plancher comprenant huit piles P, une *épine-cadre* B, 2 *épinges* transversales A, 2 *épinges* longitudinales C, et 6 *épinges* diagonales D.

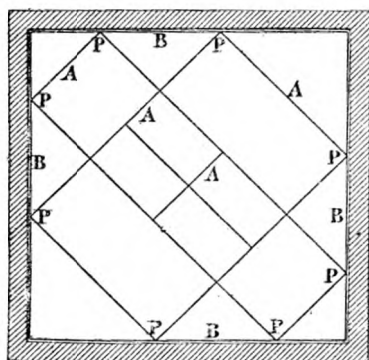


Fig. 108.

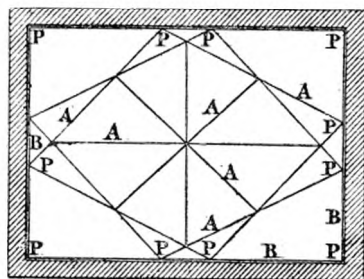


Fig. 109.

La fig. 108 donne, au contraire, une disposition ne comprenant que des *épinges* diagonales A, avec un cadre B et 8 piles P.

Enfin, dans la fig. 109, les *épinges* diagonales A forment des parallélogrammes qui se coupent en plusieurs points, avec une *épine-cadre* B et 12 points d'appui P.

On retrouve une application de ces différentes dispositions de planchers, dans l'hôtel construit par M. Cottancin pour M. de Baudot (fig. 110 a, 110 b, 110 c). La fig. 110 c montre en outre l'effet perspectif de ces planchers vus en dessous.

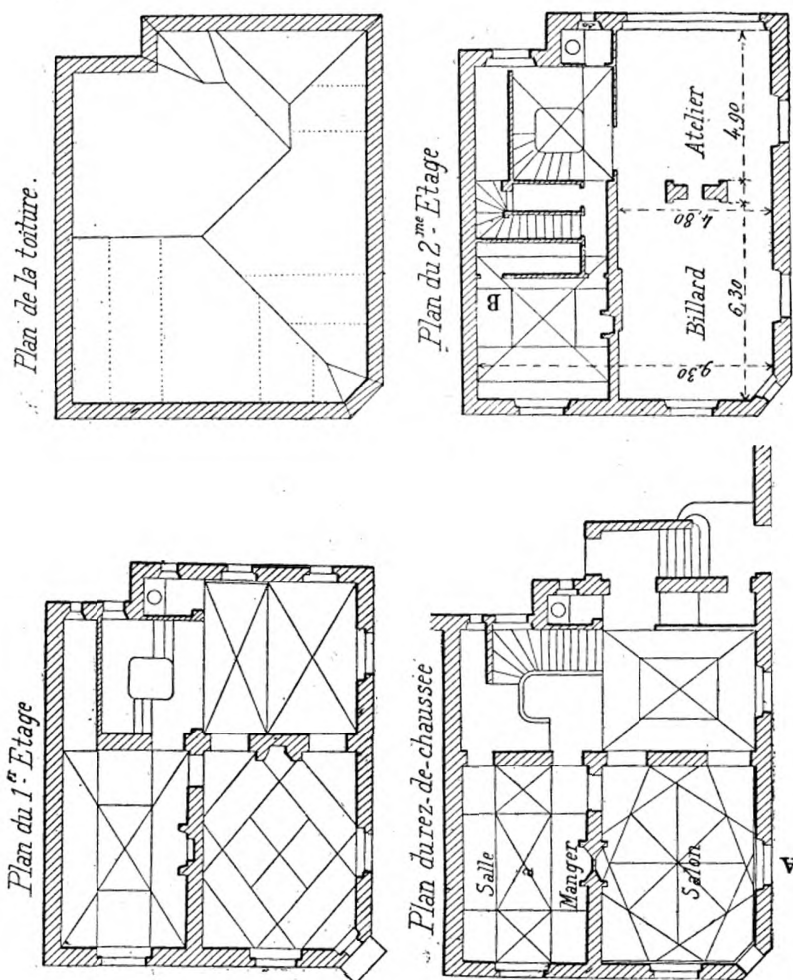


Fig. 110 a. — Hôtel de M. de Baudot. — Echelle de 0<sup>m</sup>,005 pour 4<sup>m</sup>,00.

Voici comment on établit ces planchers.

On commence par monter toutes les épines servant de poutres pen-

*Façade sur la rue de Pomereu*

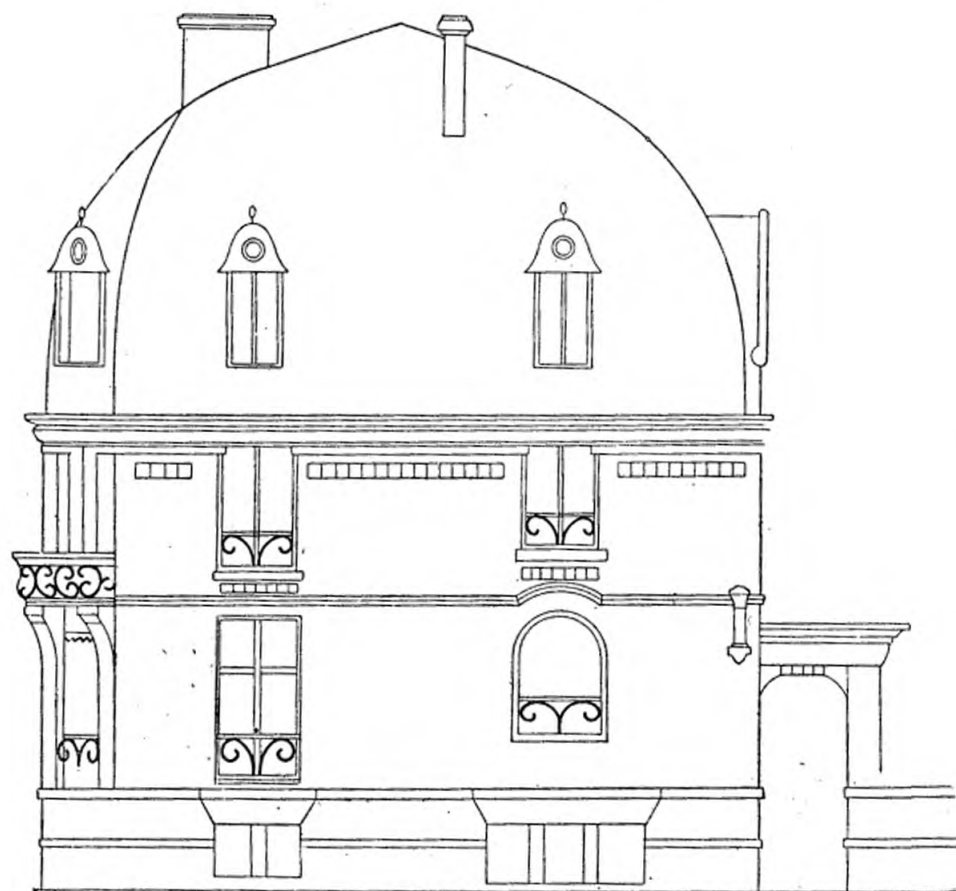


Fig. 410 b. — Hôtel de M. de Baudot. — Echelle de 0<sup>m</sup>,007 pour 1<sup>m</sup>,00.

*Coupe perspective*

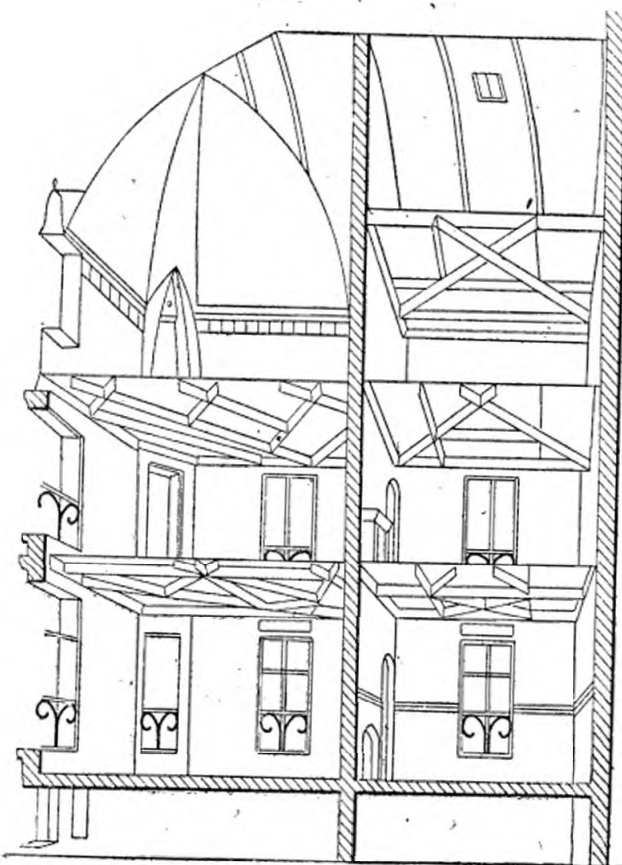


Fig. 410 c. — Hôtel de M. de Baudot. — Echelle de 0<sup>m</sup>,007 pour 1<sup>m</sup>,00.

dant que l'on édifie les murs de la construction. Les épines, construites à part, sont montées à la partie supérieure du bâtiment au moyen d'un palan comme de simples fers à double T. En ce qui concerne les épines diagonales qui se croisent, on supprime la barre de fer de la partie supérieure de l'une d'elles, tandis que l'autre épine a dans toute sa longueur ses deux barres. On place d'abord l'épine qui a conservé ses deux barres. On entaille, aux points de croisement, l'épine à une seule barre, on l'introduit, par dessous, à cheval sur l'autre épine.

Une fois les deux épines emmanchées l'une dans l'autre, on fait passer sur le dessus de l'épine à une seule barre, la deuxième barre qu'on tisse avec les boucles du panneau de l'épine, pour avoir, lorsque cette barre est garnie de ciment, un ensemble de deux barres croisées sans assemblages, puisque les barres et les fils de fer se traversent tout en ayant toute la longueur des épines.

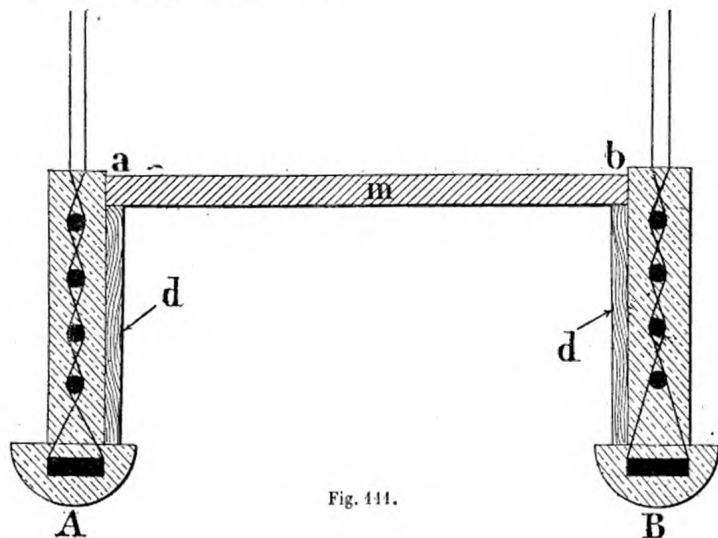


Fig. 111.

Une fois que ces dernières sont mises en place, on procède au cintrage. A cet effet, on forme, sur un cadre en liteaux, une ossature légère qu'on emprisonne ensuite dans une couche de plâtre. Cette couche étant à l'abri de l'eau par la surface en ciment, ne fait pas oxyder le métal de la petite ossature englobée dans les plaques. Ces plaques, de 2 centimètres d'épaisseur, peuvent se transporter sur des longueurs de 3 à 4 mètres. Les épines A et B (fig. 111) ont leurs extrémités inférieures en saillie et reçoivent des taquets de supports *d*. Ces derniers servent

à maintenir les plaques *m* au niveau voulu *ab*. C'est sur ces cadres que l'on vient tendre le réseau métallique.

Ce réseau se place par panneaux, en faisant les ligatures nécessaires entre les boucles restées libres des épines A et B (fig. 111). On coule le ciment qui doit emprisonner l'ossature et rendre solidaires entre elles les différentes épines déjà placées.

Lorsque le ciment est pris, on retire les taquets *d* et on fait descendre la plaque de cintrage *m* sur les boudins *a' b'* (fig. 112). Sur la face inférieure de cette dernière, on fait l'enduit en plâtre.

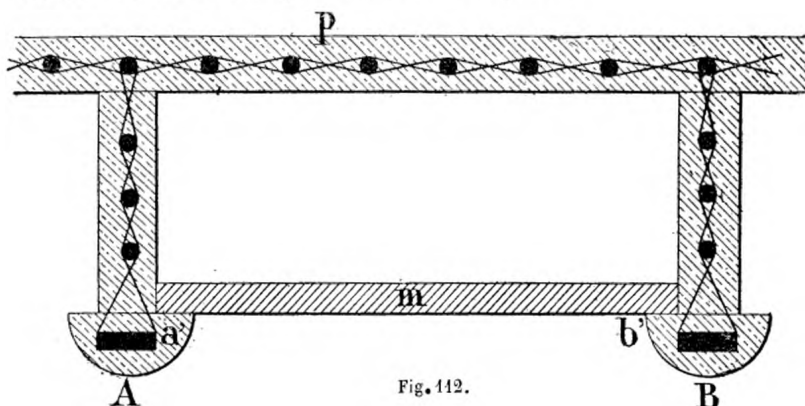


Fig. 112.

Si l'on ne veut pas laisser les épines nervures apparentes, on remplace les boudins par de simples saillies horizontales.

Pour la pose du parquet, on scelle des liteaux de 0<sup>m</sup>,02 d'épaisseur, encastrés de 0<sup>m</sup>,01 dans la dalle en ciment. Ils sont, pendant la construction de la dalle, maintenus solidement par des clous à bâteaux dans le mortier de ciment. Ils dépassent cette dalle de 0<sup>m</sup>,01



Fig. 113.

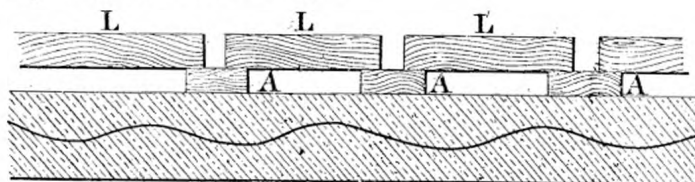


Fig. 114.

pour en écarter les lames de parquet. Sur ces liteaux A (fig. 113), on cloue des lames de parquet L. L'ensemble est représenté fig. 114.

Nous donnons (fig. 115) une vue photographique de la construction de la plate-forme du train de luxe du *Panorama transsibérien* de la Compagnie des Wagons-lits dans la section de l'Asie russe à l'Exposition Universelle de 1900. Cette plate-forme est divisée en deux parties : l'une pour le public, et devant supporter 500 kilogrammes par mètre carré; l'autre, en arrière, porte les wagons et les rails. Les murs de support sont en briques armées de 33 centimètres sur 33 centimètres parce que

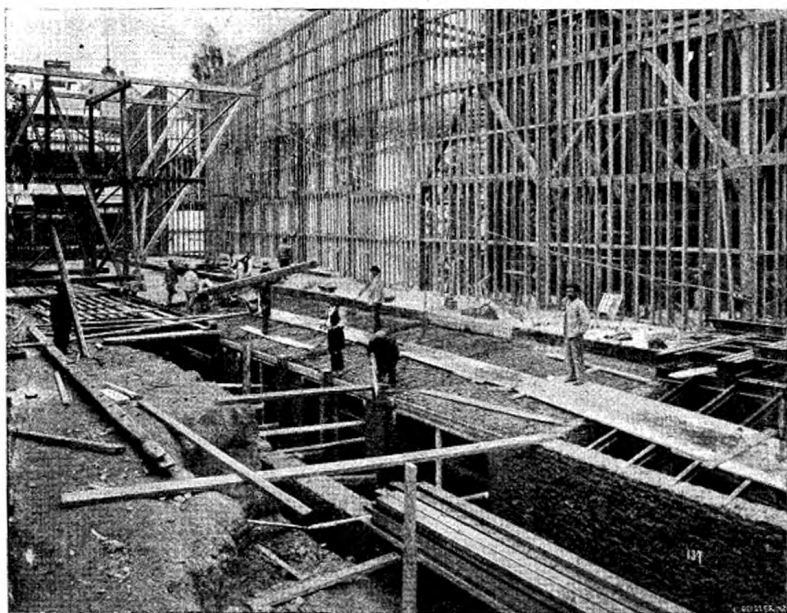


Fig. 115. — Vue prise pendant la construction de la plate-forme du train de luxe du *Panorama transsibérien*, à la Section de l'Asie russe, au Trocadéro.

les dispositions de la construction armée ne permettent pas le déplacement latéral des piles. En effet, un rang de briques armées ne peut que rester horizontal sous la compression sur le bord au lieu du centre, tandis que les piles ordinaires ou les colonnes en construction métallique sont déjetées parce que les éléments forment claveaux les uns par rapport aux autres, tendant ainsi à arrondir le point d'appui.

## 2<sup>e</sup> COMBLES.

Voici maintenant les dispositions appliquées aux couvertures.

On commence par faire (fig. 116) un faux plancher en ciment avec



Comme exemple de comble établi sur ces principes nous donnons celui de l'aile gauche du Lycée Victor-Hugo. La couverture est en zinc (fig. 118). Les pannes A sont en ciment avec ossature métallique.

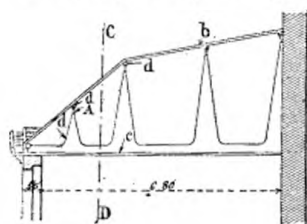


Fig. 118. — Coupe suivant AB.

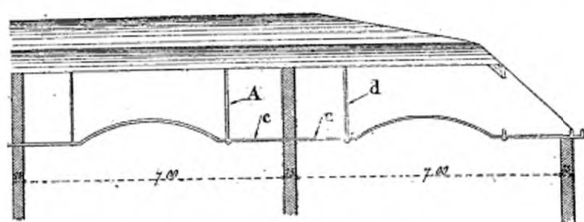


Fig. 119. — Coupe suivant CD.

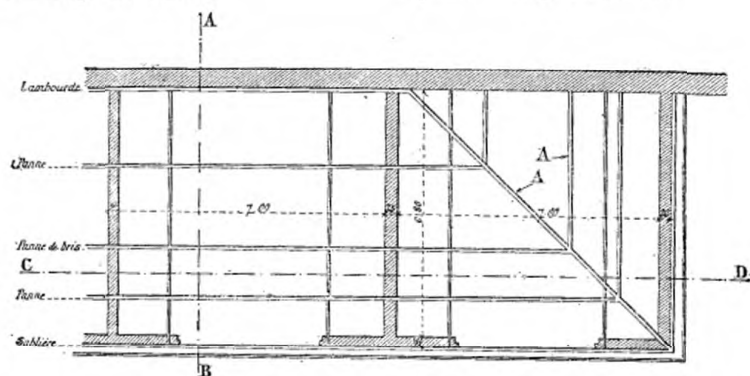
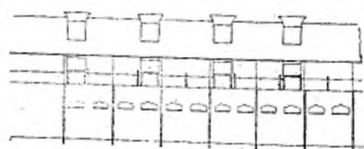


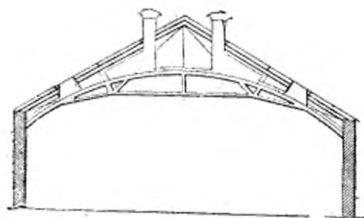
Fig. 120. — Plan vue en dessus.

Fig. 118 à 120. — Comble de l'aile gauche du Lycée Victor-Hugo. — Échelle de 0<sup>m</sup>,005 pour 1<sup>m</sup>,00.

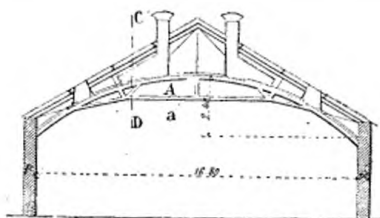
Elles sont doublées de pièces de bois *a* formant chevrons. Ces doublures reçoivent les chevrons *b* de la couverture. Les pannes sont rendues solidaires du faux plancher *c* par des butoirs *d* de même constitution. La fig. 120 donne la vue en plan de cette charpente. Une coupe longitudinale (fig. 119) complète le détail de l'ossature.



Élévation.



Coupe suivant AB.



Coupe suivant EF.

Fig. 121 à 123. — Comble de la papeterie de la Haye-Descartes. — Échelle de 0<sup>m</sup>,0025 pour 1<sup>m</sup>,00.

la charpente une voûte armée A formée par des épines-contreforts *a* pour éviter la chute des gouttes d'eau de condensation.

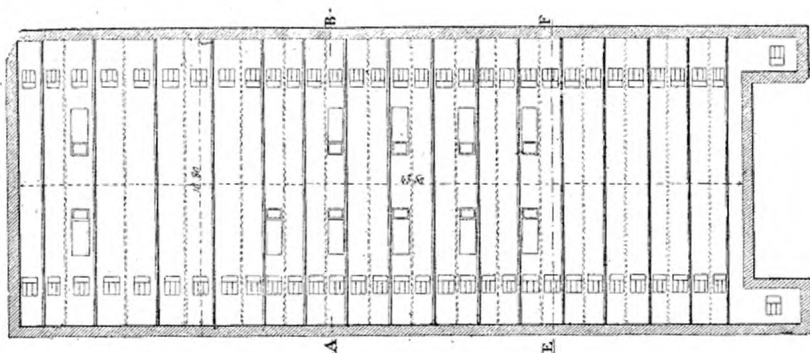
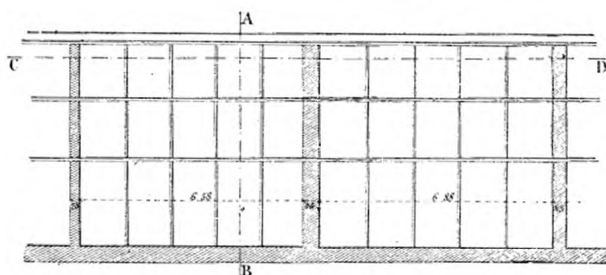
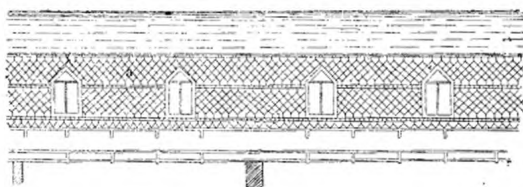
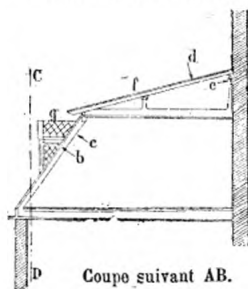


Fig. 124. — Comble de la papeterie de la Haye-Descartes. — Echelle de 0m,0025 pour 1m,00.

Pour décorer la surface extérieure des combles, on peut employer (fig. 125 à 127) des ardoises posées à bain de mortier de ciment comme cela a été fait au Lycée Victor-Hugo. Le comble est à la Mansard, en ciment avec ossature métallique.



Plan.

Fig. 125 à 127. — Comble du Lycée Victor-Hugo.

La double paroi est constituée par les plaques de cintrage *c*. La

double paroi du terrasson *d* est en ciment avec ossature métallique. Elle forme le plafond. Elle est reliée à des pannes en ciment, doublées de bois pour recevoir la doublure en zinc *f*. Les lucarnes *g* sont en ciment avec applications d'ardoises.

On peut aussi établir avec le système Cottancin des combles circulaires en forme de dôme, etc. Nous donnons (fig. 128) une vue photographique, prise pendant les travaux, des arcs formant le dôme du

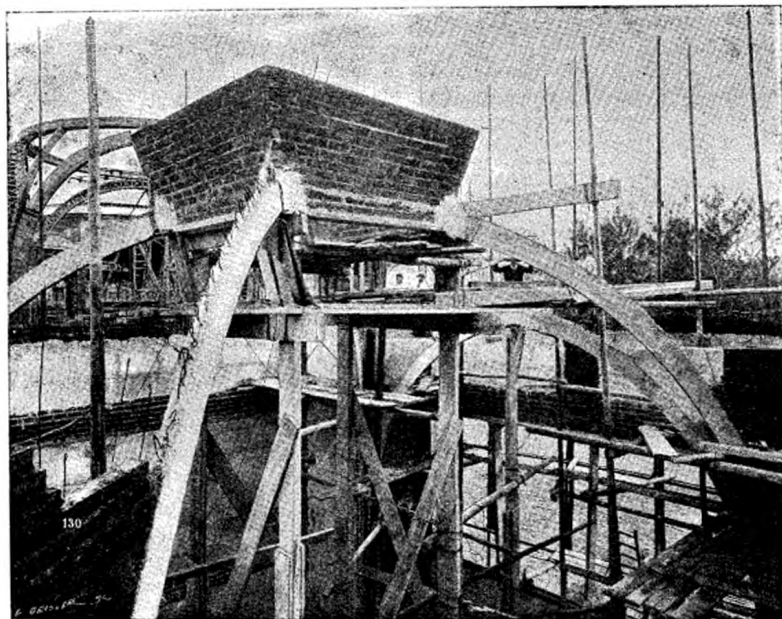


Fig. 128. — Vue prise pendant la construction des arcs formant le dôme du Pavillon de San-Marino.

Pavillon de la République de San-Marino à l'Exposition Universelle de 1900. Quatre arcs en ciment armé forment l'ossature de la coupole. Ils se raccordent à une terrasse en ciment armé surmontée d'un lanterneau en briques armées. Ces arcs forment des *épinès-contreforts* qui reçoivent les dalles également en ciment armé qui sont la base du terrasson. La photographie montre aussi les arcs de la voûte intérieure en plâtre armé.

La fig. 129 donne une vue photographique de la terrasse-couverture avec ses *épinès-contreforts* dont la triangulation assure la rigidité élastique du plancher et garantit l'étanchéité du travail. La figure montre

aussi la pose des panneaux sur le cintrage en plâtre armé. Comme dans la précédente photographie, on remarque les briques armées du

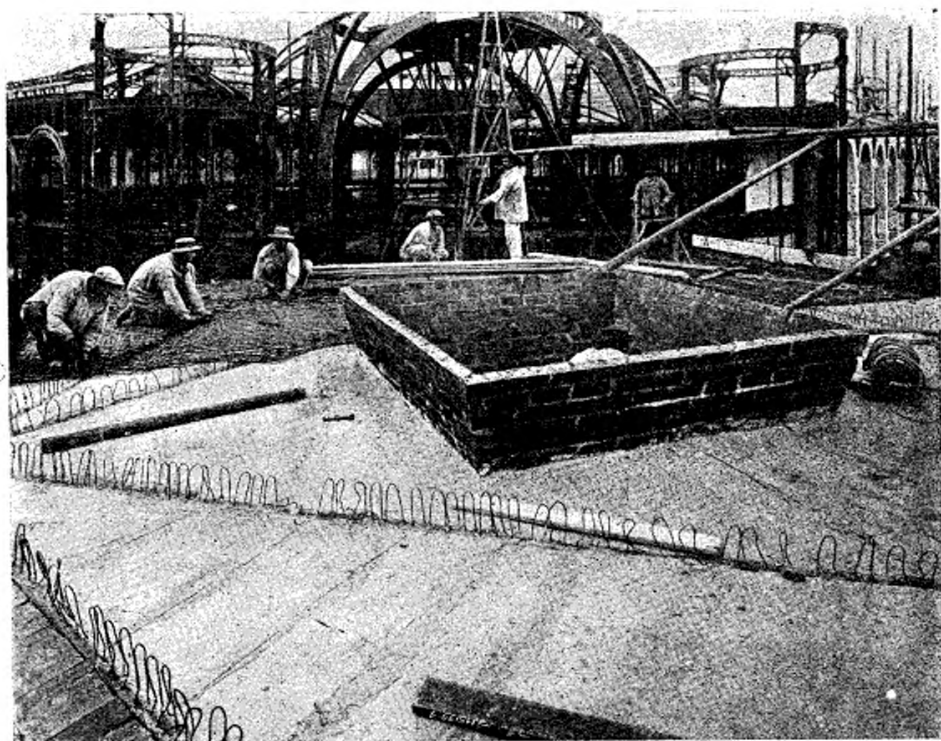


Fig. 129. — Vue photographique de la terrasse-couverture du Pavillon de San-Marin.

lanterneau avec leurs fils de fer, sur lesquels nous reviendrons plus loin.

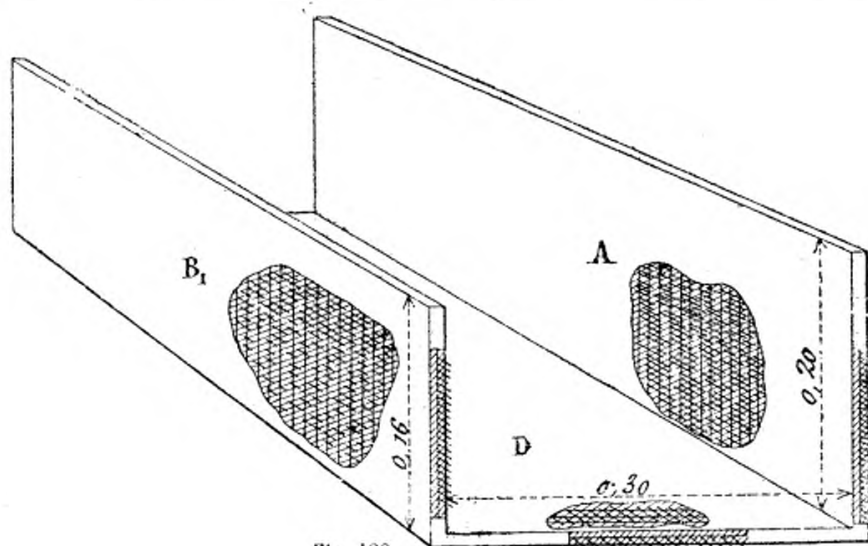


Fig. 130.

#### 4° CHÉNEAUX.

Les chéneaux peuvent aussi être constitués par une série d'épines A

(fig. 130), formant cadre et se raccordant avec les épines de la couverture B (fig. 131). Une autre série d'épines B, (fig. 130), A, (fig. 131),

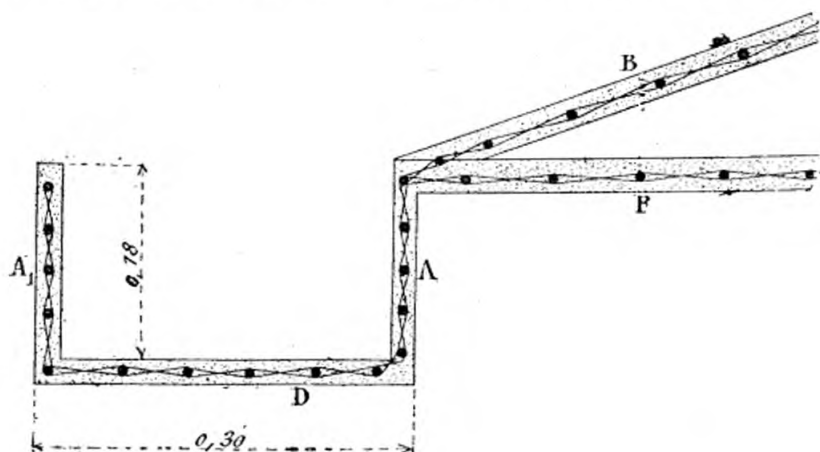


Fig. 131.

forme le devant du chéneau. Le fond est constitué par une dalle D (fig. 130 et 131) en ciment armé dont l'ossature métallique est agrafée avec celle des épines A et B, (fig. 130), A et A, (fig. 131). Le tout, formant une seule pièce en ciment, est soutenu en encorbellement au dehors.

### 5° LUCARNES.

Pour les lucarnes, leur charpente est formée par une série d'épines

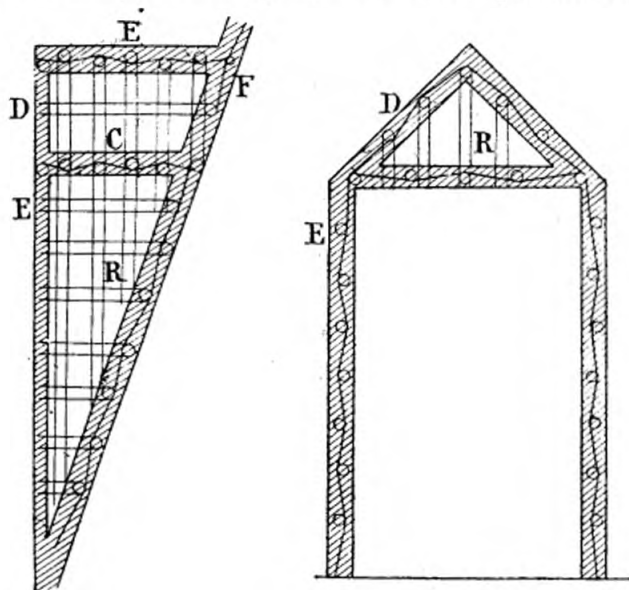


Fig. 132.

BCDEF reliées entre elles et avec les épines du reste de la couverture.

La toiture et les jouées de ces lucarnes sont formées par des remplissages R, en panneaux de dallage, avec ossature métallique soigneusement attachée aux épines dont nous venons de parler.

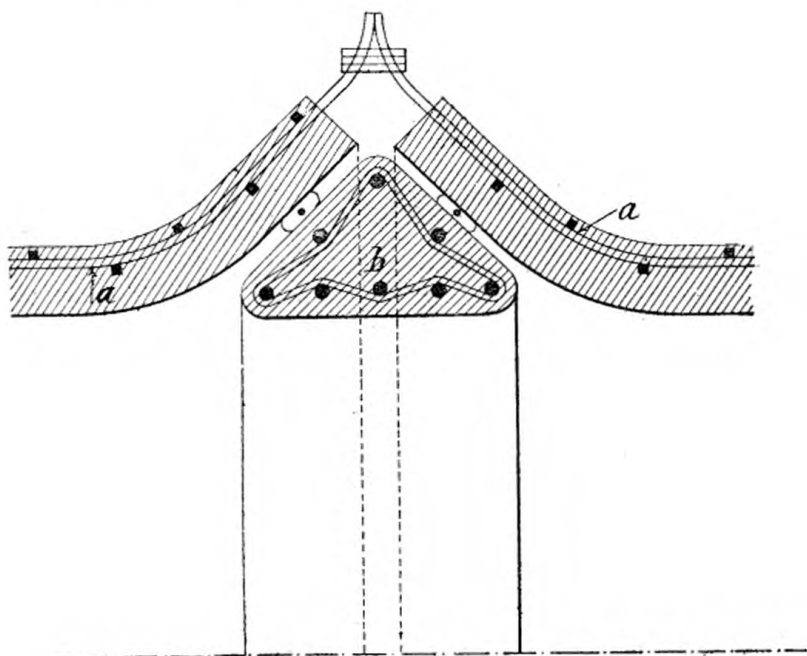


Fig. 133.

#### 6° TUYAUX.

Le ciment avec ossature métallique permet aussi de fabriquer des tuyaux de conduites d'eau. On forme le cylindre du tuyau avec le treillis métallique *a* (fig. 133), et on comprime le ciment autour. Pour la jonction de deux tuyaux, on glisse entre eux une couronne *b* également en ossature métallique avec ciment. Les bouts des tuyaux viennent se joindre dessus, et on ligature les treillis des deux tuyaux.

La fig. 134 montre l'ensemble des deux tuyaux reliés entre eux, et la fig. 135 le détail de la couronne.

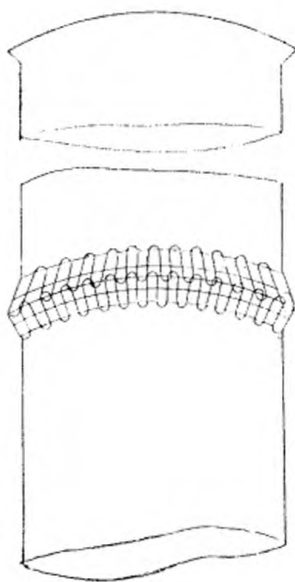


Fig. 134.

## 7° CLOISONS.

On peut relier les différents planchers par une ossature verticale, puis l'enduire de ciment ; de la sorte, les cloisons constituent, avec les planchers, des grandes poutres qui arment les dalles en ciment au lieu de les surcharger.

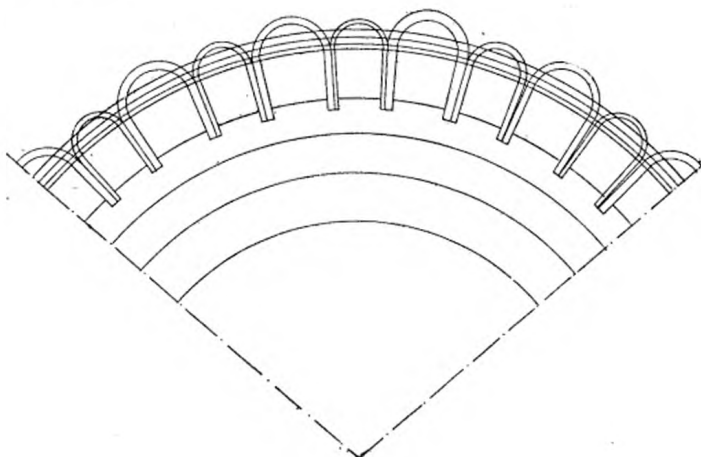


Fig. 135.

Il faut, pour monter la cloison, un ou deux coffrages difficiles à maintenir en place. De plus, il est nécessaire de laisser au ciment le temps de faire sa prise, ce qui immobilise une grande quantité de coffrages.

## 8° PANS DE BRIQUES ARMÉES.

Pour ces motifs M. Cottancin préfère intercaler dans les mailles de son ossature des solides pleins ou creux.

Dans le cas de briques pleines, les brins de la chaîne et de la trame de l'ossature passent dans les joints horizontaux et verticaux qui sont garnis par du mortier de ciment.

Pour les pièces creuses, la chaîne passe dans tous les trous des briques creuses ou seulement dans un certain nombre, suivant la résistance à donner ; les vides, où passent les brins de trame suivant les joints horizontaux, sont également garnis de ciment.

Si les cloisons n'ont pas de grandes charges à porter, on constitue, avec des briques, armées par une ossature, une espèce de pan de fer et le reste est rempli avec les briques ordinaires ou avec des carreaux de

plâtre, de ciment ou de toute autre matière. Ces pans de briques peuvent être armés très solidement par des barres métalliques qui passent dans les trous ou les joints des briques.

Pour obtenir des surfaces verticales portant de fortes charges, on supprime les remplissages, tout en fortifiant les parois en briques armées par une ossature avec épines-contreforts en ciment ou en solides creux ou pleins, armés également par une ossature.

On peut établir aussi des doubles cloisons avec des solides creux ou pleins armés par une ossature et entretoisés par des épines-contreforts.

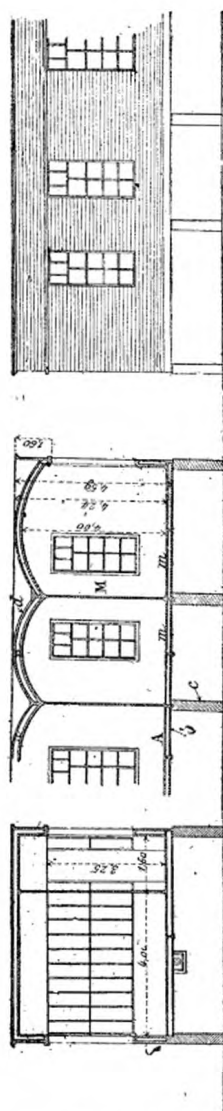
La cloison intérieure peut être aussi constituée par des dalles de cintrage, des carreaux de plâtre ou des briques pleines ou creuses non armées.

Avec des briques de 0<sup>m</sup>,05 d'épaisseur en double cloison, armée suffisamment par des épines-contreforts, ou seulement en simple cloison également armée d'épines, on construit des façades de maisons à six étages portant planchers pour des surcharges aussi fortes qu'on le désire.

En employant des briques décoratives, telles que la brique blanche ou rouge à arêtes vives, la brique émaillée, des pièces creuses en grès émaillé ou non, de la faïence émaillée, on obtient tous les effets décoratifs les plus brillants, tout en utilisant ces produits, non comme placages, mais en réalité comme matériaux de construction.

Comme exemple de cloisons en briques armées, nous donnons (fig. 136 à 139) le plan, coupe et élévation de l'un des pavillons des diphtériques à l'Hôpital des enfants malades.

Les planchers sont en ciment avec ossature métallique, armés par des épines-contreforts, avec double paroi formée par les plaques de cintrage.



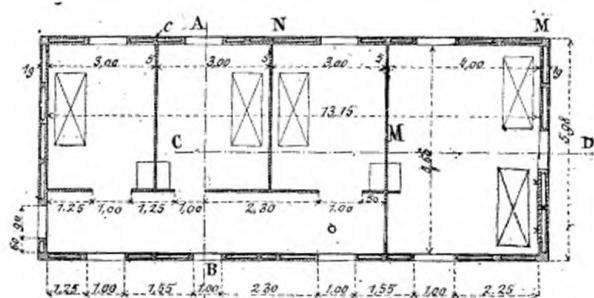
Face MN (fig. 139).

Coupe suivant CD (fig. 139).

Coupe suivant AB (fig. 139).

Fig. 136 à 139. — Pavillons d'isolement des diphtériques.

Ces planchers reposent sur des piles en briques armées posées sur le sol. La couverture est à double paroi en ciment armé.



Plan.

Fig. 439. — Pavillons d'isolement des diphtériques.

Les murs, en doubles parois, sont en briques armées et communiquent avec le matelas d'air du plancher et de la couverture.

Comme exemple de murs en briques armées, nous citerons les façades du Pavillon de la République de San-Marin.

Elles sont composées de briques armées formant l'ossature. Les remplissages sont en carreaux de plâtre armé.

Les murs ont 6 cm d'épaisseur, sans contreforts. Ils soutiennent les 4 arcs en ciment armé qui forment l'ossature de la coupole. Ils sont raccordés à la couverture. Celle-ci forme une terrasse en ciment armé avec lanterneau en briques armées.

#### 8° PILIERS.

Avec ces briques, ces solides pleins ou creux, on peut constituer des piliers pleins ou creux de toutes formes et de toutes dimensions.

On peut aussi, avec l'ossature métallique, faire des colonnes de toutes dimensions. Nous citerons comme exemple le massif qui supporte les appareils de la Société Cockerill au Champ-de-Mars. Des piles de briques armées emprisonnent des tuyaux en ciment armé. Ces tuyaux forment les passages des boulons, et constituent des colonnes d'une grande résistance.

#### 9° FONDATIONS.

Le système Cottancin se prête aussi à l'établissement des fondations d'une maison.

La plate-forme sur laquelle repose le Pavillon de la République de San-Marin en est une application.

Cette plate-forme a l'aspect d'une boîte renversée sur le mauvais sol du Champ-de-Mars. Des épines-cadres forment des cloisons alvéolaires. Ces cloisons empêchent la déformation de la boîte et par suite son enfoncement. Les alvéoles sont remplies de terre bien pilonnée. Au-dessus, on est venu placer un panneau en ciment avec ossature métallique. Ce panneau sert de sol au reste de la construction en fermant la boîte. Il supporte, ainsi que nous l'avons vu plus haut, des murs en briques et carreaux de plâtre armés.

Grâce à ce système de construction le pavillon de San-Marín revient à 6 francs le mètre couvert, ce qui en fait le pavillon le moins cher de l'Exposition.

Ce système de boîtes alvéolaires renversées sur le sol et remplies de terre battue offre une très grande résistance aux mouvements du sol et à l'écrasement. Les massifs sur lesquels reposent les appareils de la Société Cockerill, sont établis sur ce principe.

Chaque massif est muni de colonnes en briques armées pour le passage des boulons. Il résiste, sur un mauvais sol, au choc de 250 000 kilogrammes par dixième de seconde que produit la machine à gaz pauvre du système de M. Delamare-Deboutteville. Ce massif comprend plusieurs étages de boîtes alvéolaires à sable, emprisonnées les unes dans les autres.

#### 10° RÉSERVOIRS.

Avec ces massifs et ces murs et couvertures en ciment armé, on forme de vrais monolithes capables de résister à tous les efforts sans se rompre. Nous donnons, fig. 140 à 142, les plan, coupe et élévation d'un lavoir construit à Juilly par M. Saintier, architecte. Le radier est formé par le bassin-lavoir, les côtés par des parois solidaires de celles du fond pour former un ensemble homogène

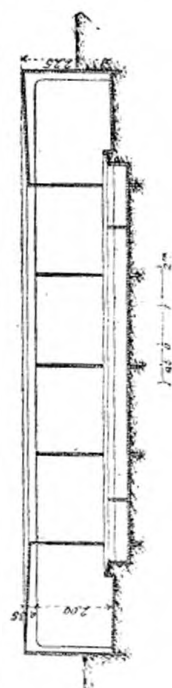


Fig. 144. — Coupe suivant CD (fig. 142).

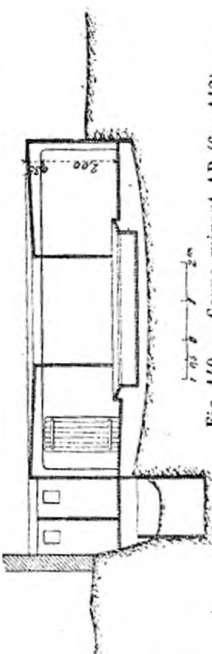


Fig. 140. — Coupe suivant AB (fig. 142).  
Fig. 140 et 141. — Lavoir de la commune de Juilly.

qui doit porter la couverture en faisant corps avec les parois verticales. Cette couverture est ouverte dans le milieu. Les épines-contreforts n'ont que 0<sup>m</sup>,20 pour des portées de 15 m. Elles supportent toute la couverture. Ce lavoir constitue donc un véritable bateau qui repose sur le sol et peut en suivre les mouvements sans se rompre. Le sol est un banc de tourbe de 18 m de profondeur.

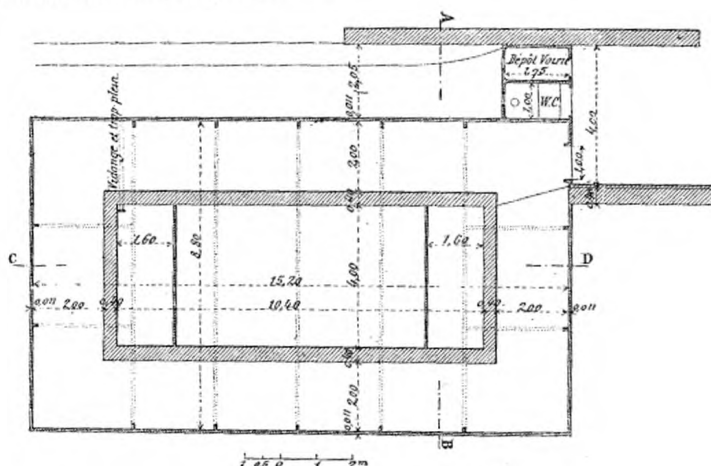


Fig. 142. — Lavoir de la commune de Juilly.

On forme de la même manière de grands réservoirs ayant des radiers en ciment avec ossature métallique. Les parois verticales, faites de la même façon, sont munies d'un réseau d'épines-contreforts montantes et transversales servant d'entretoises et de bordages, afin qu'en tous points et pour les différentes hauteurs les parois aient une résistance proportionnée à la hauteur d'eau. Lorsque cette dernière est faible, il suffit d'avoir une épine à la partie supérieure sur laquelle sont fixées les épines montantes qui s'appuyent sur le radier. On met aussi, dans certains cas, des épines horizontales, dont la résistance dépend de leur position par rapport à la hauteur. Ces épines se croisent avec les épines montantes sur ce réseau; de la sorte, la paroi verticale est rendue solidaire du radier, et donne, avec les épines, la résistance suffisante.

#### *f. — Calcul des pièces.*

Les surfaces constituées par des dalles avec leurs épines en dessus, suivant les besoins, peuvent être considérées comme formées par une série de grands U accolés et intimement liés entre eux. Ces pièces en

On donne les moments d'inertie voulus (fig. 143). On met en  $a, a',$  etc. la quantité de métal nécessaire pour résister à la traction ou à la compression,

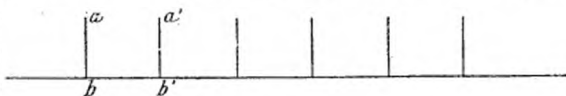


Fig. 143.

suivant les cas et, de  $b$  en  $b'$  etc., on met aussi la quantité de métal utile pour résister aux efforts de traction ou de compression qui sont mis en jeu, en ne laissant au ciment qu'à vaincre les efforts de compression.

Les épines telles que  $a, b$  (fig. 143) peuvent être considérées comme des poutres en treillis avec leurs semelles constituées par des barres de fer plat permettant les croisements sans interruption et dont les barres  $\alpha, \beta$  (fig. 144), travaillant à la compression, sont remplacées par

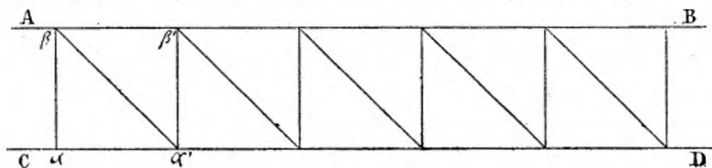


Fig. 144.

le ciment et les barres telles que  $\alpha, \beta$  travaillant à la traction, le sont par les fils de fer tissés de l'ossature qui réunissent les semelles  $A, B$  et  $C, D$ . De plus les brins de l'ossature, parallèles à  $A, B$  et  $C, D$ , existent pour empêcher que le ciment n'ait à travailler à la traction si la semelle  $C, D$  venait à s'allonger. De cette façon, le ciment continuant à être entretoisé, ne travaille toujours qu'à la compression.

On peut donc calculer tous les éléments des pièces en cherchant le travail des fibres extrêmes et intermédiaires. Il suffit de mettre, en chaque point, la quantité de fer nécessaire pour parfaire à la résistance du ciment à la compression si le ciment seul n'est pas suffisant, et il suffit aussi, pour les parties travaillant à la traction, d'introduire la quantité de métal utile sans s'occuper du ciment.

Pour terminer, nous donnons ci-après un tableau des essais faits au Laboratoire des Ponts et Chaussées sur des plaques en ciment avec ossature métallique, système Cottancin. Ce tableau est tiré de l'ouvrage de MM. Oslet et Lascombe : « Traité de couverture et plomberie ».

Ces expériences très complètes ont été faites à la demande du Ministre des Travaux publics, par MM. Durand-Claye et Debray. Elles ont démontré le très grand avantage de résistance du ciment dans le fer.

Les expériences sur des planchers P. Cottancin sont, vis-à-vis du fer à plancher, aussi concluantes. Avec la même quantité de métal que

Tableau d'essais des plaques en ciment armé système Cottancin

NUMÉROS DES ESSAIS	DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS	DIMENSIONS DES PLAQUES			CONSTITUTION DE L'OSSATURE				DATES DE FABRICATION	DATES DE L'EXPÉRIENCE	LIMITE D'ÉLASTICITÉ		CHARGE DE RUPTURE
		Longueur	Largeur	Hauteur	Diamètre des fils	Nombre de brins dans la longueur	Nombre de brins dans la largeur	Poids de l'ossature			Charge	Flèche	
		m	m	m	mm	Première série; Distance d'appui : 1 <sup>m</sup> ,00				kg	mm	kg	
1	Plaque n° 1 . . . . .	1,10	0,420	0,040	4,4	10	86	9 <sup>k</sup> 350	13 avril 1890	13 mai 1890	220	0,7	540
2	id. . . . .	1,10	0,400	0,038	4,4	10	86	9,350	»	»	1300	9,8	1780
3	Plaque n° 2 . . . . .	1,10	0,400	0,043	4,4	10	26	3,500	»	»	1220	7,1	1620
4	id. . . . .	1,10	0,400	0,040	4,4	10	26	3,500	»	28 mai 1890	820	5,2	1420
5	Plaque n° 3 . . . . .	1,10	0,400	0,040	4,4	10	10	2,000	»	13 mai 1890	220	1,3	480
6	id. . . . .	1,10	0,400	0,040	4,4	10	10	2,000	»	28 mai 1890	180	0,6	580
7	Plaque n° 4 . . . . .	1,10	0,445	0,040	4,4	13	11	2,250	23 avril 1890	23 mai 1890	180	1,9	520
8	id. . . . .	1,10	0,445	0,040	4,4	13	11	2,250	»	»	180	3,3	580
9	Plaque n° 1 . . . . .	1,10	0,445	0,024	4,4	12	28	4,150	»	»	360	19,0	560
10	id. . . . .	1,10	0,440	0,022	4,4	12	28	4,150	»	»	240	17,0	380
11	Plaque n° 2 . . . . .	1,10	0,420	0,023	4,4	13	8	1,750	»	13 mai 1890	120	10,9	170
12	id. . . . .	1,10	0,440	0,024	4,4	13	8	1,750	»	23 mai 1890	120	14,3	220
13	Plaque armée par des épines	1,10	0,450	0,042	4,4	13	42	6,150	15 avril 1890	15 mai 1890	2600	1,0	Non rompue
14	id. . . . .	1,10	0,450	0,042	4,4	13	56	8,300	»	»	3200	0,8	Non rompue
15	id. . . . .	1,10	0,430	0,045	4,4	13	68	10,250	La plaque n° 15 ne pouvait être utilement expérimentée en raison des résultats obtenus sur les deux précédents.				
						Deuxième série; Distance d'appui : 2 <sup>m</sup> ,00							
16	Plaque n° 1 . . . . .	2,10	0,435	0,043	4,4	22	85	21,750	19 avril 1890	19 mai 1890	740	30,5	980
17	Plaque n° 2 . . . . .	2,10	0,425	0,040	4,4	23	26	7,750	»	»	320	26,6	460
18	Plaque n° 3 . . . . .	2,10	0,400	0,040	4,4	24	11	5,000	»	»	120	6,3	240
19	Plaque armée par des épines	2,10	0,460	0,040	4,4	22	68	20,000	23 avril 1890	23 mai 1890	3400	2,6	Non rompue

dans un fer à double T de 8 cm de hauteur, on porte, sans flèche, une charge de 1 700 kg. par mètre courant de poutre de 3 m de portée tandis que ce fer double T seul ne peut supporter que 200 kg. à la limite de résistance.

Nous ne nous étendrons pas plus longtemps sur ce système de ciment armé qui paraît appelé à rendre de grands services à la construction moderne.

### 7° Système Coignet.

Nous terminerons la description des constructions en ciment armé par l'étude du système Coignet.

Ce système se rattache par son principe à ceux déjà examinés de MM. Hennebique, Monier, Bordenave, etc.

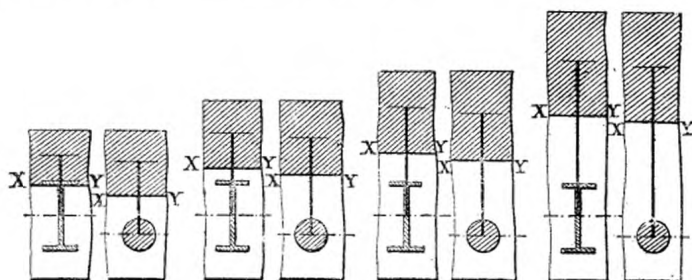


Fig. 145.

Il consiste essentiellement à confectionner un quadrillage métallique composé rationnellement de barres de dimensions bien choisies et à noyer le tout dans du mortier de ciment dont la forme extérieure est celle définitive de l'objet que l'on veut obtenir (fig. 145).

#### MATÉRIAUX EMPLOYÉS.

Le métal employé est de préférence un acier doux à cause de sa composition plus régulière et de la sécurité plus grande qu'il offre par suite de l'écart qui existe entre sa limite d'élasticité et sa rupture. Pour les attaches et les ligatures des treillis, on emploie le fil de fer recuit. Ces ligatures n'ont d'autre rôle que d'assurer provisoirement l'indéformabilité de travail aussi longtemps que le ciment n'a pas fait prise ; leur mode d'attache, comme le mode de maillonnage lui-même, ne semble pas avoir d'importance.

Le profil du métal employé ne joue pas un rôle important. On prend

soit un fer profilé (fig. 145), soit un fer rond (fig. 146). On peut aussi employer un fer carré (fig. 146).

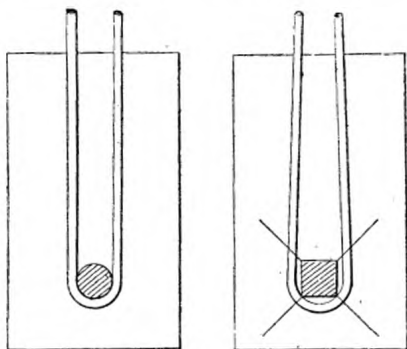


Fig. 146.

Néanmoins les fers ronds sont préférables; ils sont plus homogènes, n'ont pas d'arêtes capables de couper ni le ciment, ni les attaches métalliques; ils sont plus réguliers de fabrication et plus faciles à travailler. — Par leur forme même, ils déterminent dans le ciment des

vides qui réalisent le minimum d'affaiblissement possible pour cette matière. De plus, si l'on considère un certain nombre d'applications, on voit, avec la dernière évidence, que la forme circulaire est la meilleure pour assurer le contact parfait des attaches.

Le sable employé doit être propre, à grains anguleux, criant dans la main, et plutôt un peu fin. Pour ce qui est du ciment, on doit le prendre de Portland à prise lente. Les pesages ne sont pas inférieurs à 400 ou 450 kg. par m<sup>3</sup> de sable pour les voûtes et les planchers; pour les parois en contact avec l'eau, on va jusqu'à 700 et même 800 kg. par m<sup>3</sup> de sable.

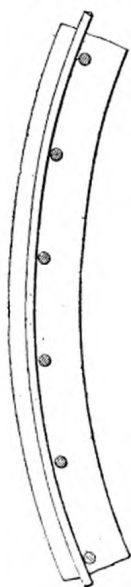


Fig. 147.

#### TUYAUX.

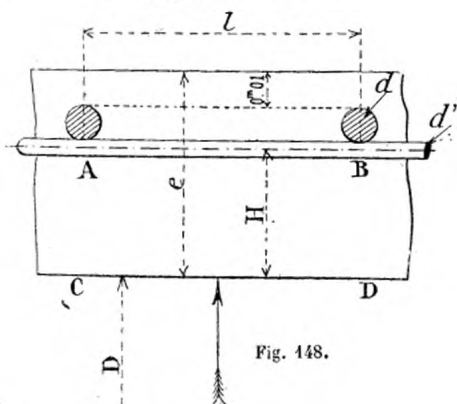


Fig. 148.

Les tuyaux sont constitués par des spires ou directrices extérieures sur lesquelles reposent les génératrices (fig. 147 et 148).

## RÉSERVOIRS.

Les réservoirs cylindriques ne sont autre chose que des tuyaux de grands diamètres à pression constante, s'ils sont destinés à contenir des liquides.

Pour les réservoirs sphériques, on remplace la tôle continue par une série d'anneaux en fer à section uniforme. On les répartit de manière que leur section totale soit égale à la section qu'aurait la tôle au droit des divers parallèles. L'ossature métallique (fig. 149) continue comprend au pôle un petit cercle d'où partent des arcs aboutissant à l'équateur ; ces arcs sont en nombre suffisant pour envelopper un premier petit cercle ; puis on double le nombre, jusqu'à atteindre un second cercle de diamètre deux fois plus grand, et ainsi de suite jusqu'à l'équateur.

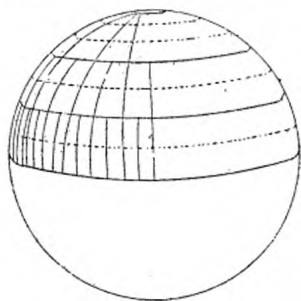


Fig. 149.

## VOÛTES.

Les voûtes se construisent comme les tuyaux, sauf que les génératrices sont placées extérieurement aux directrices. Il convient de placer ces dernières aussi près que possible de la paroi intérieure.

Il en est de même des tuyaux ayant à supporter une pression extérieure.

Pour les voûtes de grandes portées on remplit les reins avec du béton (fig. 150).

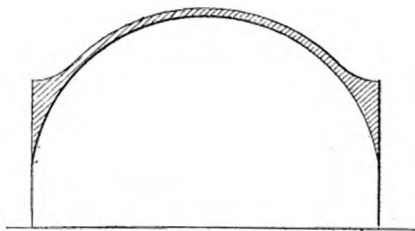


Fig. 150.

Il y a lieu de construire ces épanouissements avec le plus de rigidité possible, en les armant à la partie supérieure d'une barre de fer, ou, s'il est nécessaire, d'un véritable treillis métallique réunissant cette barre avec les fers de la voûte, formant ainsi avec la partie de voûte qui le concerne une véritable poutre s'opposant à la flexion (fig. 151).

Si l'on a une voûte moins surbaissée et dont les points d'appuis aux reins soient mauvais, on lui donnera la disposition de la fig. 152. Des

fers raidisseurs sont établis de manière à former de véritables supports espacés de distance en distance, sur lesquels la voûte vient s'arc-bouter.

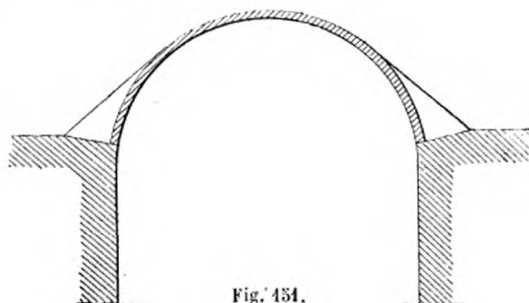


Fig. 151.

Enfin, si la voûte se ferme, si elle est couverte de terrassements qui chargent sa partie supérieure, les raidisseurs, disposés comme l'indique

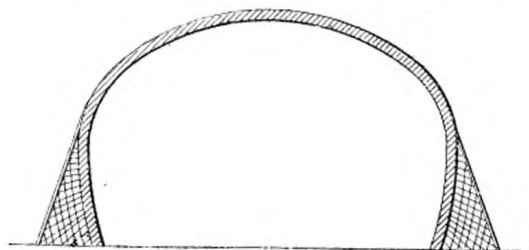


Fig. 152.

la fig. 153, jouent un rôle important en s'opposant à la déformation résultant de la disposition des charges. Ils doivent encore être considérés comme de véritables supports s'appuyant sur le sol.

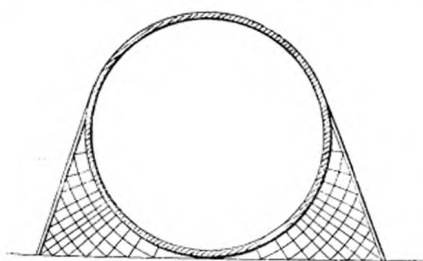


Fig. 153.

On les répartit à intervalles égaux au diamètre de la voûte, et cette dernière, grâce à son ossature, peut, non seulement se soutenir elle-même dans ces intervalles, mais encore supporter le poids de son contenu et les charges extérieures.

#### PLANCHERS.

Les planchers sont formés d'une plate-bande continue encadrée par les murs qui l'entourent, et portée par un certain nombre de nervures

ou poutrelles en ciment à l'extrémité inférieure desquelles se trouve logée une barre de fer rond ou d'acier (fig. 154).

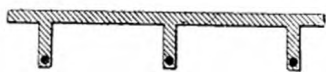


Fig. 154.

La fig. 155 représente une poutrelle à plus grande échelle avec la partie de plancher qui l'intéresse et qui forme avec elle la poutre proprement dite, dont la semelle supérieure C travaille à la compression et dont la semelle inférieure M travaille à l'extension.

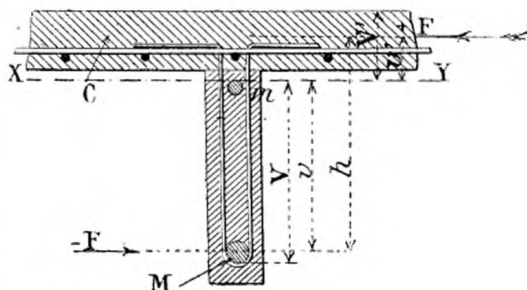


Fig. 155.

Cette barre est noyée dans le ciment de la poutrelle et est entourée par un certain

nombre d'attaches de 3 à 4 mm suivant les cas, dont les branches repliées viennent se ligaturer sur un treillis métallique établi dans la semelle.

Ce treillis métallique joue un rôle multiple. Il donne au plancher la résistance suffisante pour supporter la charge entre deux poutrelles ; il fournit à la semelle supérieure la raideur nécessaire pour travailler sur toute sa largeur de conserve avec la semelle inférieure ; il soulage la compression du ciment par sa propre résistance à la compression. Quant aux attaches, elles complètent la liaison que la poutrelle opère entre les deux semelles.

#### CALCUL DES PIÈCES.

M. Coignet explique les écarts qui existent toujours entre le calcul et l'expérience en admettant que, par suite de la forte adhérence du fer et du mortier, celui-ci, obligé de suivre tous les allongements du premier se fatigue jusqu'à la dernière limite. Il adopte 15 kg. par mm<sup>2</sup> et 40 kg. par cm<sup>2</sup> pour les taux de charge de sécurité du métal et du mortier ; il fixe à 20 la valeur du rapport des coefficients d'élasticité des deux substances et déduit de ses calculs les trois équations suivantes qui servent à déterminer les diverses dimensions d'un plancher :

$$(1) \quad \frac{C}{M} = 300 \frac{2h + e}{16h - 152},$$

$$(2) \quad M = \frac{H}{15h},$$

$$(3) \quad C = el,$$

dans lesquelles on a désigné par

$e$  l'épaisseur de la dalle formant le plancher ;

$h$  la distance du centre de gravité des fers de la nervure au milieu de cette dalle ;

$C$  la surface de la section droite de ciment travaillant à la compression ;

$M$  la section du métal de la nervure ;

$l$  la distance d'axe en axe des poutrelles ;

$\mu$  le moment fléchissant maximum.

Le nombre des inconnues étant de 5 pour 3 équations, le problème peut être déterminé de diverses façons : on peut, par exemple, se donner  $l$  et s'imposer la condition que  $h$  soit aussi petit que possible, sans que, néanmoins, la dalle cesse de travailler à la compression dans toute son épaisseur  $e$ .

Dans ces conditions, si l'on pose  $l = 1$  m, le Tableau suivant donne les principales dimensions d'un certain nombre de types de planchers rationnels.

ÉPAISSEUR de la dalle $e$	HAUTEUR $h$	SURFACE du métal $M$	MOMENT fléchissant maximum $\mu$	POIDS MORT par m <sup>2</sup> $P$	SURCHARGE par m <sup>2</sup> pour une portée de 5 m $p$	PORTÉE pour une surcharge de 259 kg. par m <sup>2</sup> $L$
Centimètres	Centimètres	Centimètres	Kilogrammétr.	Kilogrammes	Kilogrammes	Mètres
5	11,9	6,7	1187,5	150	230	4,90
6	14,3	8,0	1710,0	180	370	5,60
7	16,6	9,3	2327,5	210	530	6,30
8	19,0	10,7	3040,0	240	730	7,00
9	24,4	12,0	3847,5	270	960	7,70
10	23,8	13,3	4750,0	300	1220	8,40

Les formules précédentes ne déterminent ni l'épaisseur des nervures, ni les dimensions de l'ossature de la dalle. La première est choisie arbitrairement, et dépend des dimensions et de l'espacement des fers de la nervure. Pour le calcul des autres, M. Coignet se sert des formules suivantes :

$$M = \frac{2}{3} H, \quad x = \frac{2}{5} H, \quad \mu = 6,4 H^2,$$

dans lesquelles on a désigné par

M la section du métal ;

H la distance de son centre de gravité à la face supérieure ;

$x$  la distance à cette face de l'axe des fibres neutres ;

$\mu$  le moment fléchissant maximum relatif à la dalle.

Les tiges de répartition, qui ne jouent que le rôle d'entretoises, pourraient être espacées de 0<sup>m</sup>,10 en 0<sup>m</sup>,10 et n'avoir que 0<sup>m</sup>,004 à 0<sup>m</sup>,006 de diamètre. Quant aux attaches qui relient le métal de la nervure à celui de la dalle, elles sont destinées à résister à l'effort tranchant et il suffirait d'en employer 10 par mètre.

Pour les voûtes, on n'a pas à s'occuper d'une désagrégation partielle, ou d'un décollement entre le fer et le ciment. Les barreaux n'ont pas une forme rectiligne et ne peuvent, en aucun cas, faire l'office de tirants à tension constante. Ils épousent la forme cintrée de l'axe et travaillent solidairement avec le ciment dans toutes les parties.

En ce qui concerne les tuyaux et réservoirs cylindriques, dont les pièces travaillent à l'extension, on ne tient aucun compte de la résistance du ciment dans le calcul des directrices : la section cumulée de celles-ci par unité de longueur de tuyau ou de réservoir est donc égale à la section d'une tôle continue de dimensions suffisantes pour résister dans les mêmes conditions. Quant aux génératrices, elles se calculent en les considérant comme l'ossature d'une dalle reposant à ses extrémités sur deux directrices consécutives.

Pour le calcul de ces voûtes, il suffit donc de substituer à la section hétérogène une section homogène de mortier, en remplaçant la surface du métal par une surface de ciment située entre des surfaces parallèles à celles des fibres neutres.

La vérification se fait ensuite au moyen des formules connues relatives aux arcs élastiques.

#### CONSTRUCTIONS DIVERSES.

M. Coignet a appliqué son système dans un très grand nombre d'immeubles. Citons les plus remarquables.

Dans la Banque spéciale des Valeurs industrielles, rue Réaumur, M. Coignet, sous les ordres de M. Hermant, architecte, a construit, à partir du rez-de-chaussée, et à part la façade, tout l'immeuble en ciment armé (fig. 156).

La superficie des planchers est d'environ 900 m<sup>2</sup> par étage. La

charge pour laquelle ces planchers ont été prévus est de 450 kg. par m<sup>2</sup>.

Les planchers des locaux commerciaux sont constitués par un hourdis de 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur supporté par des nervures de 0<sup>m</sup>,13  $\times$  0<sup>m</sup>,20

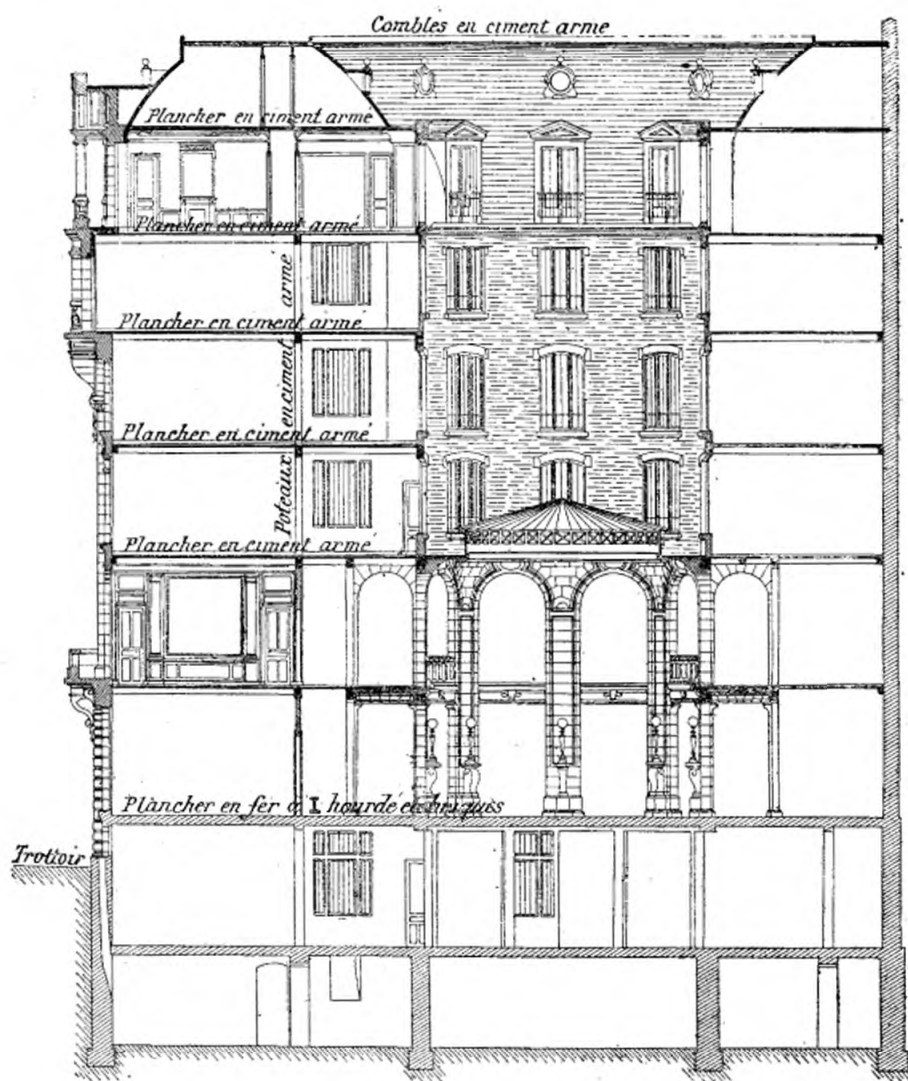


Fig. 156. — Banque spéciale des Valeurs industrielles, rue Réaumur, Paris.  
Coupe.

d'équarrissage et distantes de 1<sup>m</sup>,15 environ. Dans les appartements, pour supprimer les poutrelles, les planchers hauts ont été constitués au moyen d'une dalle de 0<sup>m</sup>,23 d'épaisseur.

La portée générale de ces planchers est de 6 m : elle atteint parfois 9 m.

Le comble comprend la hauteur des cinquième et sixième étages ; il

se termine par une terrasse recouverte d'une toiture en ciment volcanique assurant l'étanchéité.

Le plancher du cinquième étage est appuyé sur les pans cintrés du comble dont l'épaisseur est de 0<sup>m</sup>,15 ; dans la hauteur du sixième étage, l'épaisseur des pans cintrés est réduite à 0<sup>m</sup>,10 ; mais des nervures, passant dans les cloisons de division des chambres, raidissent ces pans et supportent le plancher des terrasses.

Les bow-windows, en porte-à-faux, reposent, en grande partie, sur une cloison verticale, portant elle-même sur les abouts des poutrelles du plancher inférieur. Cette cloison est rendue solidaire, par les planchers voisins, du reste de la construction. Des pattes en bronze scellées sur la face postérieure des pierres viennent agraffer l'armature, et évitent ainsi toute tendance au déversement extérieur de ces pierres.

La tour d'angle qui termine le pan coupé sur les rues Notre-Dame-des-Victoires et Réaumur est supportée, dans sa partie supérieure, par les planchers des cinquième et sixième étages ; la coupole qui la termine est supportée entièrement par le plancher des terrasses.

Dans la partie au-dessus du hall, les planchers ont 9 m de portée ; ils sont supportés par des poutres formant allèges. Ces derniers reçoivent le plancher sur leur membrure inférieure.

La construction du ciment armé a été commencée le 20 août 1889 et terminée dans le courant du mois de mars 1900.

Les essais faits sur les planchers de 3<sup>m</sup>,80 de portée (planchers à nervures) ont permis de pousser la charge d'épreuve jusqu'à 700 kg. par m<sup>2</sup> au lieu de 450 kg. pour atteindre une flèche maximum de 5 mm.

Le Magasin des Classes Laborieuses a sa construction entièrement en ciment armé (fig. 137), sauf le mur de façade et le mur mitoyen du fond. Cette construction se compose de poteaux reposant sur des puits de fondation recevant les planchers à chaque étage et réunis par des cloisons en ciment armé.

Les planchers sont prévus pour résister à des surcharges libres de 500 à 1000 kg. par m<sup>2</sup>. Ils sont composés de hourdis de 0<sup>m</sup>,06 d'épaisseur supportés par des poutrelles de 0<sup>m</sup>,15 × 0<sup>m</sup>,30 d'équarrissage, espacées de 1<sup>m</sup>,40 environ et par des poutres maitresses de 0<sup>m</sup>,30 × 0<sup>m</sup>,50.

Les portées de ces planchers sont de 5, 7 et 9 m. La couverture est en terrasse recouverte d'une chape en ciment volcanique, assurant une étanchéité parfaite.

Les cloisons ont une épaisseur de 0<sup>m</sup>,08, y compris celle de l'enduit.

La caractéristique de ce chantier est la rapidité avec laquelle on a dû

livrer les quatre premiers planchers, et cela malgré les difficultés

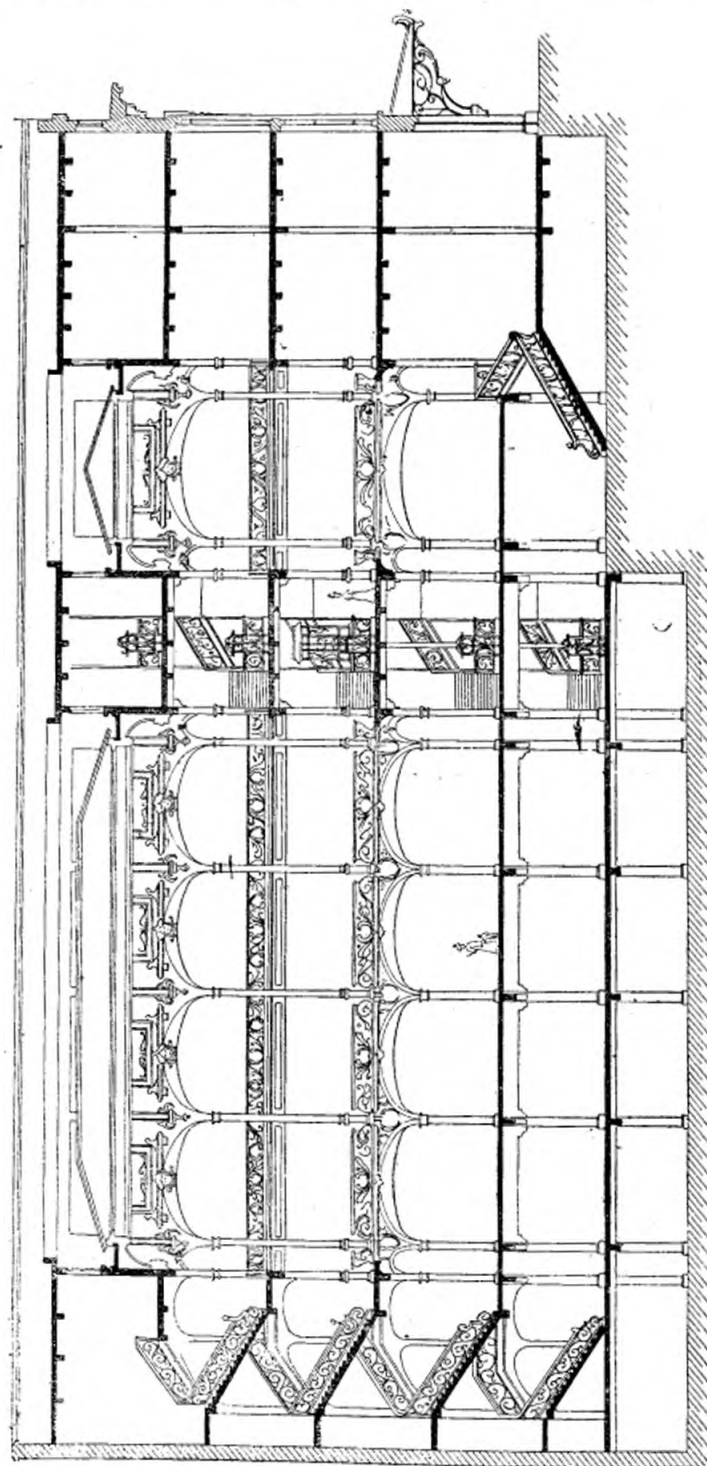


Fig. 457. — Coupe longitudinale de l'immeuble de la Société « Aux Classes laborieuses », rue du Faubourg Saint-Martin, à Paris.

d'accès et le manque d'emplacement. Le traité pour cette construction

a été signé le 25 juin 1899, les plans remis pour préparer les commandes, le 30 juin. On a commencé pratiquement la construction le 8 août, et on a livré le quatrième plancher le 1<sup>er</sup> octobre, le tout malgré les difficultés d'approvisionnement des fers.

Au fur et à mesure de la construction, on décintrait le quatrième jour, on remontait tout le matériel et les matériaux sur le plancher qu'on venait de terminer, et les autres corps d'état venaient faire tous les travaux de plâtrerie, menuiserie, serrurerie, peinture, etc., de telle façon que les quatre étages, commencés fin juillet, étaient inaugurés, pour l'exposition annuelle d'automne, le 5 octobre. La partie, ainsi construite, a une superficie de 440 m<sup>2</sup>.

A l'Exposition Universelle de 1900, le Château d'eau, avec les terrasses et les Fontaines lumineuses ont été construits avec le procédé Coignet.

Le *Château d'Eau*, construit en ciment armé, réunit à peu près toutes les dispositions, qui peuvent se présenter dans les constructions : arcs, voûtes, poutres de grandes portées, niches, coupoles, poteaux de grande hauteur. L'orifice se compose d'une grande niche de 45 m de hauteur et de 25 m d'ouverture, supportée par une série de cloisons verticales constituant des arcs jetés sur les galeries (fig. 158) et les escaliers de circulation. Une sorte de cul-de-four placé sur un plancher, en arrière et au voisinage du sommet de la niche, constitue le départ de la grande cascade dont l'eau se déverse ensuite dans une série de vasques s'étagant, vers le bas de la niche, et conduisant l'eau aux bassins des fontaines lumineuses.

La partie verticale de la niche se compose d'une cloison verticale, demi-cylindrique, d'environ 10 m de hauteur et de 10 cm d'épaisseur. Elle est raidie par une série de nervures verticales de 20 × 20 cm d'équarrissage.

La voûte sphérique qui couvre la niche est formée d'une série d'arcs parallèles réunis par des entretoises méridiennes et recouverts d'un hourdis général de 6 cm d'épaisseur. Les retombées de ces voûtes sont reçues à la fois sur deux planchers latéraux et sur la cloison verticale de la niche.

En façade, la niche est couronnée par un arc doubleau de 25 m d'ouverture, prolongé par deux piédroits qui viennent reposer sur la partie basse des pylônes en maçonnerie. Les cloisons en arcs qui supportent la niche et les vasques ont en moyenne 10 m d'ouverture et 10 cm d'épaisseur. Les parois de la niche reçoivent 300 kg. de charge par m<sup>2</sup> pour la décoration : l'arc doubleau en façade, environ 5 t au mètre

courant, plus 150 t de charpentes au voisinage de la clé : les vasques, une charge de 500 kg. par m<sup>2</sup>. Les planchers des terrasses adjointes ont une portée de 10 m et supportent une surcharge de 1000 kg. par m<sup>2</sup> : ils ont été essayés à 1500 kg. et ont donné une flèche maximum de

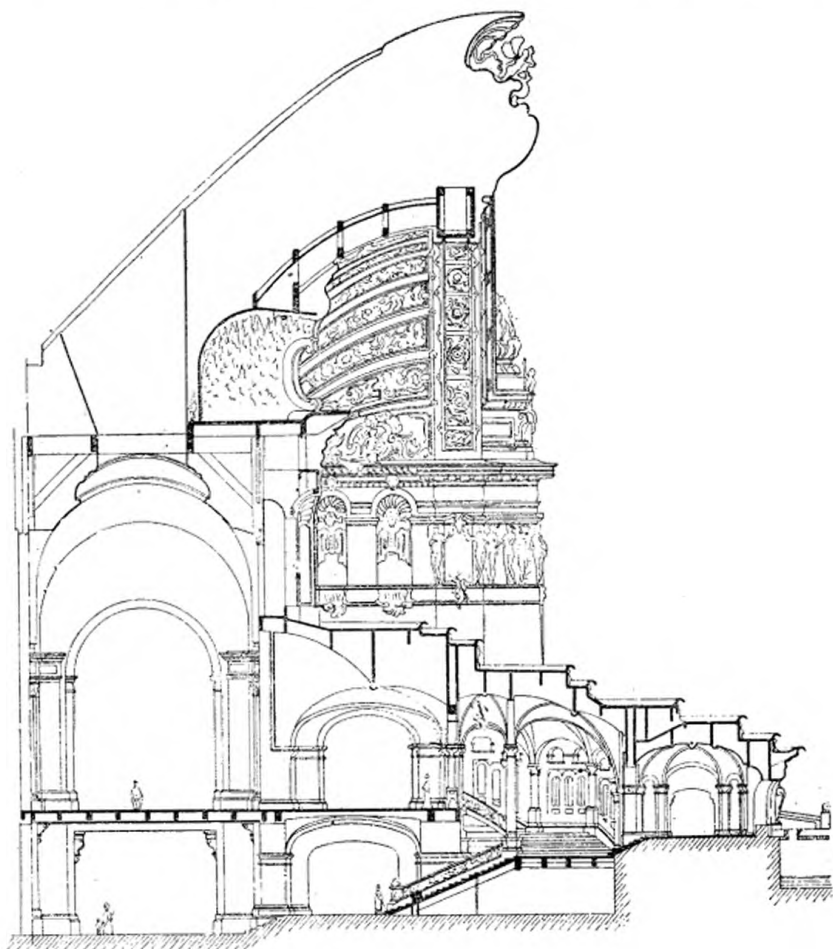


Fig. 158. — Château-d'eau de l'Exposition universelle.  
Coupe suivant l'axe du Champ-de-Mars.

4 mm. Les deux derniers arcs placés en arrière du doubleau, ont été décintrés au bout de trois jours de fabrication. Au décintrement, l'arc doubleau de 23 m a eu un abaissement à la clé de 1 mm environ.

Citons aussi les planchers des terrasses et des serres du *Palais de l'Horticulture* (M. Gautier architecte). Ces planchers ont une portée moyenne de 8 m. Ils supportent des charges de 650 et 1000 kg. par m<sup>2</sup>. Ils sont constitués au moyen d'un hourdis de 0<sup>m</sup>,10 d'épaisseur avec

des nervures de  $0,20 \times 0,30$  reposant sur des poutres maîtresses et des poteaux. Les bow-windows des serres et les angles des terrasses présentent des porte-à-faux de 2 m et ont été construits pour résister à une surcharge de 1500 kg. par m<sup>2</sup>. Le grand emmarchement central est également en ciment armé : il a 30 m de largeur et est soutenu par des nervures de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,30 inclinées pour recevoir directement les marches.

Les planchers du *Pavillon de la Ville de Paris*, ont été également construits par M. Edmond Coignet d'après les mêmes principes avec des portées de 5 à 7 m et des surcharges de 500 à 600 kg.

## II. Constructions en Plâtre armé.

Le plâtre armé a joué un très grand rôle dans les constructions de l'Exposition de 1900. — Les édifices établis pour une durée éphémère de 6 mois, sont pour la plupart en charpente en bois ; les grands halls, les grands palais ont seuls une ossature en fer ; mais, pour tous, la façade a été disposée de manière à donner l'aspect d'une construction solide en pierres de taille.

Pour obtenir cet effet, on a revêtu les squelettes en charpente, d'un lattis en bois, sur lequel on a appliqué un treillis en fer hourdé en plâtre avec enduit de même matière.

Divers procédés ont été appliqués pour cet habillage des constructions de l'Exposition ; nous allons les passer en revue.

### 1° Métal déployé.

Nous avons placé les constructions en *Métal Déployé* dans ce chapitre, car, bien que le plus souvent ce métal soit employé avec du ciment, les façades des divers palais de l'Exposition ont été faites à l'aide de charpentes en bois recouvertes par ce métal et enduites en plâtre. Nous citerons entre autres : celui des *Mines et de la Métallurgie* ; celui des *Fils et tissus*, les pavillons de la *Hongrie*, de la *Serbie*, du *Globe Céleste* (en partie) ; la grande Salle des Fêtes, etc. Ces façades ont été étudiées par MM. Lapeyrère et Grapin entrepreneurs, Lascombe ingénieur, par MM. Varcollier, Blavette, Fidler, Baudry et Galeron architectes.

Le Palais des *Mines et de la Métallurgie* comprend une série de galeries parallèles de 240 m de longueur, dont la hauteur atteint 18 m. Le

*Métal Déployé* a servi à construire les terrasses, les planchers, les cloisons, les plafonds voûtés, les pilastres et piliers, les corniches et toute la décoration tant intérieure qu'extérieure. Les piliers qui soutiennent l'édifice sont enveloppés d'une gaine de montants et de cadres en bois, sur lesquels on a fixé des lattis en *Métal Déployé* et qu'on a ensuite crépi en plâtre en figurant les moulures les plus variées. De même, les fermes de la toiture sont recouvertes entièrement d'un plafonnage voûté qui a pu être exécuté rapidement avec les lattes de 10 mm.

Il en est de même des autres palais et pavillons, cités plus haut.

### 1° Fabrication du *Métal Déployé*

D'origine américaine, la fabrication du *Métal Déployé* a été introduite en France en 1898, et y a pris une rapide extension.

Le nom de *Métal Déployé* est justifié par le mode de travail de ce métal, qui est de l'acier obtenu dans certaines conditions dont nous parlerons plus loin. La tôle d'acier est découpée en lanières qui sont développées et *déployées* ensuite en losanges formant un treillis uniforme, sans solution de continuité, avec filets sensiblement relevés.

Nous donnons (fig. 159 et 160), deux élévations de la machine employée, dite machine Golding, du nom de son inventeur.

Cette machine comprend :

(a). Une table-support animée d'un mouvement latéral de va-et-vient et qui se déplace alternativement à droite et à gauche avec la tôle à découper.

(b). Un couteau fixe, à arête ou tranchant rectiligne vissé à l'arrière de la machine, sur le rebord de la table-support.

(c). Un attelage mobile de couteaux à dents, animé d'un mouvement rectiligne de montée et descente. Chacune des dents représente les dimensions internes d'une demi-maille du treillis étiré dans la tôle.

(d). Un volet ou tablier à l'arrière, faisant un angle de dix degrés avec le couteau vertical et sur lequel se développe, au fur et à mesure, le treillis étiré et chassé par la poussée des couteaux mobiles. Le volet est, en outre, animé d'un mouvement oscillatoire qui provoque périodiquement l'avancement de la feuille de tôle dans le sens horizontal.

(e). Une barre de pression et une barre à crampons qui limitent l'avancement de la tôle et maintiennent celle-ci immobile sur son support pendant tout le temps de travail des couteaux.

Tout cet ensemble est mù au moyen d'engrenages et d'excentriques sur lesquels nous n'avons pas à insister.

Le travail de la tôle comprend un cycle de six temps.

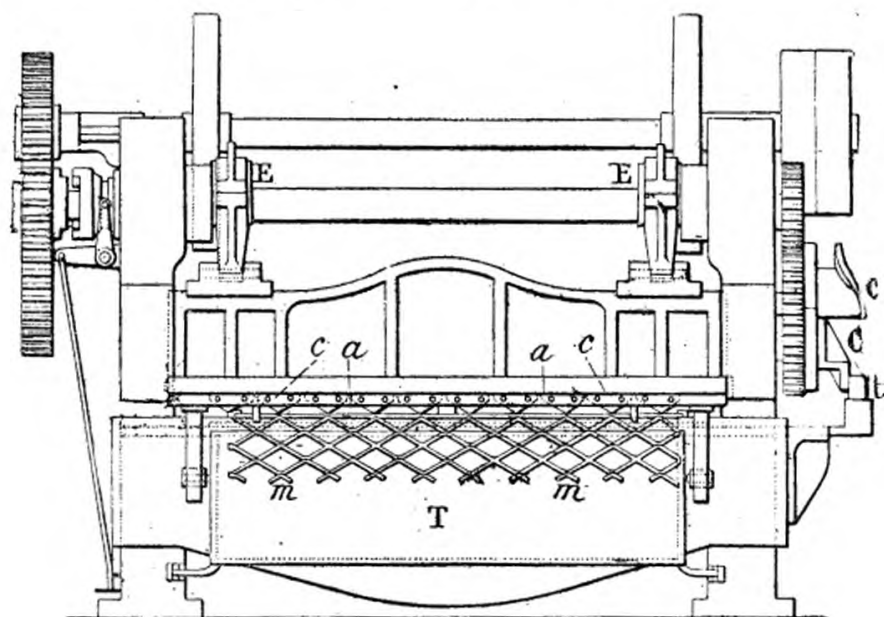


Fig. 159. — Elévation de la machine. — Vue d'arrière.

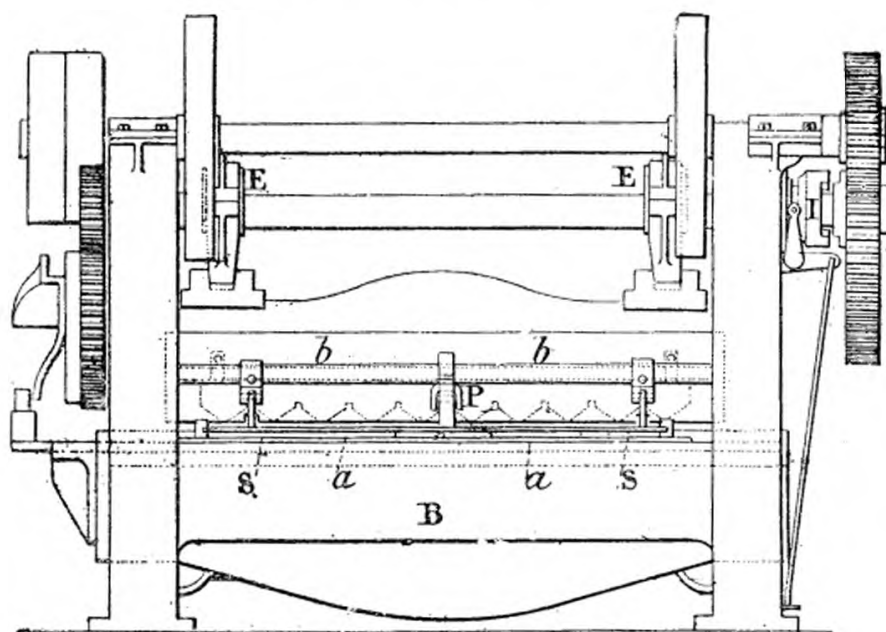


Fig. 160. — Elévation de la machine. — Vue d'avant.

LÉGENDE. — *aa*, tôle posée à plat ; — *mm*, tôle déployée ; — *S*, table-support ; — *T*, tablier oscillant ; — *cc*, came double commandant le mouvement de va-et-vient de la table *S* ; — *t*, talon sur le prolongement de la table-support ; — *EE*, excentriques commandant l'attelage des couteaux mobiles ; — *B*, bâti portant le couteau fixe ; — *bbP*, barre de pression appuyant la tôle sur la table-support ; — *Lcc*, barre à crampons limitant l'avancement horizontal de la tôle à développer.

**1<sup>er</sup> temps.** — L'attelage des couteaux arrive au contact de la tôle sur toute la longueur de la bande à découper (fig 161). Il cisaille chacune des lanières séparées. Il les repousse verticalement le long du couteau inférieur fixe et les étire en demi-losanges à sommets recoupés qui épousent rigoureusement le profil des couteaux dentelés (fig. 162).

**2<sup>e</sup> temps.** — L'attelage se dégage, remonte et vient reprendre sa position primitive.

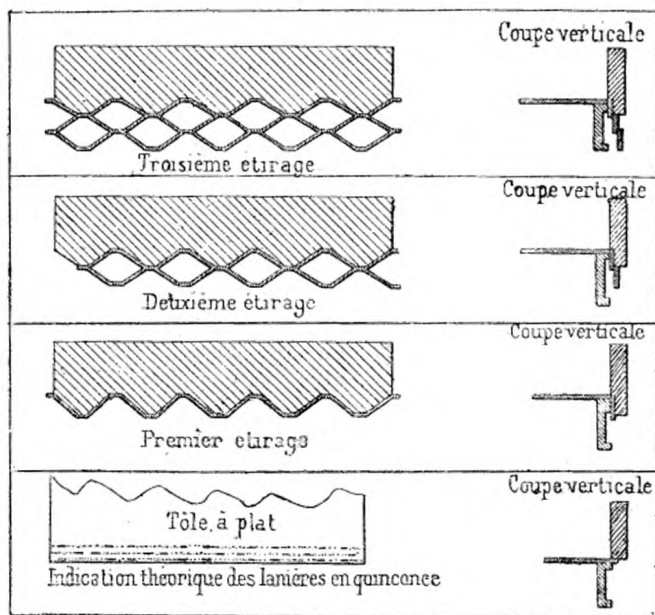


Fig. 161 à 164. — Diverses phases de fabrication du métal déployé.

**3<sup>e</sup> temps.** — Par un double mouvement latéral, la table qui porte la tôle, se déplace d'une quantité égale à la moitié de la grande diagonale des losanges-maillages, tandis que la tôle s'avance horizontalement d'une largeur de bande.

**4<sup>e</sup> temps.** — Les couteaux redescendent et attaquent la seconde bande sur un alignement de fentes disposées en quinconce par rapport à celles de la première. Il y a de nouveau cisaillement entre les deux couteaux supérieur et inférieur et l'étirage du métal se fait en demi-losanges qui complètent les premiers en achevant de former des mailles complètes (fig. 163).

**5<sup>e</sup> temps.** — L'attelage se dégage et remonte.

**6<sup>e</sup> temps.** — La table-support ramène à sa position primitive la feuille

de tôle, et celle-ci s'avance dans le sens horizontal d'une nouvelle largeur de bande. Alors commence un nouveau cycle de six temps identique au précédent (fig. 164).

Il y a très peu de déchet dans la tôle.

Les tôles déployées mesurent toutes  $2^m,44$  de largeur. Leur longueur dépend de l'épaisseur qui varie entre  $0^{mm},6$  et 7 mm. L'usine de Saint-Denis débite les treillis à  $0^m,82$  de largeur. De cette façon, chaque feuille mesure exactement  $2,44 \times 0,82 = 2 \text{ m}^2$ .

Les bandes sont relevées en hauteur sous un angle voisin de  $90^\circ$ . Ce relèvement varie, du reste, avec l'épaisseur de la tôle :

30 à $35^\circ$	pour tôles de 1 mm,
$80^\circ$	— 3 mm,
$85^\circ$	— $4 \frac{1}{2}$ mm.

La longueur de la plus petite diagonale des losanges varie de 6 à 150 mm, et la longueur de la tôle étirée est de deux à dix-sept fois la longueur de la tôle pleine.

*Métal déployé en tôle d'acier*

NUMÉRO D'USINE	PETITE DIAGONALE DES MAILLES en millimètres	ÉPAISSEUR DU MÉTAL en millimètres	DÉVELOPPEMENT OBTENU avec 1 m de tôle pleine en mètres	POIDS APPROXIMATIF du mètre superficiel en kilogrammes
<i>1° Treillis pour ciment et béton armés, grillages, clôtures, etc.</i>				
14	150	$4 \frac{1}{2} \times 3$	17,00	1,450
12	150	$6 \times 3$	12,75	2,000
13	150	$6 \times 4 \frac{1}{2}$	13,00	3,150
15	75	$3 \times 3$	13,00	2,100
9	75	$4 \frac{1}{2} \times 3$	8,75	3,150
8	75	$6 \times 3$	6,75	4,350
11	75	$4 \frac{1}{2} \times 4 \frac{1}{2}$	9,00	5,000
10	75	$6 \times 4 \frac{1}{2}$	7,00	6,250
6	40	$3 \times 1 \frac{1}{2}$	7,00	2,000
21	40	$4 \frac{1}{2} \times 3$	5,00	6,400
24	40	$3 \times 3$	7,25	4,100
3	20	$2 \frac{1}{2} \times 1$	4,75	1,750
4	20	$2 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2}$	4,75	3,000
20	20	$3 \times 3$	4,25	3,400
2	10	$2 \frac{1}{2} \times 1$	2,75	4,000
17	10	$2 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2}$	2,75	5,150
<i>2° Lattis pour plâtre, chaux, ciment et usages divers.</i>				
1	10	$2 \frac{1}{2} \times 0,6$	2,80	1,900
1 A	6	$2 \times 0,6$	2,80	1,900

Nous mentionnons dans le tableau ci-dessus, les données relatives aux tôles d'usage courant, treillis et lattis, que fabrique l'usine de Saint-Denis, ainsi que les longueurs du *métal déployé* obtenues avec 1 m de tôle pleine.

L'acier employé est peu carburé; sa teneur en manganèse est de 0,70 0/0; il contient peu de soufre, environ 0,033 0/0 de phosphore, une très faible quantité de silicium, et une certaine proportion d'oxygène.

### 2° Essais de résistance.

Les coefficients d'allongement produit dans les diverses séries de métal déployé sont assez uniformes, ainsi que le prouve le tableau suivant :

Diagonales des mailles en millimètres.	Longueur développée des deux côtés en millimètres.	Allongement, 0/0.
400 × 150	425	6
200 × 75	214	7
112 × 40	120	7, 10
56 × 20	60	7, 10
42 × 10	45	7, 20

L'allongement imposé ne dépasse pas 8 0/0, et ces tôles pourraient supporter un allongement de 23 à 26 0/0 avec une résistance à la rupture variant de 35 à 40 kg. par mm<sup>2</sup> pour des épaisseurs de 3 à 4 mm.

### 3° Essais de pliage.

On a découpé dans les tôles des barrettes de 20 mm de largeur sur 0<sup>m</sup>,200 de longueur; on les a pliées avant et après trempe dans l'eau froide, après les avoir portées au rouge-cerise. Toutes ces barres ont pu être pliées sans criques.

### 4° Application.

#### (A). — DALLES ET PLANCHERS.

Pour exécuter un *dallage en métal déployé*, le béton recommandé comprend ;

- 1° un mortier de ciment Portland et du sable fin bien lavé ;
- 2° des cailloux, galets, grenailles, des escarbilles, du coke concassé, etc., etc.

Les proportions adoptées sont :

Ciment . . . . .	1
Sable . . . . .	2

On prend des cailloux à 45 0/0 de vides, on force un peu la dose, et on emploie 50 0/0 de mortier : le béton comprend alors les divers éléments suivants :

Mortier 50 0/0 {	Ciment . . . . .	1
	Sable fin . . . . .	2
Pierres 50 0/0 . . . . .		3

On mélange soigneusement les pierres et le mortier avec le moins d'eau possible, presque à sec, puis le béton est posé par couches successives et régulières que l'on pilonne modérément. Il est bon de le maintenir au frais pendant 7 ou 8 jours. Le treillage du Métal Déployé est enfermé ensuite entre deux couches de béton.

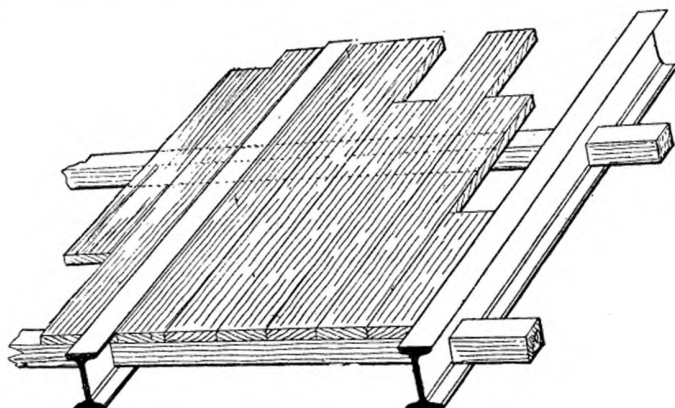


Fig. 163. — Cintre provisoire en bois reposant sur des poutrelles en acier.

Quand le dallage doit reposer sur des *poutrelles*, on dispose d'abord un faux plancher ou cintre plat en planches et solives de bois assises sur les ailes inférieures des poutrelles (fig. 163). Sur les poutrelles on étend le métal déployé en alignant les grandes diagonales des mailles normalement à la direction des fers, car c'est le sens du laminage et par conséquent la position qui présente le plus de rigidité et le plus de résistance aux déformations du treillis (fig. 166). On étend ensuite le béton, par couches successives pilonnées, qui enrobent complètement toutes les mailles (fig. 167).

Des essais ont été faits sur les dallages et planchers en métal déployé et béton, tels qu'ils viennent d'être décrits. On a reconnu qu'une

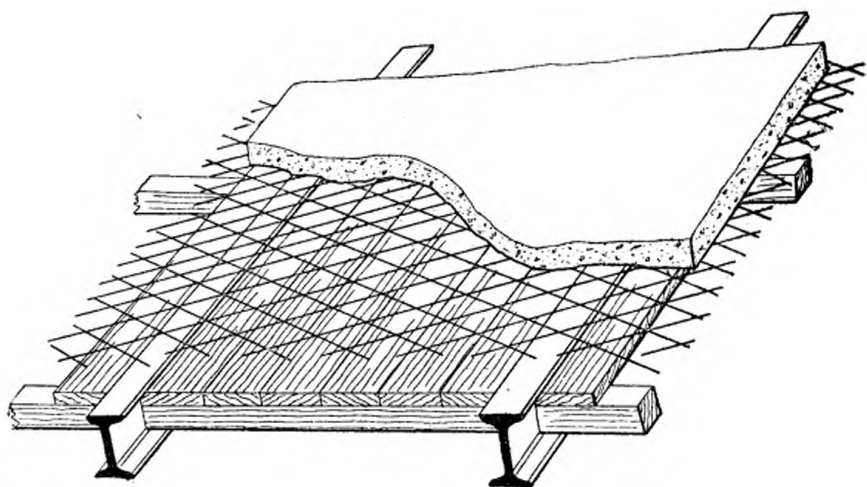


Fig. 166. — Armature en métal déployé posée sur cintre et recouverte en partie du plancher en béton.

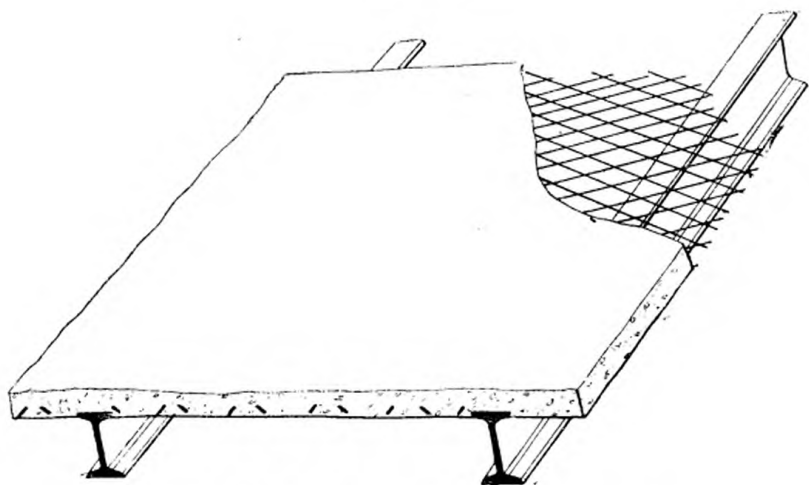


Fig. 167. — Plancher en béton armé après enlèvement du cintre.

dalle de béton avec métal déployé, de 8 cm d'épaisseur et de 1 m de longueur, portée à ses deux extrémités, ne se rompt que sous une charge de 12 000 kg. et peut porter, sans fléchir, une surcharge de 3 000 kg. au mètre superficiel.

Pour les calculs, on admet que la charge de sécurité est de 40 kg.

par  $\text{cm}^2$  d'épaisseur et par mètre de béton armé, et que pour une dalle de 1 cm d'épaisseur sur 1 m de portée, il faut un poids de fer égal à 0<sup>kg</sup>,400. On détermine ainsi, pour toutes épaisseurs de hourdis, le poids de métal à employer, le poids mort et la charge de sécurité. On a ainsi le tableau suivant :

ÉPAISSEUR DU HOURDIS en centimètres (portée 1 m)	POIDS DE MÉTAL DÉPLOYÉ par mètre superficiel en kilogrammes	POIDS MORT en kilogrammes	CHARGE PRATIQUE TOTALE en kilogrammes
5	$5 \times 0,4 = 2,00$	112	$40 \times \overline{5^2} = 1\,000$
6	$6 \times 0,4 = 2,40$	135	$40 \times \overline{6^2} = 1\,440$
8	$8 \times 0,4 = 3,20$	180	$40 \times \overline{8^2} = 2\,560$
10	$10 \times 0,4 = 4,00$	225	$40 \times \overline{10^2} = 4\,000$
12	$12 \times 0,4 = 4,80$	270	$40 \times \overline{12^2} = 5\,760$
15	$15 \times 0,4 = 6,00$	335	$40 \times \overline{15^2} = 9\,000$

On peut ainsi déterminer le type commercial de treillis ou lattis en métal déployé qu'il convient d'employer dans les divers cas qui peuvent se présenter. Nous donnons, ci-dessous, les chiffres qui correspondent aux épaisseurs de hourdis mentionnées dans le tableau précédent, lorsqu'on emploie le treillis de 75 mm.

ÉPAISSEUR DU HOURDIS en centimètres (portée de 1 m)	POIDS DU MÉTAL DÉPLOYÉ en millimètres	ÉPAISSEUR DU MÉTAL DÉPLOYÉ en millimètres	NUMÉRO COMMERCIAL DU TREILLIS de 75
5	2,00	3 $\times$ 3	15
6	2,40	3 $\times$ 3	15
8	3,20	4 1/2 $\times$ 3	9
10	4,00	6 $\times$ 3	8
12	4,80	4 1/2 $\times$ 4 1/2	11
15	6,00	4 1/2 $\times$ 6	10

Pour toute autre portée que celle de 1 m, la charge totale s'obtient en divisant les chiffres du premier tableau par le carré de la portée. Ainsi, si le hourdis est de 10 cm avec une portée de 1,20, la charge sera :

$$\frac{4\,000}{(1,20)^2} = 2\,777 \text{ kg.}$$

On a ainsi le barème suivant :

SURCHARGE au mètre superficiel	TYPE DU HOURDIS		ÉCARTEMENT ENTRE POUTRELLES	CHARGE TOTALE par mètre carré de poutrelles
	ÉPAISSEUR	NUMÉRO DU MÉTAL		
kg.	m	N <sup>o</sup>	m	kg.
100	0,06	15	2,18	460
200	0,06	15	1,79	560
300	0,06	15	1,56	640
	0,08	9	2,32	1 110
400	0,06	15	1,40	715
	0,08	9	2,10	1 220
500	0,06	15	1,28	785
	0,08	9	1,94	1 320
	0,10	8	2,36	1 710
750	0,06	15	1,08	930
	0,08	9	1,66	1 540
	0,10	8	2,03	1 970
	0,12	11	2,38	2 420
1 000	0,06	15	0,95	1 060
	0,08	9	1,48	1 740
	0,10	8	1,80	2 200
	0,12	11	2,13	2 700
1 500	0,06	15	0,79	1 275
	0,08	9	1,23	2 060
	0,10	8	1,52	2 620
	0,12	11	1,80	3 180
	0,16	10	2,35	4 370
2 000	0,06	15	0,69	1 455
	0,08	9	1,08	2 350
	0,10	8	1,34	3 000
	0,12	11	1,59	3 620
	0,16	10	2,08	4 900
3 000	0,08	9	0,90	2 860
	0,10	8	1,11	3 600
	0,12	11	1,33	4 350
	0,16	10	1,74	5 850
4 000	0,08	9	0,78	3 270
	0,10	8	0,98	4 150
	0,12	11	1,16	4 950
	0,16	10	1,53	6 700
5 000	0,08	9	0,70	3 625
	0,10	8	0,87	4 540
	0,12	11	1,05	5 550
	0,12	10	1,38	7 490
10 000	0,10	8	0,62	6 350
	0,12	11	0,75	7 700
	0,16	10	0,99	10 250

### Essais de dalles en béton armées de Métal Déployé.

Voici enfin le détail des premières expériences fort intéressantes qui ont été faites à l'usine de Saint-Denis sur des dalles de béton armé.

Ces expériences avaient pour but de déterminer la résistance de dalles armées d'acier sous forme de *Métal Déployé*; il était à présumer que si on réduisait de moitié et le poids de l'armature et celui du ciment entrant dans la composition du hourdis, on obtiendrait des résultats inférieurs, mais peut-être économiques. Or, à la surprise générale, la qualité du métal de l'armature a tellement compensé sa quantité que les résistances ont été plus grandes, même d'une façon absolue.

Le dosage était le suivant : 420 lit. de ciment Portland (Candlot) à 1 : 2 par m<sup>3</sup> de gravier. Le volume du *Métal Déployé* était d'environ 1/2 0/0 de celui de la dalle.

La confection du béton avait été confiée, deux mois auparavant, à des mains inexpérimentées au point de vue du ciment, de manière à se placer dans les pires conditions. Une des dalles était même tellement défectueuse que, lors de sa rupture, toute sa région médiane a été brutalement désagrégée; tous les cailloux qui la composaient se sont répandus en pluie sur le sol, pluie dénuée de toute gangue agglomérante.

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants, dans lesquels :

La première et la seconde colonne donnent respectivement les surcharges totales en gueuses de fonte P, et la charge totale,  $P + P'$ ,  $P'$  étant le poids propre de la dalle calculée à la densité 2,2.

La colonne III contient les moments,  $M = \frac{(P + P') l}{8}$  correspondant aux charges.

La colonne IV donne les rapports  $\frac{M}{0,6 h^2}$  dans lesquels  $h$  est l'épaisseur de la dalle en cm et 0<sup>m</sup>,6 la largeur constante de toutes dalles expérimentées. Ce rapport est le coefficient qui, multiplié par  $h^2$ , donne le moment subi par la dalle, sur 1 m de largeur.

La colonne V renferme la flèche et la colonne VI les observations.

**DALLE N° 1**

$h = 12$ . — Métal déployé n° 11 pesant 5 kg. le m<sup>2</sup>.

Pourcentage d'acier  $\frac{5}{0,12 \times 7\,800} = 53.50/0$ . — Portée libre, 2 m<sup>2</sup>

Poids mort à considérer : 323 kg.

SURCHARGES P	CHARGES TOTALES P + P'	$M = \frac{(P + P') l}{8}$	$\frac{M}{0,6 h^2}$	FLÈCHES	OBSERVATIONS
I	II	III	IV	V	VI
52 gueuses = 1 508 kg.	1 831 kg.	458 kg.	5,30	3 à 4 mm	Cette flèche n'a pas augmenté dans un arrêt de 2 heures. Après déchargement $f = 3$ mm.
62 — = 1 798 —	2 121 —	530 —	6,13	—	
73 — = 2 117 —	2 440 —	610 —	7,05	6 mm	
84 — = 2 436 —	2 759 —	690 —	8,00	—	
93 — = 2 897 —	3 020 —	755 —	8,75	7 mm	

**DALLE N° 2**

$h = 8$ . — Métal déployé n° 9 pesant 3<sup>k</sup>,15 le m<sup>2</sup>.

Pourcentage d'acier  $\frac{3,15}{0,08 \times 7\,800} = 0,51.40/0$ . — Portée libre, 2 m.

Poids mort à considérer : 216 kg.

SURCHARGES P	CHARGES TOTALES P + P'	$M = \frac{(P + P') l}{8}$	$\frac{M}{0,6 h^2}$	FLÈCHES	OBSERVATIONS
I	II	III	IV	V	VI
14 gueuses = 406 kg.	622 kg.	156 kg.	4,05	3 mm	Béton. Voir les observations sus-mentionnées.
23 — = 667 —	883 —	221 —	5,75	10 —	
35 — = 1 015 —	1 231 —	308 —	8,00	17 —	
44 — = 1 276 —	1 492 —	373 —	9,70	23 —	
49 — = 1 421 —	1 637 —	409 —	10,60	Rupture brusque	

**DALLE N° 3.**

$h = 4$ . — Métal déployé n° 15 pesant 2<sup>k</sup>,17 le m<sup>2</sup>.

Pourcentage d'acier  $\frac{2,17}{0,04 \times 7800} = 0,69.50/0$ . — Portée libre, 1 m.

Poids mort à considérer : 108 kg.

SURCHARGES P	CHARGES TOTALES P + P'	$M = \frac{(P + P') l}{8}$	$\frac{M}{0,6 h^2}$	FLÈCHES	OBSERVATIONS
I	II	III	IV	V	VI
7 gueuses = 203 kg.	311 kg.	39 kg.	4,05	1 mm	Après déchargement, la flèche est revenue à 4 mm.
15 — = 435 —	543 —	68 —	7,10	2 —	
22 — = 638 —	746 —	93 —	9,70	6 —	
30 — = 870 —	978 —	122 —	12,70	9 —	

**DALLE N° 4.**

$h = 12$ . — Métal déployé n° 11 pesant 5 kg. le m<sup>2</sup>.

Pourcentage d'acier  $\frac{5}{0,12 \times 7800} = 0,53.50/0$ . — Portée libre, 2 m.

Poids mort à considérer : 323 kg.

SURCHARGES P	CHARGES TOTALES P + P'	$M = \frac{(P + P') l}{8}$	$\frac{M}{0,6 h^2}$	FLÈCHES	OBSERVATIONS
I	II	III	IV	V	VI
14 gueuses = 406 kg.	729 kg.	182 kg.	2,10	1 mm	Après déchargement, la flèche est revenue à 6 mm.
26 — = 754 —	1 877 —	269 —	3,10	1,5	
39 — = 1 131 —	1 454 —	364 —	4,20	3 mm	
48 — = 1 392 —	1 715 —	429 —	5,00	4 —	
60 — = 1 740 —	2 063 —	516 —	6,00	6 —	
69 — = 2 001 —	2 324 —	581 —	6,75	7,5	
80 — = 2 320 —	2 643 —	661 —	7,70	9 mm	
89 — = 2 581 —	2 904 —	726 —	8,40	10,5	
100 — = 2 900 —	3 223 —	806 —	9,35	12 mm	
110 — = 3 190 —	3 513 —	878 —	10,20	14 mm	

Si l'on admet une flèche de  $1/400$  de la portée, soit  $2^{\text{mm}},5$  pour 1 m de portée et de 5 mm pour 2 m de portée, on déduit de ces tableaux que l'on peut compter un moment de

6,13 h <sup>2</sup>	pour la dalle n° 1	— à 0,53. 5 0/0	de métal déployé
7,43 h <sup>2</sup>	—	n° 3 — à 0,69. 5 0/0	—
5,50 h <sup>2</sup>	—	n° 4 — à 0,53. 5 0/0	—

Autant que l'on peut en juger d'après ce nombre restreint d'essais, on peut admettre 6 h<sup>2</sup> avec une dalle en béton maigre armée de *Métal Déployé* à raison de 0,50 0/0 environ du volume du béton. Avec du fer rond, au pourcentage de 1 0/0, et des génératrices augmentant ce volume de 20 0/0 encore, soit au pourcentage total de 1,20 0/0, on se sert actuellement de la formule 5 h<sup>2</sup>, tout en admettant un mortier au dosage de 1 : 2.

Il en résulte que 1 kg. de *Métal Déployé* remplace  $\frac{1,2}{0,50} \times \frac{6 h^2}{5 h^2} = 2^{\text{k}},88$  de fers ronds — soit tout près de 3 kg. de fer.

La dalle n° 2 qui s'est rompue brusquement, sans que le *Métal Déployé* cédât, a montré que le *Métal Déployé* présente par lui-même une grande résistance.

En effet, il a été essayé une feuille de M. D. n° 4, pesant 2<sup>k</sup>,99 le mètre carré, reposant sur des traverses à l'écartement intérieur de 0<sup>m</sup>,68. — On a chargé des gueuses sur une surface de 0<sup>m</sup>,68 de portée par 0<sup>m</sup>,50 de largeur. On a observé une flèche de 20 mm à la surcharge de 4 gueuses, soit 116 kg. ou 350 kg. par m<sup>2</sup>, parce que la feuille insuffisamment tendue a glissé sur ses appuis; mais l'addition de 58 kg. ou un supplément de près de 50 0/0, n'a pas augmenté cette prétendue flèche d'une façon appréciable. Les charges enlevées, on n'a remarqué aucune trace de fatigue dans le *Métal Déployé*.

On a également expérimenté une feuille de *Métal Déployé* n° 6, pesant 2<sup>k</sup>,04 par m<sup>2</sup>, mais enrobée dans 4 cm de plâtre, la portée était encore de 0<sup>m</sup>,68, la largeur comportant les charges de 0<sup>m</sup>,50, soit toujours  $1/3$  de m<sup>2</sup>.

5 gueuses	pesant 145 kg.	soit 435 kg. par m <sup>2</sup> ,	ont donné une flèche inappréciable
10 — —	290 —	870 — —	— 1 mm
15 — —	435 —	1 305 — —	— 1 <sup>mm</sup> ,5

Si le *Métal Déployé* a déjà une grande résistance par lui-même, il est à prévoir qu'enrobé dans le plâtre, cette résistance sera encore plus considérable.

Des essais ont été faits sur la même feuille n° 4 de M. D. pesant 2<sup>k</sup>,99 par m<sup>2</sup> et enrobée dans 0<sup>m</sup>,03 de plâtre, deux jours à peine auparavant.

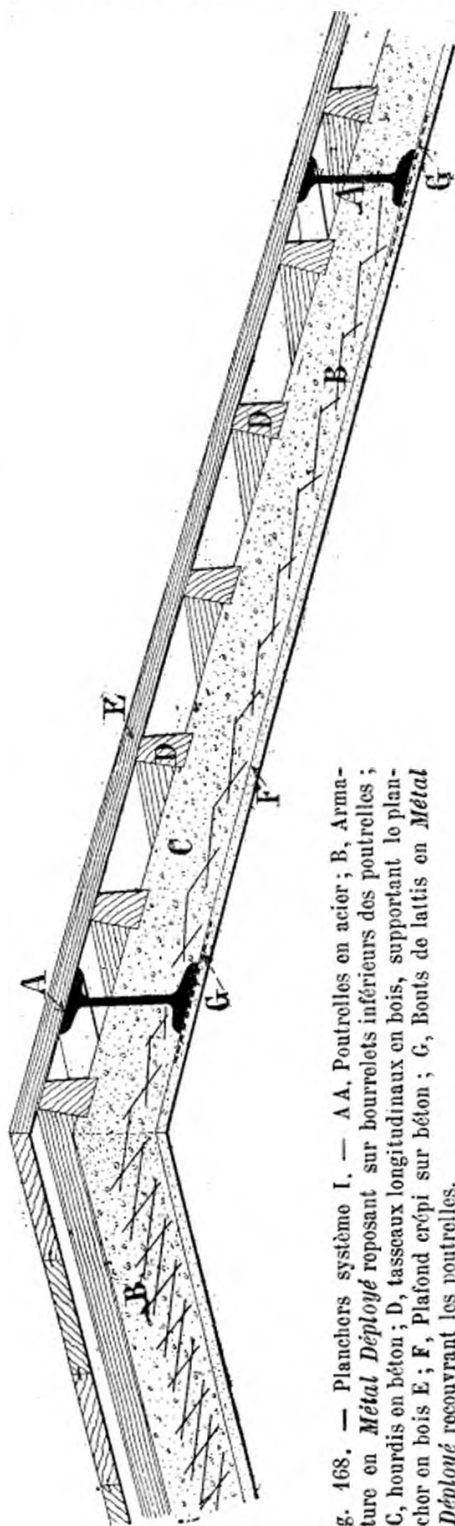


Fig. 468. — Planchers système I. — AA, Poutrelles en acier; B, Armature en Métal Déployé reposant sur bourslets inférieurs des poutrelles; C, hourdis en béton; D, tasseaux longitudinaux en bois, supportant le plancher en bois E; F, Plafond crépi sur béton; G, Bouts de lattes en Métal Déployé recouvrant les poutrelles.

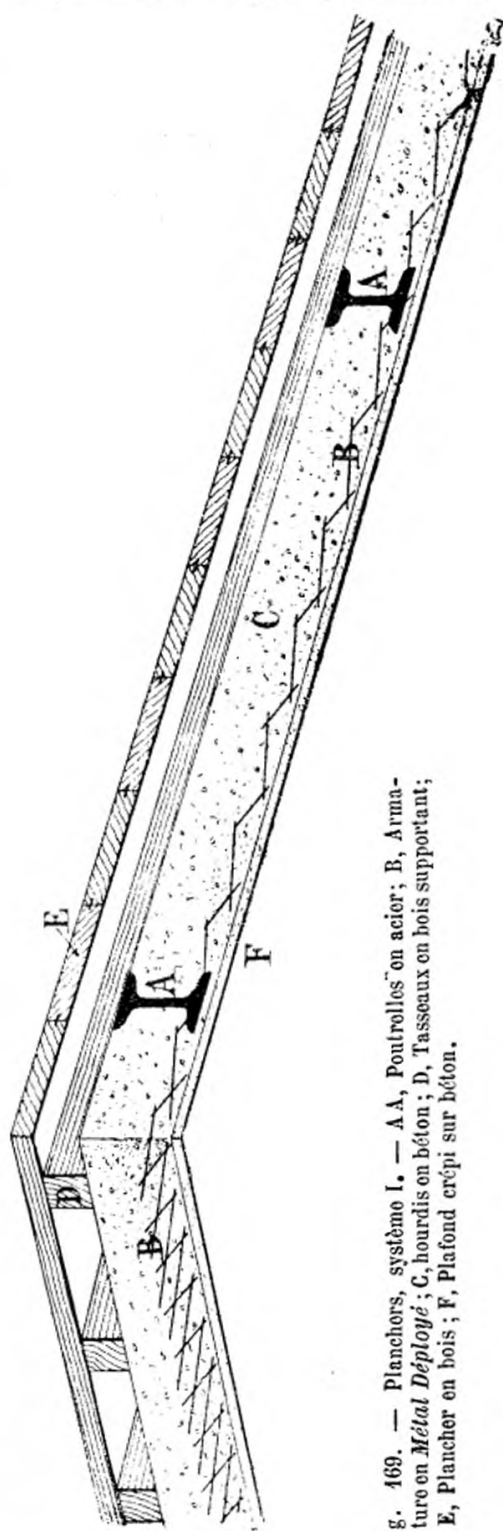


Fig. 469. — Planchers, système I. — AA, Poutrelles en acier; B, Armature en Métal Déployé; C, hourdis en béton; D, Tasseaux en bois supportant; E, Plancher en bois; F, Plafond crépi sur béton.

La portée était encore de 0<sup>m</sup>,68. On a chargé cette dalle de 18 gueuses sur une largeur de 0<sup>m</sup>,50, ce qui correspond à environ 1566 kg. par mètre superficiel ; la flèche n'a atteint que 4 mm — après déchargement elle s'est relevée de 2 mm.

(B). — PLANCHERS FORMANT PLAFONDS

On a souvent intérêt à disposer le dallage entre les poutrelles afin d'utiliser sa partie inférieure comme plafond (fig. 168).

On commence par établir sous les poutrelles A, un faux plancher, et on pose le *Métal Déployé* B sur les ailes inférieures. Par dessus, on pilonne le béton de manière à former un hourdis G ayant l'épaisseur voulue et qui englobe entièrement le treillis ; on recouvre ensuite sa face inférieure d'un crépis en plâtre F qui constitue le plafond. Sous les ailes des fers, où le plâtre ne saurait adhérer, on dispose quelques bouts de treillis ou lattis de *Métal Déployé* sur lesquels on applique le coulis de plâtre. Enfin, sur le hourdis, on nivelle des tasseaux en bois D pour clouer un plancher E, ou bien, on établit un carrelage.

Il y a deux méthodes pour établir ce plancher plafond. — On peut faire reposer, si les solives ont une assez grande hauteur, le parquet E directement sur les solives A (fig. 168). Entre ces dernières, on place des tasseaux longitudinaux en bois D, qui s'appuient sur le hourdis en béton C, armé par le *Métal Déployé* B.

Si les fers A (fig. 169) ont peu de hauteur, on pilonne le hourdis C jusqu'à leur extrémité supérieure, et le parquet E repose seulement sur les tasseaux D scellés sur le hourdis.

Pour les dallages et planchers, on emploie de préférence le treillis à mailles de 75 mm.

(C). — PLAFONDS.

On peut aussi, tout en établissant un dallage avec armature en *Métal Déployé*, au-dessus des poutrelles, faire à la partie inférieure un lattis en plâtre armé avec treillis en même métal.

Sur les ailes inférieures des poutrelles du plancher, on accroche des crampons en fer (fig. 170) auxquels on suspend de petits crochets destinés à supporter des tringles de 3 à 4 mm d'épaisseur et de 20 à 25 cm de hauteur.

Sous les tringles on fixe le *Métal Déployé* en le retenant, de distance en distance, au moyen d'attaches à pattes qu'on passe au travers

des lattes, et qu'on rabat ensuite sur les mailles. On dispose ces attaches tous les 50 cm environ.

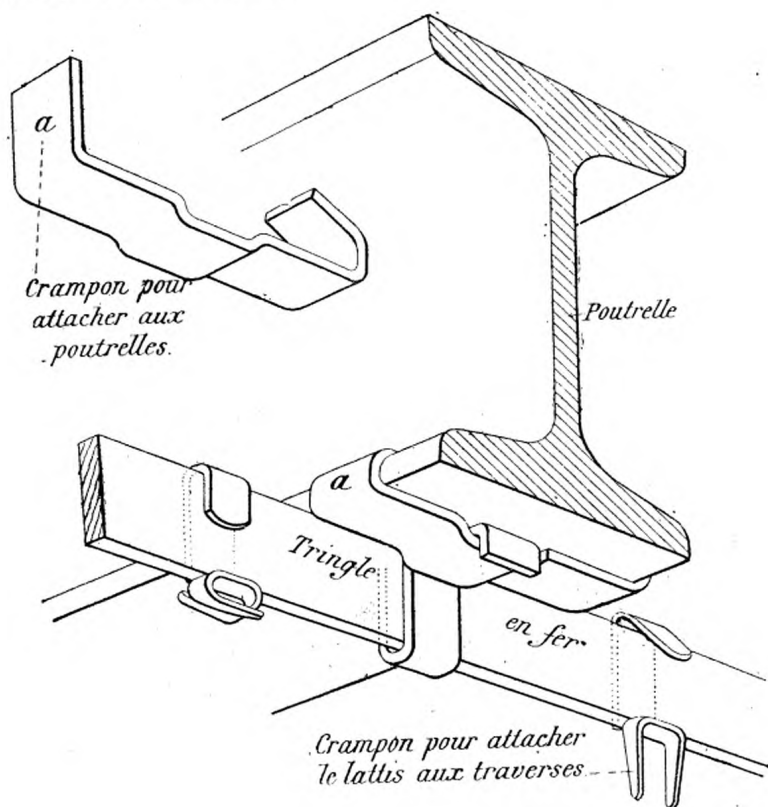


Fig. 170. — Détails d'un plafond suspendu.

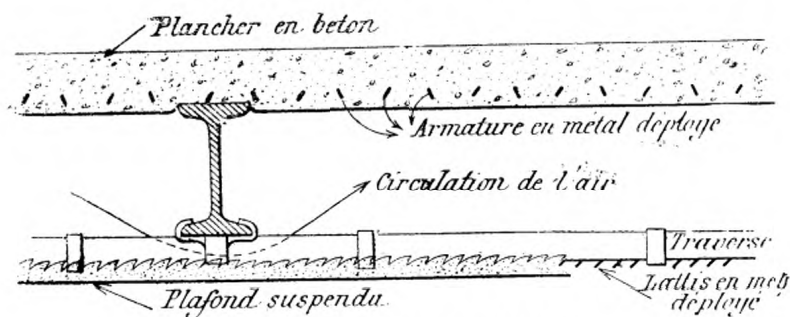


Fig. 171. — Coupe du plancher et du plafond.

La fig. 170 indique la disposition préparatoire, avant la pose du lattis, et les divers éléments de suspension dont nous venons de parler. La fig. 171 donne la coupe du plancher et du plafond en voie d'achèvement. Le plafond est suspendu à des poutrelles qui ont reçu à leur partie supérieure un dallage en béton et *Métal Déployé*. La fig. 172 est une vue perspective du même plancher.

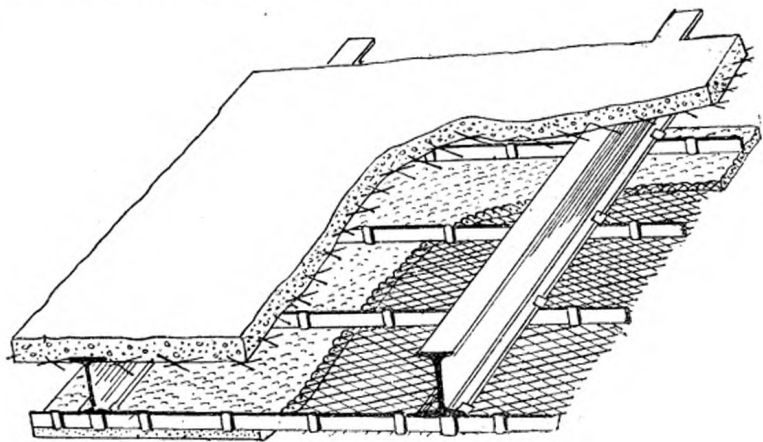


Fig. 172. — Plafond plâtré sur lattis de *Métal Déployé* suspendu sous un plancher en béton, avec l'espace pour la circulation de l'air.

Sur le lattis, on projette du plâtre qui, traversant toutes les mailles et les enveloppant entièrement, se trouve solidement retenu par autant de bourrelets formant accrochages reliés entre eux.

Enfin, la fig. 173 donne une vue d'ensemble d'un plancher avec plafond en *plâtre armé*. AA sont les poutrelles en acier ; B, armature en *Métal Déployé* placée sur les bourrelets supérieurs des poutrelles ; C, dallage, monolithe en béton ; D, tasseaux légers supportant le plancher E en bois ; F, plafond suspendu aux bourrelets inférieurs des poutrelles.

Le lattis est à mailles de 10 et même de 6 mm.

#### (D). — PLANCHERS A GRANDES PORTÉES.

Dans le cas d'un hall, d'un dépôt ou d'une usine où il est nécessaire de ménager de larges dégagements, on donne une disposition spéciale aux planchers.

Les poutres principales (fig. 174) qui reposent sur les piliers, sont reliées entre elles par des renforts en béton pilonné sur des nervures cintrées. Ces nervures sont des fers U très légers dont la flèche ne

dépasse pas  $1/12$  et qui s'appuient contre les âmes des poutres ; elles

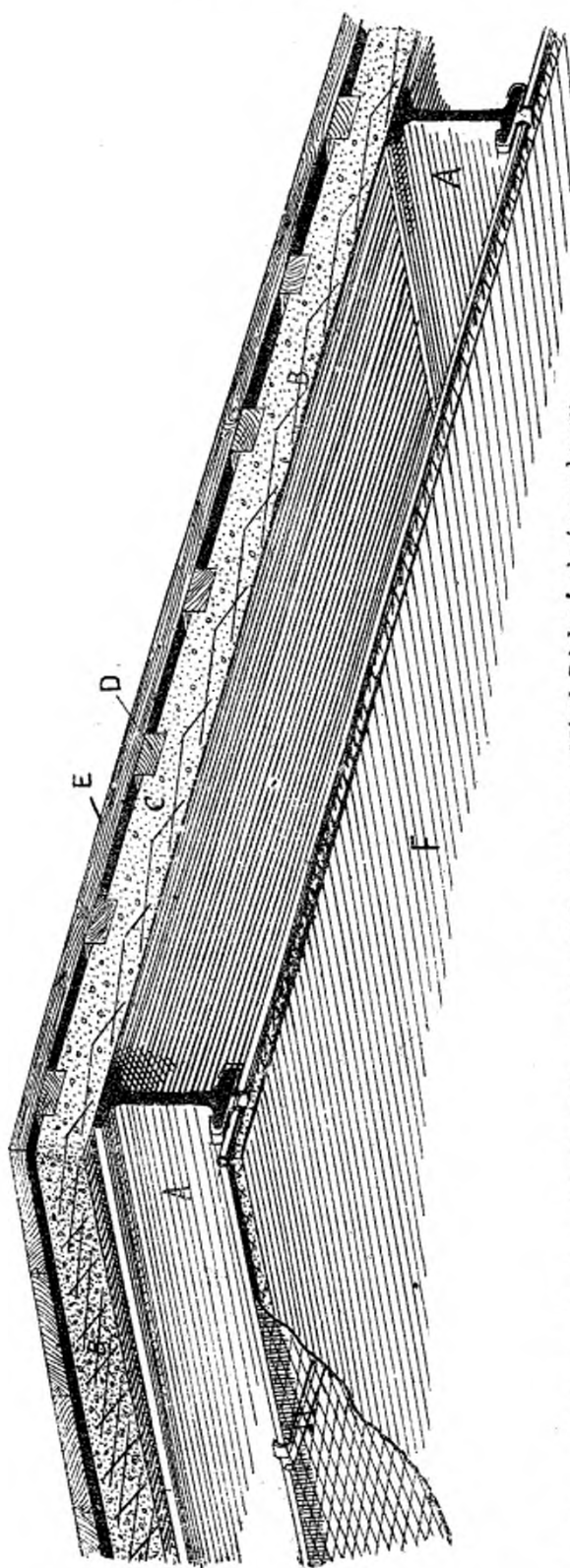


Fig. 173. — Plancher système I. — A A, Poutrelles en acier ; B B, Armature en *Métal Déployé* placée sur bords des poutrelles ; C, Dallage monolithique en béton ; D, tasseaux légers supportant le plancher en bois E ; F, Plafond suspendu aux bords des poutrelles

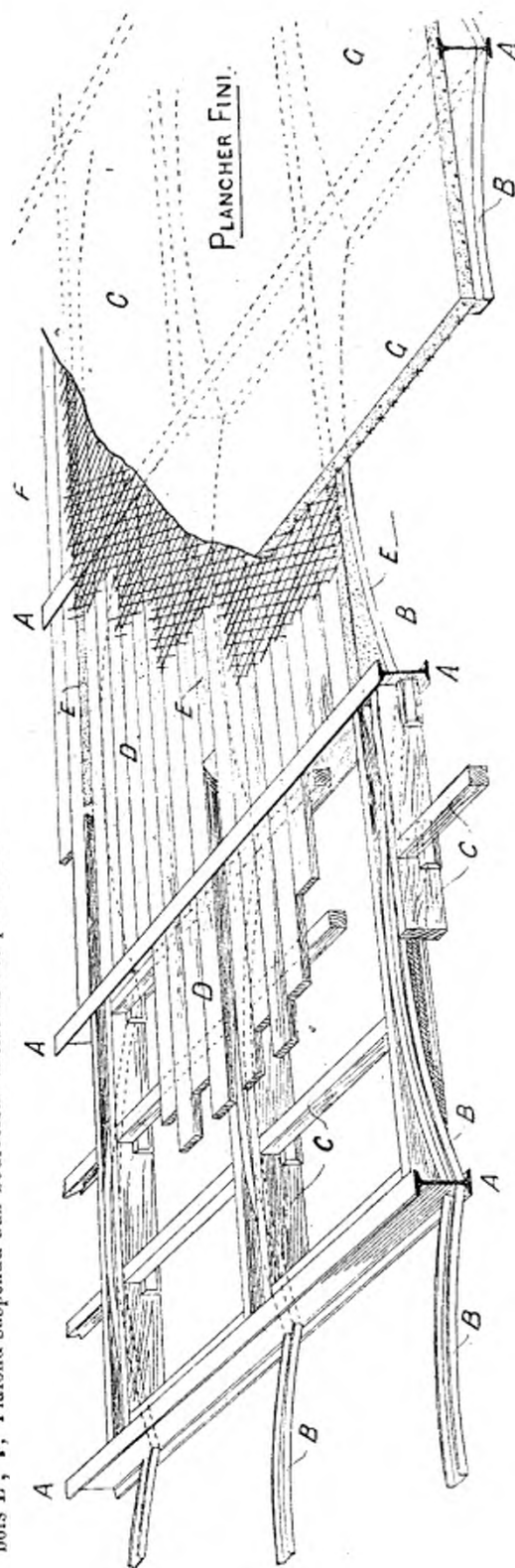


Fig. 174. — Plancher plat avec renforts ; voûtes en béton sur fers en U (Système Golding).

LÉGENDE. — A, Longuerine en acier ; B, fer en U cambrés ; C, cintre provisoire en bois ; D, Plancher brut provisoire ; E, Hourdis de béton sur fers en U ; F, Armature en *Métal Déployé* ; G, Plancher en béton avec armature en *Métal Déployé* et renforts voûtés.

sont encadrées, de chaque côté, par deux solives en bois qui forment, au-dessus de l'armature métallique, un caisson qu'on remplit de béton. On forme ainsi des arcs en béton reposant sur les fers U qui servent de cintre et auxquels on donne, à la clef, une hauteur égale à leur épaisseur.

Sur l'ensemble de ces arcs, on pose le *Métal Déployé* qu'on noie ensuite dans le béton, comme dans le cas d'un dallage ordinaire.

Lorsque le béton a fait prise, on enlève le cintre provisoire en bois, ainsi que le plancher brut, également provisoire.

La fig. 174 montre la construction d'un plancher plat avec renforts voûtés en béton sur fers U, et la vue de ce plancher terminé.

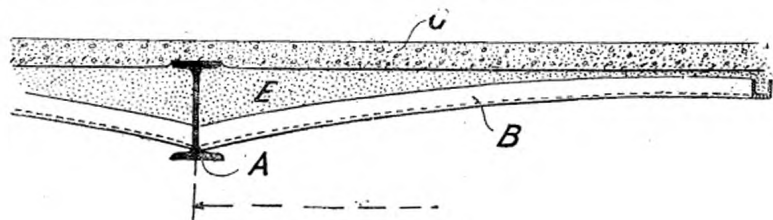


Fig. 175. — Coupe longitudinale. (V. fig. 174).

Une coupe longitudinale (fig. 175) et une coupe du renfort en béton sur fer U (fig. 176) font nettement apprécier les détails de ce procédé de construction.

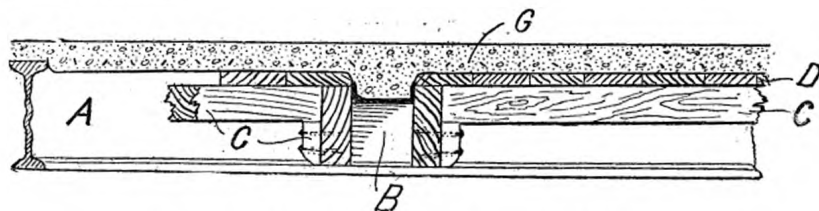


Fig. 176. — Coupe du renfort en béton sur fer en U.

On est arrivé, par ce système, à couvrir des portées considérables entre colonnes; on est même allé jusqu'à 22 m.

#### E. — CLOISONS.

On peut, à l'aide du *Métal Déployé*, établir des cloisons pleines ou creuses, simples ou doubles.

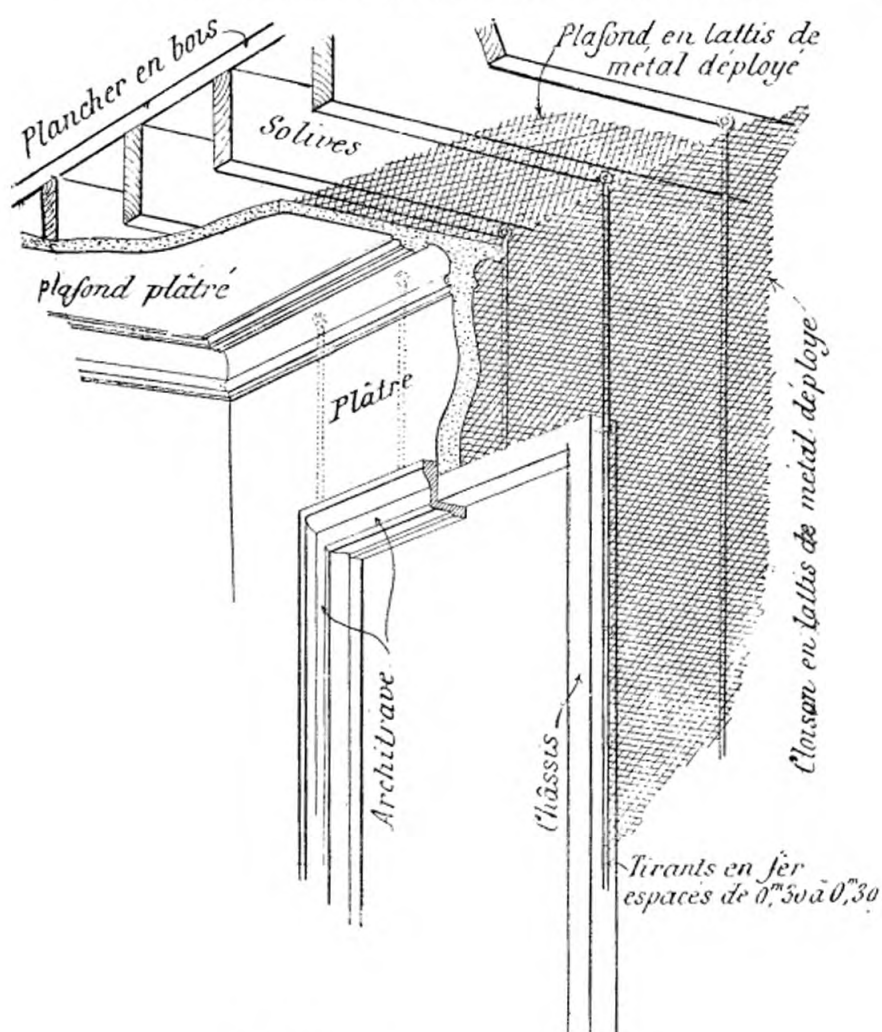


Fig. 177 —

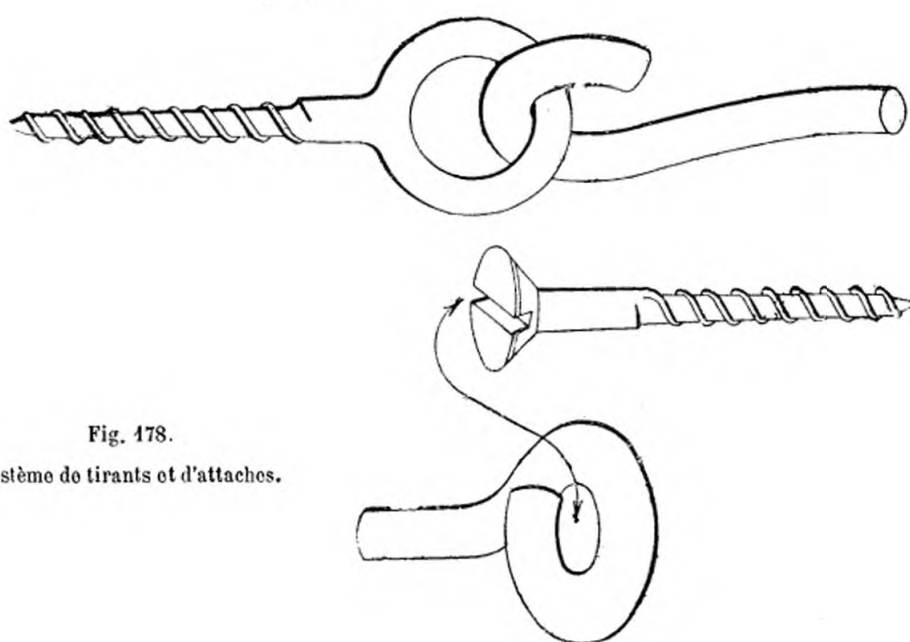


Fig. 178.

Système de tirants et d'attaches.

1<sup>o</sup> Cloisons pleines.

On vient fixer aux solives en bois du plancher des tirants en fer rond de 5 à 8 mm de diamètre (fig. 177). On place ces tirants à des distances

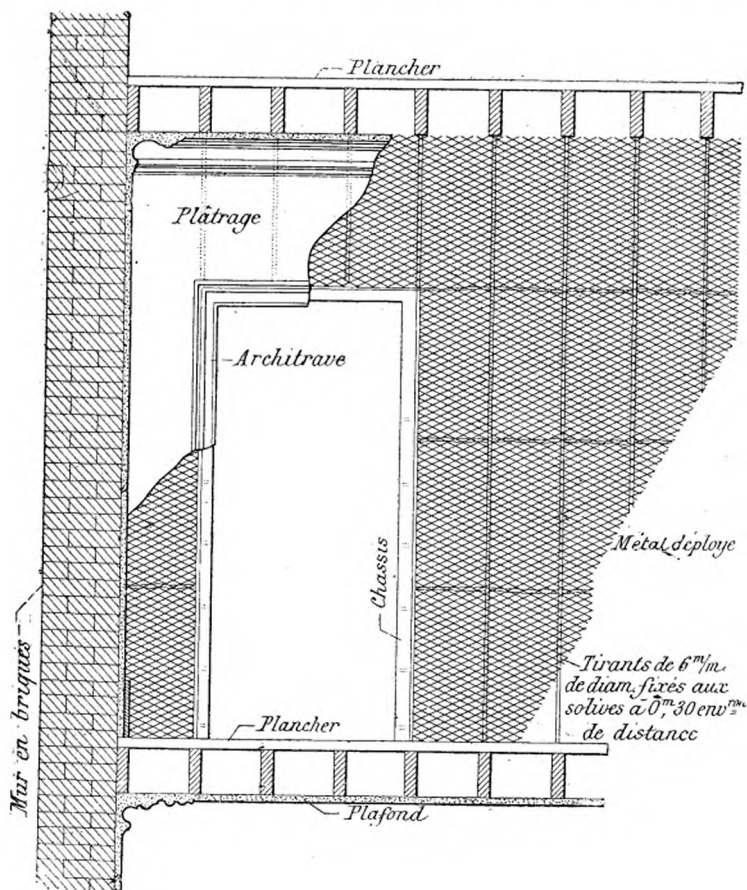


Fig. 179. — Cloison vue en élévation.

variant de 30 à 60 cm. Ils sont fixés aux solives en bois au moyen de vis et de crochets et peuvent être tendus à volonté (fig. 178).

Les feuilles de lattes mesurent 2<sup>m</sup>,44 sur 0<sup>m</sup>,82, soit exactement 2 m superficiels chacune. Elles sont posées (fig. 179) le long des tirants qu'elles enlacent, en passant alternativement devant et derrière eux

(fig. 180). Pour faciliter la pose de ces feuilles, on prend la précaution de les retenir à l'aide de quelques ligatures en fil de fer.

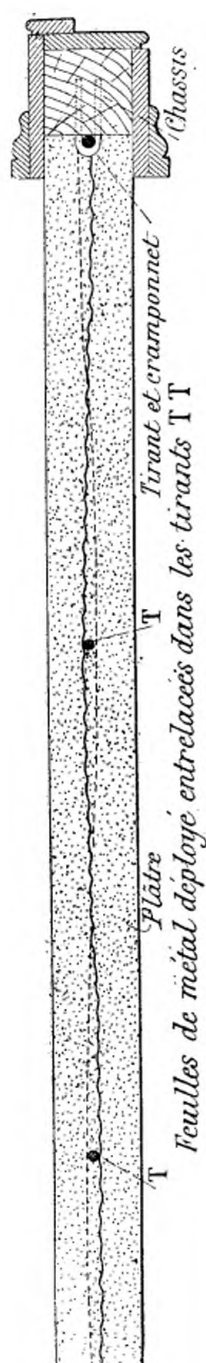


Fig. 180. — Coupe de la cloison et du châssis de porte.

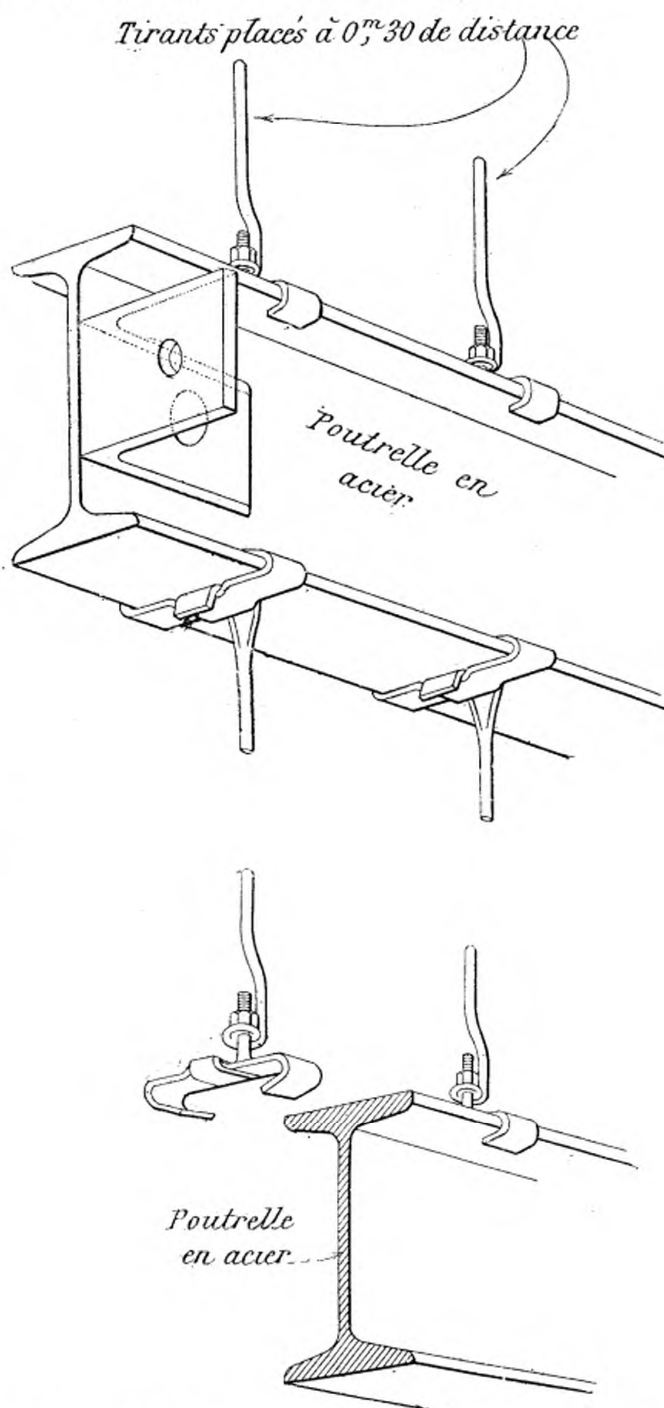


Fig. 181. — Poutrelles pour planchers et crampons d'attache pour cloisons.

Si le plancher haut et le plancher bas sont en fer, on accroche aux

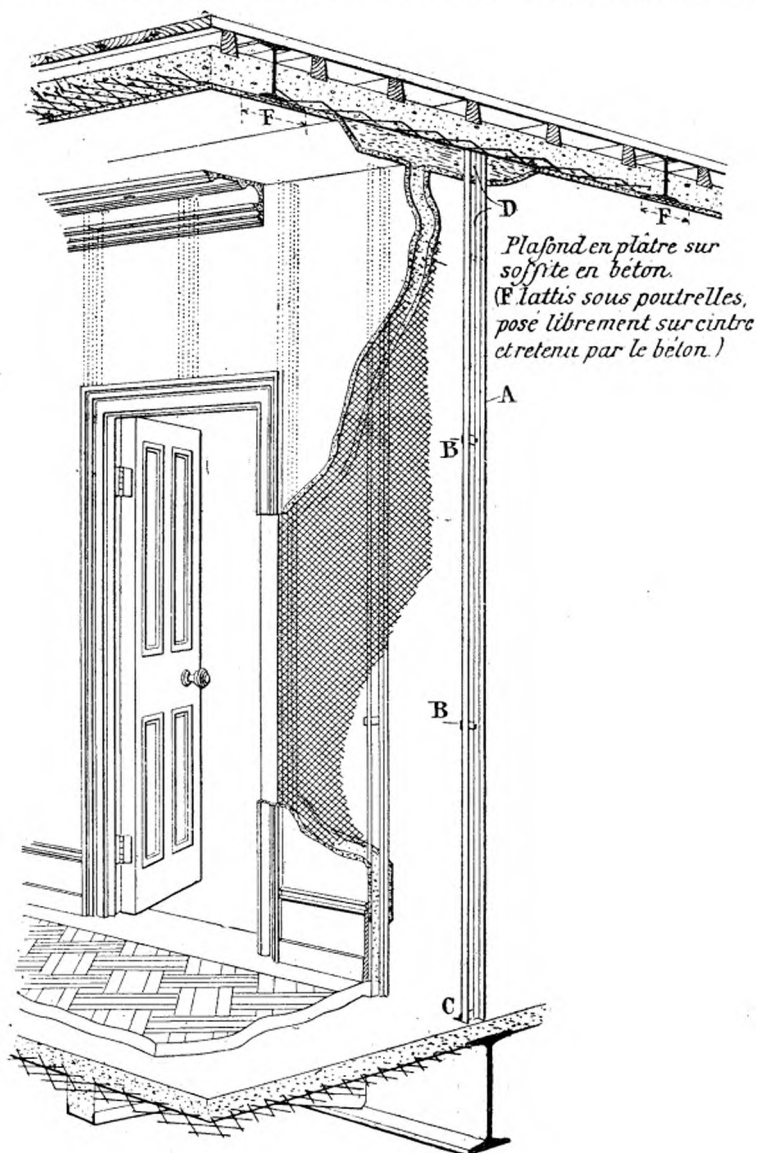


Fig. 182 a.

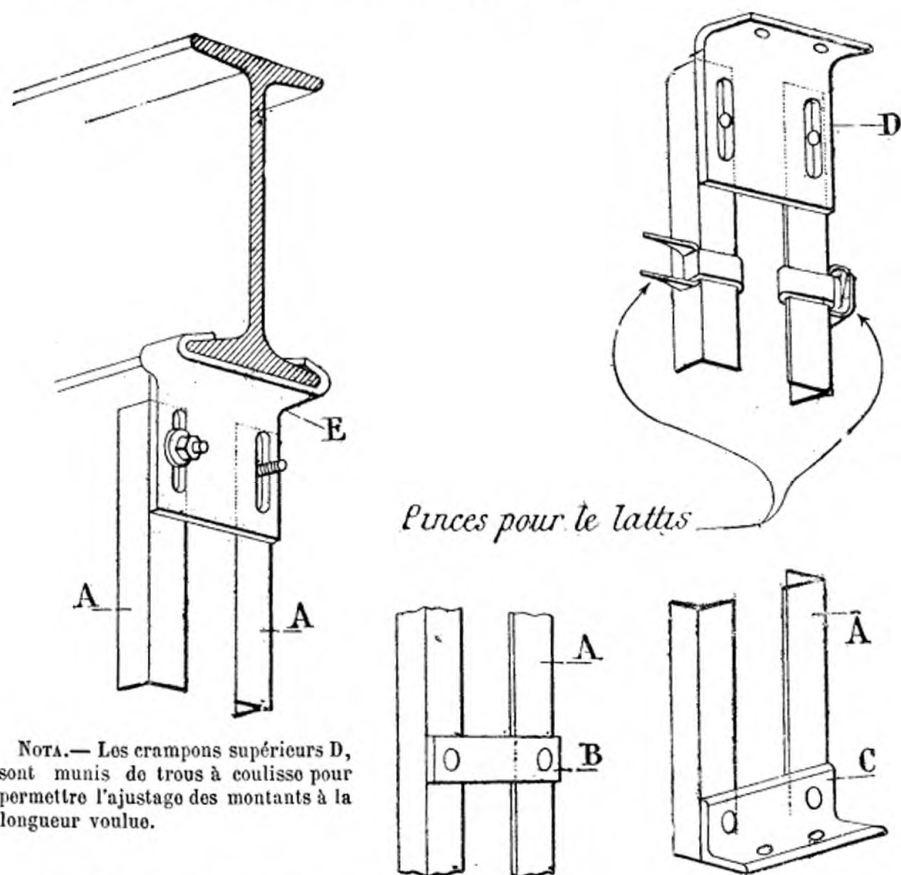
poutrelles des crampons (fig. 181). Ces crampons servent à retenir les

tirants. Pour tendre ces derniers, on se sert de crochets avec tiges filetées.

Le plâtre est ensuite gobeté sur les deux faces du lattis.

### 2° Cloisons doubles.

Pour établir une cloison double (fig. 182), on emploie un montant



NOTA.— Les crampons supérieurs D, sont munis de trous à coulisse pour permettre l'ajustage des montants à la longueur voulue.

A, Cornières en acier ; B, Fer méplat ; C, Pied en fer cornière reposant sur le béton ; D, crampon supérieur pour attache.

Fig. 182 b. — Cloison creuso.

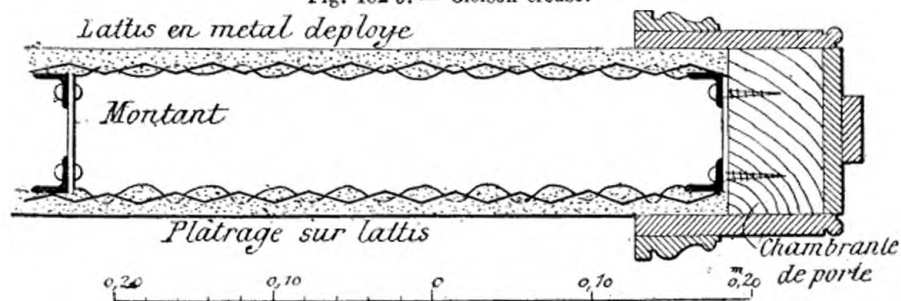


Fig. 182 c. — Coupe longitudinale.

composé de deux fers cornières A maintenant à distance par des fers méplats B et des boulons.

Ces fers sont fixés à leurs extrémités par de petites cornières C et des clous chassés dans le béton. On peut aussi les fixer par des crampons E recourbés sur les ailes des poutrelles métalliques.

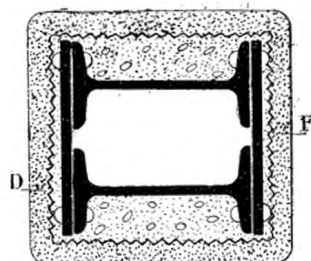


Fig. 183 a. — Coupe horizontale d'une colonne hourdie et crépie.

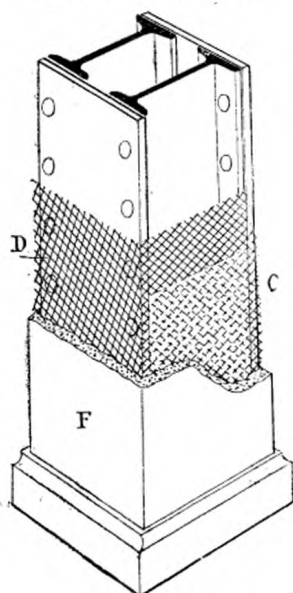


Fig. 183 b. — Colonne partiellement hourdie et crépie.

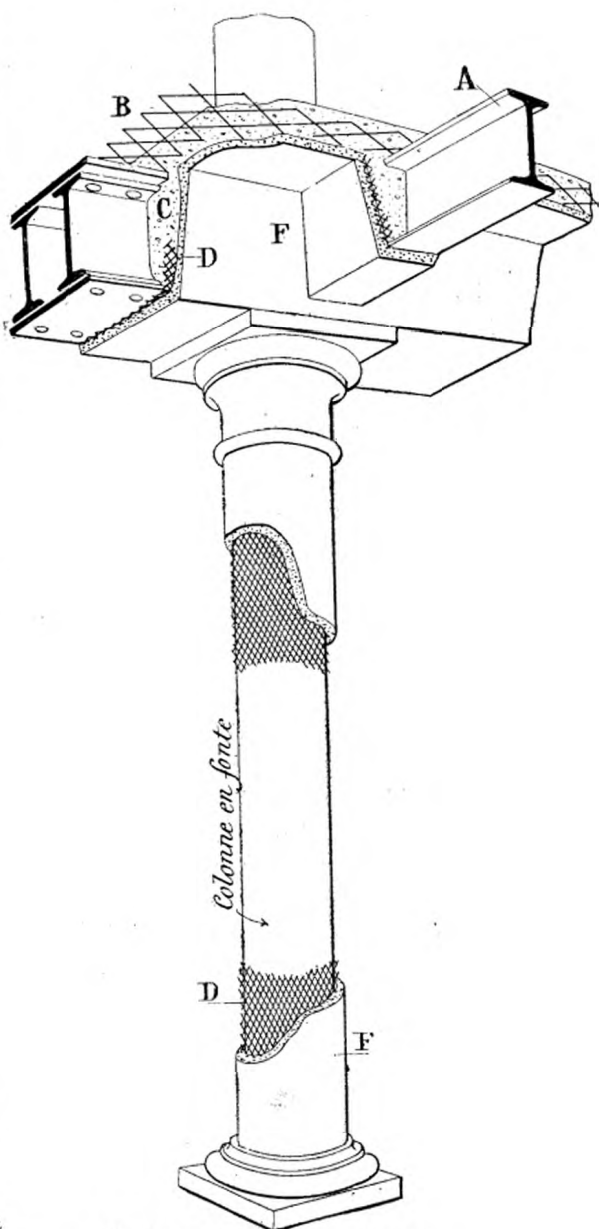


Fig. 184. — Colonne hourdie et crépie.

Au plafond, les crampons d'accrochage portent des plaques munies de trous à coulisse ; dans ceux-ci glissent des boulons qui permettent d'ajuster les tirants à des hauteurs variables.

Sur les montants ainsi établis, on vient appuyer le lattis en *Métal Déployé*, qu'on fixe à l'aide de petites attaches dont les pattes se rabattent sur les mailles du métal déployé.

#### E. — COLONNES ET PILIERS.

On a été amené à appliquer le *Métal Déployé* à la garniture des colonnes, piliers et pilastres, parce que sa flexibilité lui permet de prendre toutes les formes désirables.

La fig. 183 donne l'élévation et la coupe d'un pilier en fer revêtu de *Métal Déployé*. L'âme du pilier est formée de deux fers double T réunis par deux semelles de façon à donner une section horizontale rectangulaire. Le lattis s'étend le long de ce contour rectangulaire et se replie sur lui-même pour être rendu fixe au moyen d'attaches de treillageur. On étale ensuite le plâtre sur le lattis.

Pour les colonnes (fig. 184), on se contente d'entourer ces dernières avec le lattis bien serré et retenu avec des attaches de treillageur.

#### G. — CORNICHES ET MOULURES.

La fig. 185 montre que le *Métal Déployé* peut être aussi employé pour la confection des corniches et moulures. A l'aide de lattes en bois on indique les masses principales ; sur les lattes on pose le *Métal Déployé* et l'enduit, sur lequel on trace les moulures au calibre.

Le lattis de *Métal Déployé* forme avec le crépi de plâtre, de chaux ou de ciment, une gaine dont l'adhérence ne laisse rien à désirer ; cette gaine préserve la pièce qu'elle enveloppe de tout contact avec le feu ou les flammes et ne lui transmet que sa propre chaleur ; or,

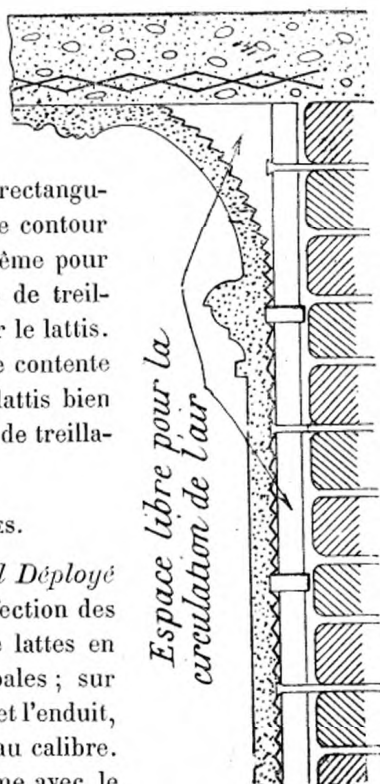


Fig. 185. — Enveloppe incombustible pour la protection de colonnes en fer ou en acier.



niture de toutes les pièces importantes des bâtiments. Les fig. 186 a, b, c donnent plusieurs applications de ce système à la protection des poutrelles.

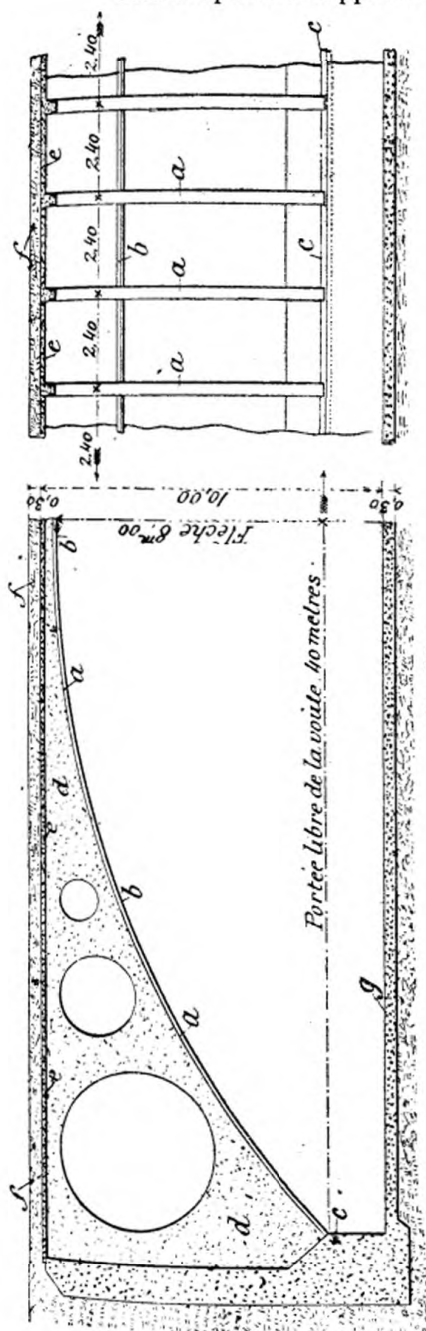


Fig. 487 a.

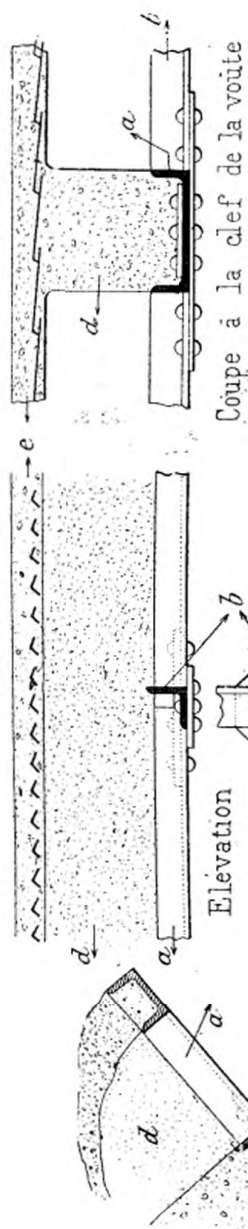
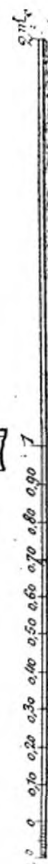


Fig. 487 b.



Détail de l'épaulement.

Détail au centre de la portée.

Fig. 487. — Réservoirs couverts.

On peut, dans ces revêtements laisser un vide où circule l'air ou faire un hourdis plein. Des tringles en acier E avec des cramponnets permettent d'attacher les lattis aux poutrelles.

## H. — RÉSERVOIRS.

Le béton armé par le *Métal Déployé* peut servir aussi à la couverture des grands réservoirs. Il permet de se passer de cintres s'appuyant sur le radier.

Les fers en U dont nous avons déjà parlé plus haut, qui servent à préparer les renforts voûtés, sont butés contre les murs des réservoirs, dont ils laissent la base entièrement libre. On donne au radier bitumé et cimenté l'épaisseur qui convient à la charge d'eau qu'il est destiné à supporter. On le construit même en béton armé et *Métal Déployé*.

Sur le côté opposé des murs de soutènement s'exerce une poussée des terres assez considérable. On l'équilibre par des arcs mi-fer, mi-béton. On recouvre les poutrelles et les arcs bétonnés d'un dallage avec *Métal Déployé* à mailles de 0<sup>m</sup>,75.

Les fig. 187 *a, b* donnent tous les détails de construction de l'un de ces réservoirs.

Disons en terminant que le *Métal Déployé* devient d'un usage de plus en plus fréquent, et qu'il a été l'objet d'une note à la Société des Ingénieurs civils par M. Chalon, auquel nous avons emprunté quelques-uns des détails donnés.

## 2° Fibrocortchoïna.

Ce genre de construction a été très employé à l'Exposition universelle de 1900.

Il consiste dans l'établissement de panneaux séparés, fabriqués à l'usine et posés ensuite en revêtement dans les édifices.

Ces panneaux se composent d'un bâti en bois, sur lequel on fixe un treillis de chanvre et fil de fer. Ce treillis est enduit de plâtre avec une composition spéciale.

Ces panneaux admettent tous les ornements possibles. Ils peuvent servir pour cloisons, plafonds, hourdis, planchers, isolements de toitures, murs de clôture et d'espaliers, etc. Ils se débitent comme du bois, et se prêtent à toutes les formes.

Le prix moyen est de trois francs le mètre superficiel de panneaux

en place pour toutes épaisseurs, compris enduits, les panneaux étant employés en remplissage, revêtements extérieurs et intérieurs, plafonds, hourdis, planchers, etc.

Dans leur transport, les panneaux doivent toujours être placés de champ avant d'être soulevés, et transportés dans cette position, sur l'épaule ou sous le bras. On ne doit les mettre à plat que lorsqu'ils ont été d'abord posés de champ sur toute leur longueur.

Les panneaux pleins sont placés à sec et cloués entre eux et sur les bois qu'ils doivent recouvrir ou contre lesquels ils s'appuyent. Les joints doivent être imperceptibles.

Le clouage se fait au moyen de clous spéciaux galvanisés. Ces clous ne doivent *jamais* être enfoncés *normalement* à la surface à clouer, mais être enfoncés *toujours obliquement*, en lardant comme l'indique le croquis de la fig. 188.

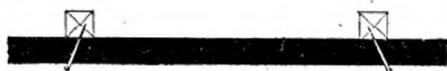


Fig. 188.

Les joints verticaux des panneaux doivent être chevauchés, quelle que soit la nature du travail à exécuter, du moment que la longueur à remplir dépasse celle du panneau.

Les panneaux se font pleins ou creux. Voici leurs poids au mètre cube :

Panneaux universels pleins . . . . .	800 kg.
— creux . . . . .	600 —

Voici les dimensions courantes de ces panneaux :

Épaisseur en mm : 15, 23, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90,	Pleins
	70, Creux
	100, —
Largeur en cm : 25.	
Longueur en cm : 200, 250,	Pleins.
	125, Creux.
	250, —

Le tableau suivant donne le poids du mètre superficiel de panneaux pleins en place, compris enduits et joints.

Épaisseurs en mm	Poids en kg.	Épaisseurs en mm	Poids en kg.
15 . . . . .	20	60 . . . . .	60
30 . . . . .	30	100 . . . . .	75
40 . . . . .	40	120 . . . . .	90
50 . . . . .	50		

Voici le tableau des charges de sécurité des panneaux seuls, simplement soutenus à leurs deux extrémités.

DISTANCE ENTRE LES POINTS D'APPUI	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
ÉPAISSEUR DES PANNEAUX	Charge uniformément répartie par m <sup>2</sup> , en kg.							
3 cm	80	35						
4 —	155	72	34					
5 —	255	126	66					
6 —	370	200	120	40				
7 —	486	274	175	122	89			
10 —	922	520	322	232	169	130	101	
12 —	1 260	710	454	317	231	177	138	113

Les épaisseurs à employer sont les suivantes :

	Distance en cm	Épaisseurs en mm
En plafonds sur solives en bois, suivant la distance entre les points d'appui .	66	15
	83	30
	125	40
En hourdis entre poutres en fer ou bois supportant les lambourdes. . . .	50 à 60	60
	60 à 70	70
	70 à 80	80
En cloisons, remplissages et revêtements sur ou entre poteaux . . .	1,25	30-40
	3,00	50
	5,00 et au-dessus	60-70

Voici les applications détaillées de ces différentes épaisseurs.

- 15 mm Pour plafonds sous solives en bois, brisis de combles, rampants d'escaliers et isolement de toitures.
- 23 mm Mêmes applications que ci-dessus.
- 30 mm Mêmes applications que ci-dessus, plus : cloisons sur ou entre poteaux fer ou bois, revêtements isolants intérieurs et extérieurs de constructions fer ou bois, démontables ou fixes et petits murs pour espaliers.
- 40 mm Mêmes applications que ci-dessus.
- 50 mm — — —
- 60 mm Pour cloisons, sans poteaux de remplissage et d'angles jusqu'à 5 m de hauteur et 6 m et plus de longueur, cloisons de toutes longueurs et hauteurs, sans point d'appui visible, pour grands édifices, ateliers, salles, expositions, etc., hourdis isolants de planchers, poutres fer ou bois, revêtements intérieurs ou extérieurs et garnissages isolants de constructions fer ou bois, démontables ou fixes et petits murs de séparation.
- 70 mm Mêmes applications que les 60 mm.
- 80 mm — — —
- 90 mm — — —

- 70 mm Creux, pour cloisons légères et hourdis isolants de faux planchers, poutres fer ou bois.  
 100 mm Creux, pour hourdis de planchers isolants, poutres fer ou bois et murs de clôture.  
 130 mm Mêmes applications que ci-dessus.

### 1° Plafonds et hourdis.

Voici comment on procède pour la pose des panneaux comme plafonds sous solives en bois.

Les panneaux sont pris par deux hommes et appliqués sous les solives où ils sont maintenus par les deux mains de l'un des hommes

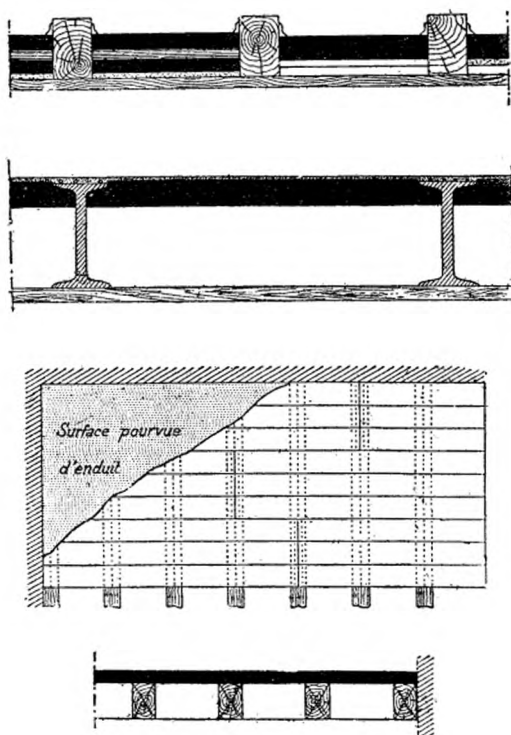


Fig. 480.

pendant que l'autre place les premières pointes, après la pose desquelles, le deuxième ouvrier aide au clouage. Autant que possible, les bouts des panneaux doivent toujours reposer sur une solive.

On consolide les joints à l'aide de bandes de toile à larges mailles. Ces bandes les garantissent de tout bris. On les passe dans le plâtre gâché clair ; on les étend sur les joints, en les prenant par le milieu de leur longueur. On colle ces bandes en leur faisant suivre la direction du joint à consolider. On achève de les fixer en passant la truelle jusqu'à ce que tous les joints aient disparu, et que les bandes ne forment plus qu'une épaisseur imperceptible sur les panneaux.

L'enduit sur les plafonds se passe à l'ordinaire ; un centimètre d'épaisseur suffit. On le passe en deux fois ; la première, pour dégrossir, la seconde pour finir et lisser. La plupart du temps, l'enduit à la taloche et le raclage donnent un plafond très suffisant.

Si le plafond doit porter des ornements lourds, on fixe aux endroits respectifs des revêtements ou traverses en bois, à la méthode ordinaire.

Nous donnons (fig. 189) différents genres de plafonds et hourdis.

### *2° Plafonds sur fil de fer.*

On fait aussi des plafonds sur fils de fer.

A cet effet on place, à environ 15 cm les uns des autres, des fils de fer galvanisés de 2 mm d'épaisseur, en les fixant aux poutres par des

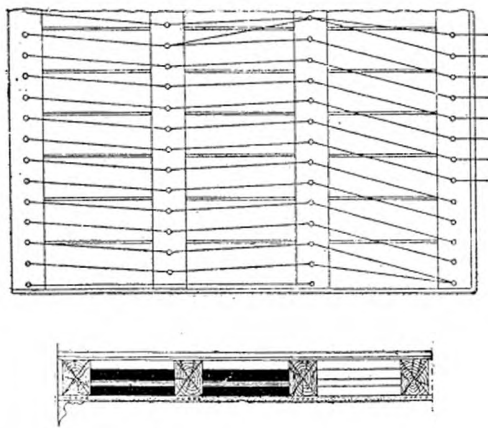


Fig. 190.

crampons en forme d'hameçon qu'on a soin de ne fixer que de deux en deux poutres, de façon à pouvoir raidir les fils de fer en plaçant les crampons des poutres intermédiaires, après avoir raidi les fils en tirant sur ces points non encore fixés (fig. 190).

Sur les fils de fer on place les panneaux entre les poutres, la face striée en bas, on remplit bien de mortier de plâtre tous les joints, ainsi que le vide laissé entre les poutres et les panneaux. On a eu soin d'abord d'abattre légèrement les angles supérieurs de ces derniers. Enfin, on passe un enduit de un à deux centimètres sur toute la surface devant former plafond.

### 3° Plafonds isolants.

Pour établir des plafonds isolants en panneaux creux, on place des bardeaux entre les poutres en fer. Sur ces derniers, le long des poutres, on vient poser des fers sur lesquels on place des panneaux creux (fig. 191). On fait le garnissage et on pose le plancher.

Pour le plafond, on cloue des lattes transversales sous les bardeaux, si ceux-ci ne dépassent pas ou n'arasant pas les ailes des fers. Sur ces lattes, on fixe des panneaux de 15 mm ou 30 mm d'épaisseur. Ces panneaux doivent recevoir l'enduit.

Si, au contraire, les bardeaux dépassent ou arasent les ailes des fers, on supprime les lattes et les panneaux sont cloués directement sur les bardeaux.

Nous donnons (fig. 192) différents types de hourdis

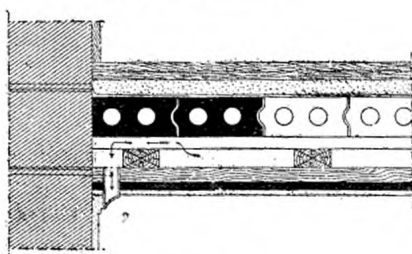


Fig. 192.

pour planchers, poutres en fer, etc., etc. (fig. 193), un type de hourdis à recouvrement d'ailes.

Pour ce dernier genre de hourdis, on place sous l'aile du fer et longitudinalement, un panneau, qu'on cloue ensuite aux autres panneaux formant le hourdis. Le plafond est ainsi

Coupe longitudinale.



Coupe transversale.

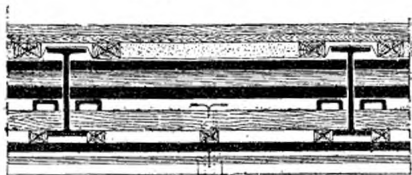


Fig. 191.



Fig. 193.

garanti contre le bris de l'enduit au droit des poutres et contre la rouille qui finit par se montrer toujours dans les planchers en fer. Ces panneaux longitudinaux sont noyés dans l'enduit. On peut les laisser apparents et s'en servir de motifs d'ornements par l'adjonction de moulures.

#### 4° Cloisons.

Pour les cloisons, voici comment on procède.

Les divisions et séparations ou cloisons peuvent être exécutées en panneaux de 30, 40, 50, 60, 90 mm., etc.

Distance des poteaux en cm . . .	1, 25	2, 50	4 »	6 et plus
Épaisseur des panneaux en mm. . .	30	40	50	60
Hauteur entre parquets et plafonds en m	3 à 4	3 à 4	3 à 4	4 à 5

Dans la cloison ordinaire de 0,08 d'épaisseur et au-dessus, la première rangée horizontale de panneaux doit être placée parfaitement d'aplomb, la partie creuse des panneaux en bas, le talon en l'air et de façon que la ligne supérieure soit parfaitement horizontale. Cette rangée est clouée si elle est placée sur bois; elle est placée au plâtre,

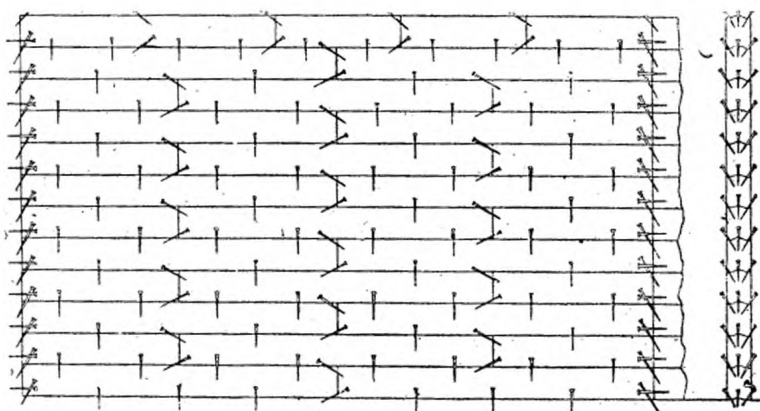


Fig. 194.

si elle est sur maçonnerie. Les joints verticaux doivent être aussi petits que possible et bien d'équerre; il ne doit pas y avoir de jeu entre les panneaux et les poteaux. Si après une rangée en place, il reste un bout de panneau, il doit être employé immédiatement à la rangée suivante pour croiser les joints et en même temps pour ne pas avoir de déchets (fig. 194 et 195).

(La dernière rangée sous le plafond doit être placée sur plâtre et entrer au moins de 1 cm dans le plafond ou son hourdis.

Les panneaux sont cloués sur les poteaux et entre eux, comme il est indiqué au croquis ci-dessous.

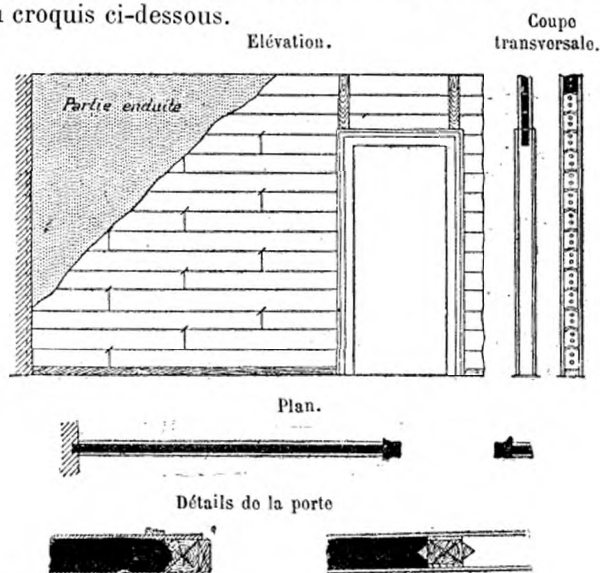


Fig. 195.

Pour les cloisons à enduire sur les deux faces, on emploie les panneaux striés sur les deux faces; on emploie des panneaux à une face lisse et une face striée pour les cloisons qui ne doivent recevoir qu'un enduit; on emploie au contraire des panneaux à deux faces lisses pour les cloisons destinées à recevoir du papier; dans ce cas, les joints sont bouchés au plâtre.

L'enduit se fait sans crépissage préalable et des nus de 5 mm suffisent pour obtenir des surfaces parfaitement planes.

Pour la pose des panneaux employés comme revêtements intérieurs et extérieurs ou garnissages entre poutres fer ou bois, les instructions sont les mêmes que celles données pour la construction des cloisons.

Dans le cas où les cloisons devraient être revêtues d'une décoration ou d'un revêtement imperméable comme dans les vestibules, cages d'escaliers, salles de bains, cabinets de toilette, cuisines et W-C., on peut employer les panneaux à revêtements qui peuvent être exécutés aux goûts des clients. L'économie de leur emploi se résume comme suit: suppression des enduits, des papiers, des tentures, des peintures, économie de la main-d'œuvre spéciale pour la pose des revêtements.

Pour les grands halls tels que ceux de salles de spectacles, d'expositions, de grands ateliers, etc., on peut obtenir des cloisons de toutes dimensions, en hauteur comme en longueur, sans aucun point d'appui visible (fig. 196).

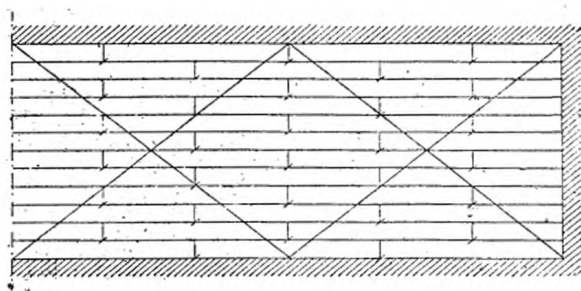


Fig. 196.

Dans le plan de la cloison, si celle-ci peut être construite avec des panneaux d'une certaine épaisseur au moins de 60 mm, comme il est indiqué ci-dessus, on tend des fils de fer de 5 mm pour une hauteur de cloison de 3 à 4 m et de 7 mm pour une hauteur supérieure et, entre eux et sur eux, on place les panneaux comme pour la construction d'une cloison ordinaire en faisant aux abouts des panneaux qui reposent sur les fils de fer la place de ceux-ci, de façon à ce qu'ils soient noyés dans la cloison; puis on passe l'enduit ou l'on bouche les joints. Quand pour une raison quelconque, on a intérêt à employer des panneaux d'une faible épaisseur, on place alors deux rangées de fils de fer tendus de façon à laisser entre eux juste l'épaisseur du panneau à employer, dans cet espace on glisse les panneaux que l'on cloue entre eux comme pour les cloisons ordinaires. Les fils de fer, dans ce cas, n'étant que de 3 mm à 3 mm 1/2, sont noyés dans les enduits s'il en est fait ou restent visibles, dans le cas où on ne fait que boucher les joints.

##### 5° Revêtements intérieurs et extérieurs.

On fait aussi avec ce système des revêtements intérieurs et extérieurs. On fait des garnissages entre poutres bois ou fer.

Entre poteaux, les épaisseurs à employer en garnissage dépendent de la distance d'axe en axe de ces derniers, surtout dans le cas d'une paroi unique n'admettant pas de poteaux de remplissage de bois. A partir de 6 cm d'épaisseur, les vides entre poteaux peuvent avoir jusqu'à 4 et 5 m de hauteur et 6 à 7 m de longueur, que les poteaux soient en fer ou en bois.

La fig. 197 donne les différentes coupes horizontales des revêtements et garnissages en panneaux des poutres en bois.

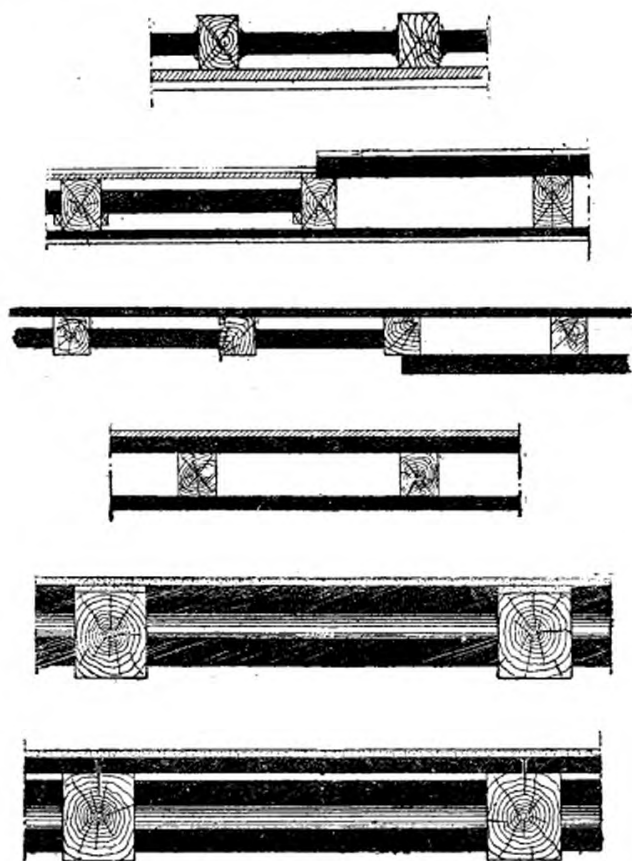


Fig. 197.

La fig. 198 montre les revêtements et garnissage en panneaux des poutres en fer.



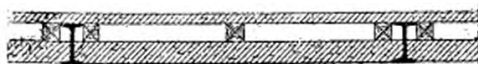
*Fers apparents.*

En panneaux pleins ou creux, mêmes épaisseurs que les hauteurs des fers.



*Fers apparents sur une face.*

En panneaux pleins ou creux, 0<sup>m</sup>,02 plus épais que les hauteurs des fers.



*Revêtements intérieurs et extérieurs.*

— Panneaux de 3, 4, 5, 6 cm.

— id. de 3, 4, 5, 6, 7 cm.



*Garnissage entre poteaux fers.*

Panneaux de 5, 6, 7 cm et au-dessus.

Fig. 198.

### 6° *Ciment blanc.*

Le ciment blanc avec lequel sont fabriqués les panneaux à revêtements imperméables, est un plâtre spécial qui se travaille comme le ciment ordinaire et en prend la dureté. Employé en enduit sur des matériaux quelconques, il peut se lisser et se polir comme le stuc dont il acquiert ainsi les qualités.

Il sert à la construction des aires pour sols de terrasses, greniers, magasins, salles de rinçage, caves et partout où un sol résistant et imperméable est nécessaire.

On peut l'employer dans les maisons d'habitation comme aire, au-dessus d'un garnissage supporté par les hourdis des planchers et recouvert de linoléum ou d'un tapis. Il donne un sol très résistant et contribue à l'isolement des étages.

Pour la construction des aires reposant sur solives, fer ou bois, on procède de la manière suivante :

Après avoir placé les hourdis qui doivent recevoir le plafond, on pose sur les poutres des fils de fer galvanisés espacés de 8, 10, 15 cm l'un de l'autre, suivant la résistance à obtenir, et bien tendus. Puis on fait un remplissage avec une matière légère et sèche jusqu'à couvrir la partie supérieure des solives, et, sur le tout, on passe une couche de 2 à 4 cm de ciment blanc. On obtient ainsi un plancher auquel on peut donner une très grande force de résistance à la charge.

Ces aires et planchers sont très légers, très résistants et meilleur marché que les aires et planchers en ciment ordinaire.

### 7° *Panneaux revêtement ciment blanc.*

Ces panneaux complètement imperméables peuvent être employés comme revêtements extérieurs de constructions économiques et comme revêtements intérieurs de vestibules, cages d'escaliers, salles de bains et water-closets, dans les constructions montées entièrement en panneaux.

La face du revêtement ciment peut être lisse ou striée, teintée ou non.

Les panneaux peuvent être lavés comme le seraient le marbre, la faïence, la brique ou le stuc. Ils permettent de supprimer les enduits et les peintures. Leur pose et leurs applications sont les mêmes que celles des panneaux ordinaires.

Employés en revêtements extérieurs, ils ne reçoivent pas d'enduit; le

joint des panneaux entre eux donne lieu à des dispositions spéciales dont on tire parti pour les faire concourir à l'ornementation des façades. Ainsi, au lieu de boucher les joints à joints perdus, on peut tirer les joints au crochet et simuler un appareil de pierres de taille.

Plus simplement encore, on introduit dans chaque joint horizontal, un petit joint en zinc en forme de T, dont les ailes bouchent le joint. Ce joint est peint et concourt à l'ornementation tout en indiquant bien les éléments de la construction.

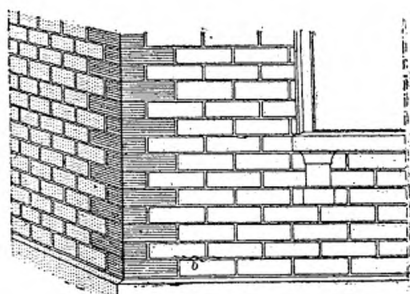
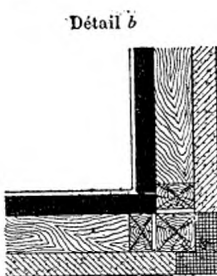
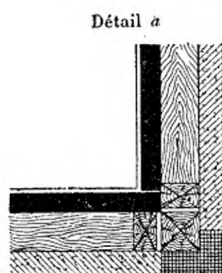
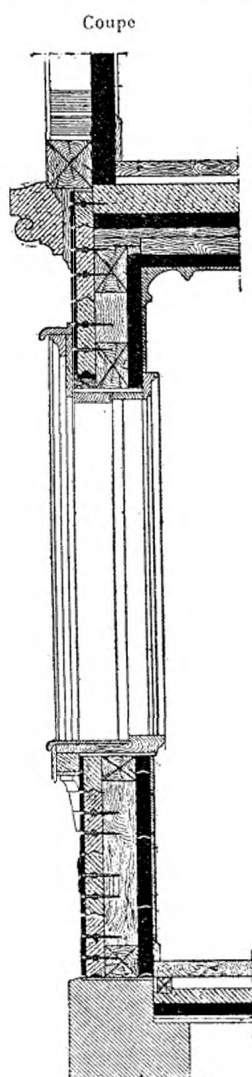


Fig. 499.

8° *Panneaux à revêtement brique, faïence, etc.* (fig. 199).

Ces panneaux se posent entre bois et fer ou se clouent sur le bois comme le panneau ordinaire. A cette fin, ils portent à l'intérieur un cadre en bois dont les côtés longitudinaux correspondent à deux lignes des joints par lesquels les clous peuvent être enfoncés. Leurs raccords entre eux dans les angles peuvent se faire au moyen de briques à joints chevauchés et entrant alternativement dans les deux panneaux scellés au plâtre avec elles.

Les panneaux peuvent aussi se raccorder entre eux par leurs plaquettes; les plaquettes extérieures sont disposées pour chevaucher l'une sur l'autre ou former arête invisible en se joignant entre elles avec une certaine épaisseur.

On peut ainsi élever un revêtement intérieur ou extérieur, un mur ou une cloison avec le revêtement qui doit servir d'ornementation à ces divers ouvrages. L'épaisseur des revêtements sur panneaux ne dépasse pas 1 cm.

La fig. 199 donne les détails d'assemblage des panneaux à revêtement brique ou faïence.

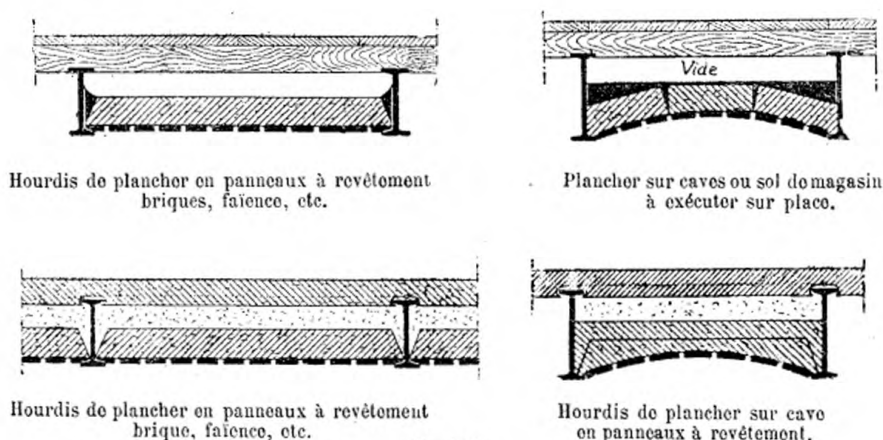


Fig. 200.

La fig. 200 donne aussi les différents genres de hourdis de planchers en panneaux à revêtement briques, faïence, etc.

9° *Hourdis formant plafonds à caissons* (fig. 202).

Les caissons de ces plafonds sont formés par des petits fers à T cloués ou vissés sur les poutres en bois ou reposant sur les ailes des poutres

en fer à des distances fixées par l'épaisseur des panneaux qu'ils reçoivent (fig. 201).

Les caissons peuvent prendre toutes les formes et être garnis avec des panneaux ordinaires, la face striée en bas, pour recevoir un enduit, ou encore avec des panneaux à revêtement imperméables de toutes matières et de toutes nuances, supprimant non seulement l'enduit, mais même les couches de peinture.

Fig. 201

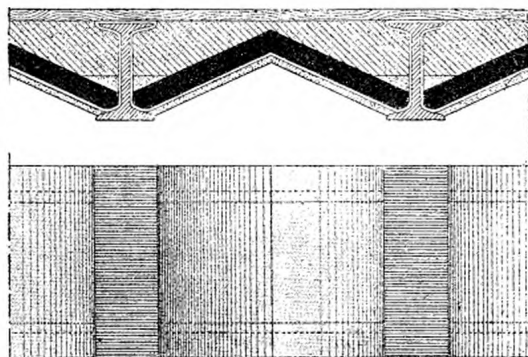
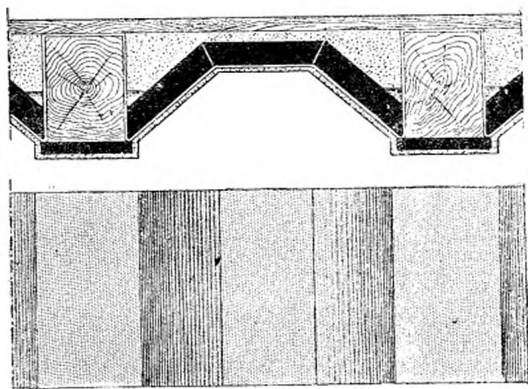


Fig. 202



En plaçant, entre les poutres, les panneaux en long sur un cintre provisoire et scellé au plâtre, les petits fers peuvent être supprimés (fig. 202).

Terminons cette suite des applications des panneaux Fibrocortchoïna par la description d'une maison de campagne construite à Sevrans avec ce système (fig. 203, 204, 205).

Cette maison, montée en charpente sur sous-sol en meulière, est revêtue extérieurement avec des panneaux en ciment blanc, complètement imperméables dont les joints entre eux sont fermés avec des petits fers à simple T servant en même temps à l'ornementation.

Les revêtements intérieurs sont en panneaux ordinaires cloués sur le bois, les cloisons en 60 mm, les plafonds en 15 mm, à part ceux des pièces principales et du vestibule formés par des panneaux ornements, reposant sur les ailes des petits fers à T supportés par des poutres en fer ou bois, ou cloués sous les solives.

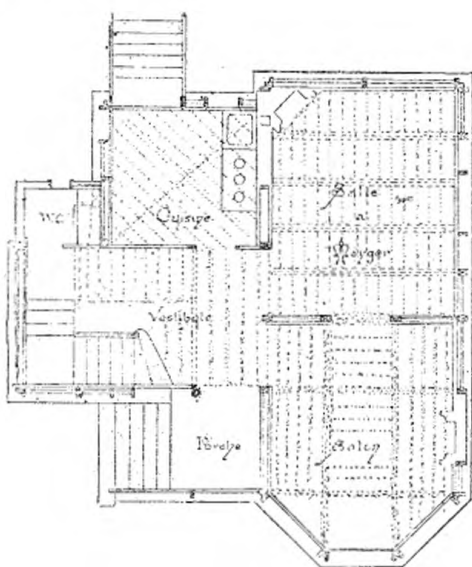


Fig. 203.

Les soubassements du vestibule, de la cuisine et de la salle de bains sont en panneaux à revêtement Beauvais et faïence. La façade du rez-de-chaussée, sur la route, le porche, sont en panneaux à revêtements briquettes dites biscuit. La salle de bains, la cuisine, les water-closets ont reçu un enduit en ciment blanc.

Cette maison, dont tous les bois intérieurement sont recouverts avec les panneaux fibrocortchoïna est complètement incombustible.

Les planchers sont hourdés avec ces panneaux et recouverts avec une couche de ciment; ils sont très solides et isolent parfaitement les étages l'un de l'autre.

A part le salon, dans toutes les pièces, les lambourdes et le parquet ont été supprimés et le ciment blanc qui forme le sol de ces pièces,

paliers et terrasses, est recouvert de toile cirée, de linoléum ou d'un tapis, suivant leur destination.

Fig. 204

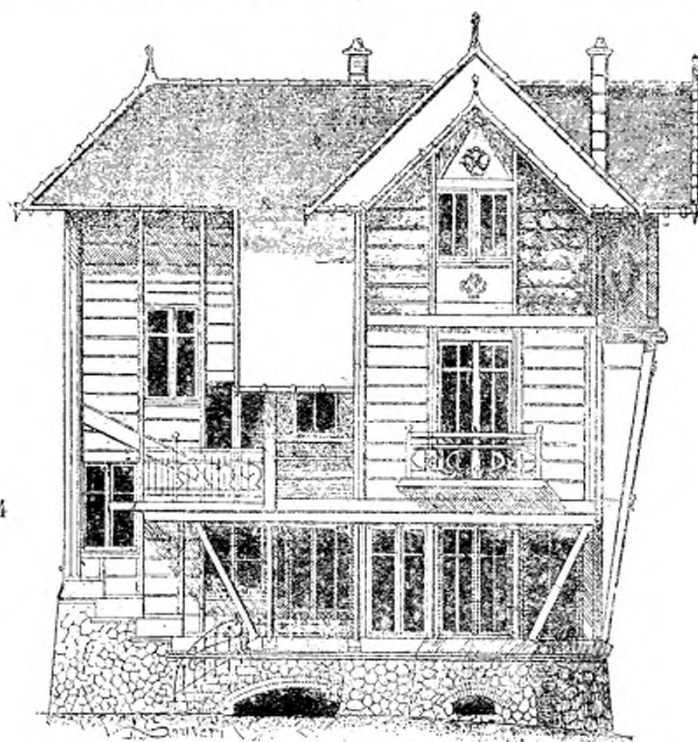
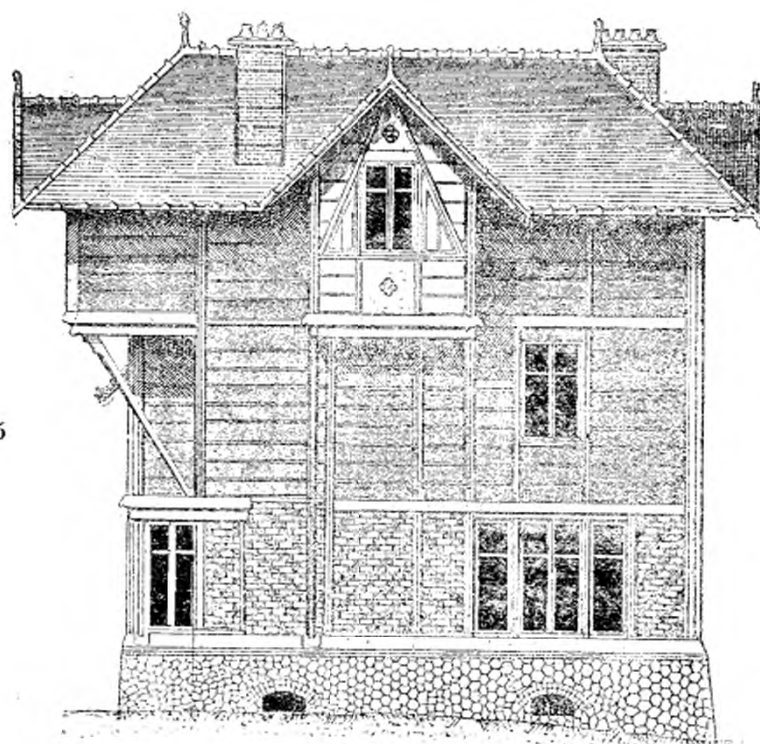


Fig 205



Le hourdis du plancher bas du rez-de-chaussée sur les caves, a été construit sur place de la manière suivante :

Sur un cintre en planches de 0<sup>m</sup>,05 de flèche placé entre les solives en fer du plancher, on a posé des moitiés de briques creuses à une rangée de trous, fendues sur leur longueur, en ayant soin de chevaucher les joints; sur ce revêtement imperméable, on a étendu l'aggloméré armé de roseaux et lattes et on a ainsi obtenu un hourdis à l'abri de l'humidité des caves, et un plancher très léger, homogène et résistant.

### III. — Constructions en pierres artificielles.

On sait que les vieux mortiers, retrouvés dans les anciens murs, ont une dureté extraordinaire. On a donc recherché, depuis très longtemps, un moyen d'obtenir artificiellement une pierre formée d'une masse analogue et offrant une dureté et une résistance équivalentes à celles des pierres naturelles.

Différents procédés ont été exposés à l'Exposition Universelle de 1900. Nous allons les passer en revue.

#### 1<sup>o</sup> Procédé Olschewsky.

(a) *Matières premières.*— En 1880, un savant chimiste M. Michaelis découvrit, par des expériences de laboratoire, que l'action de la vapeur d'eau à haute température, sur un mélange de chaux éteinte et de quartz pulvérisé, avait pour effet de donner lieu à une véritable composition chimique en formant du silicate de chaux dont la dureté et la résistance sont sensiblement égales à celles de la pierre calcaire ordinaire.

MM. Neffgen et Kléber sont parvenus à obtenir, chacun de son côté, des produits trouvant leur application dans la construction et pouvant lutter avantageusement avec les matériaux employés couramment.

En 1898, l'ingénieur W. Olschewsky fit breveter un procédé qui a permis de réaliser d'immenses avantages et d'entrer dans la voie des applications vraiment pratiques.

Ce procédé a pris en peu de temps un développement et une extension très rapides en Russie, en Autriche, en Hongrie, en Hollande, en Danemark, etc., etc.

Dans ce système, on n'emploie absolument que du sable et de la chaux à l'exclusion de toute autre matière, et dans des proportions pouvant varier, en poids, de 4 à 10 0/0 de chaux pour 76 à 90 0/0 de sable,

suivant la nature du sable et de la chaux employés et le degré de dureté que l'on veut obtenir.

(b). *Mode de fabrication.* — La fabrication se fait de la manière suivante. La chaux, complètement éteinte, est mélangée aussi intimement que possible avec le sable dans les malaxeurs. Le mortier ainsi obtenu est amené aux presses où l'on en fait des briquettes moulées à une très forte pression.

Ces briquettes sont chargées sur des wagonnets spéciaux et introduites dans des cylindres autoclaves, appelés *cylindres de durcissement*, où elles sont soumises à l'action de la vapeur surchauffée, à une pression de six atmosphères pendant six à huit heures.

En sortant des cylindres de durcissement, les briquettes d'agglomérés possèdent toute la dureté voulue pour être utilisées immédiatement.

La vapeur à haute pression exerce une action chimique sur le mortier et transforme le mélange de sable et de chaux en *silicate de chaux*. Cette combinaison chimique s'effectue dans les cylindres de durcissement.

Par suite de la pénétration profonde de la vapeur d'eau toute la masse des briquettes est transformée en silicate de chaux, tandis que, dans les procédés ordinaires de silicatisation des pierres tendres, les parois ne sont enduites que d'une mince couche de silicate qui s'excorie à la longue et se détache sous l'influence des intempéries.

(c). *Essais.* — Des essais ont été faits sur ces briquettes aux laboratoires de l'*Institut des voies de communications*, de Saint-Petersbourg, de l'*Ecole technique supérieure* allemande de Charlottenbourg (Berlin) et enfin de l'*Ecole Nationale des Ponts et Chaussées* de Paris.

Il résulte de ces essais que les fendillements et l'écrasement se produisent presque en même temps sous une charge moyenne de compression de 238 kg. par centimètre carré, pour des briques séchées à l'étuve de 30° à 35° centigrades.

Cette charge d'écrasement est de 221 kg. pour des briquettes imbibées d'eau après avoir subi 25 gels et dégels successifs à des températures variant de — 10° à +20° centigrades.

La résistance à l'usure pour 4000 tours de meule a été de 748 à 789 mm.

Les pierres et briques ainsi obtenues contiennent en moyenne 18 0/0 d'air.

Quant à la capacité hygrométrique, voici les résultats obtenus : en plaçant une brique verticalement dans un récipient contenant une couche d'eau de 4 cm, l'absorption de l'eau était assez rapide au début de l'immersion ; elle diminuait peu à peu et cessait à partir d'une certaine hauteur. L'humidité ne pénètre donc pas à l'intérieur de la masse même, mais elle est seulement superficielle. Cette pierre sèche très rapidement.

(d). *Formes diverses.* — Ces produits silico-calcaires ont un aspect clair et uni, mais on peut leur donner toutes les teintes que l'on veut.

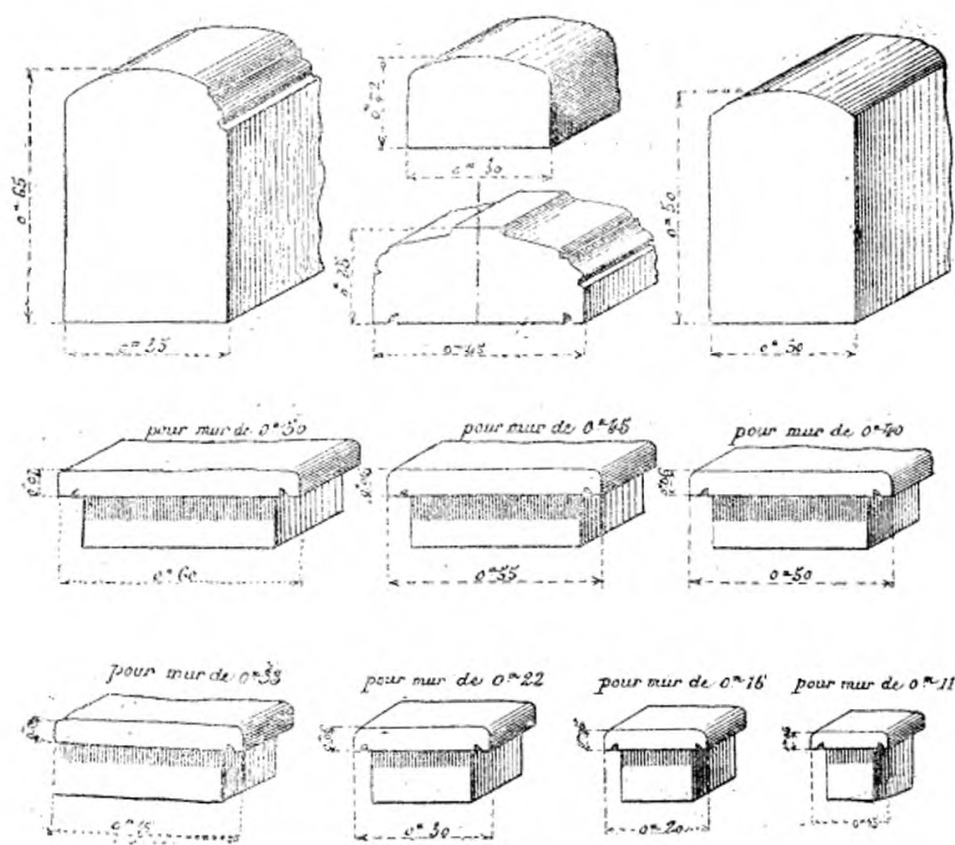


Fig. 206.

En variant la forme des moules, on peut, avec les mêmes presses, obtenir toutes formes de briques profilées. Avec le même mortier, on peut obtenir des tuiles, mascarons et toutes sortes d'ornements quelconques employés dans la décoration architecturale et la construction industrielle. On peut obtenir aussi des dalles, des bordures de trottoirs, des marches d'escaliers etc.

Nous donnons (fig. 206 et 207) une série de dessins des différents mo-

dèles de ces pierres. Bahuts pour grilles, dalles de recouvrement, bordures de trottoirs, seuils et marches.)

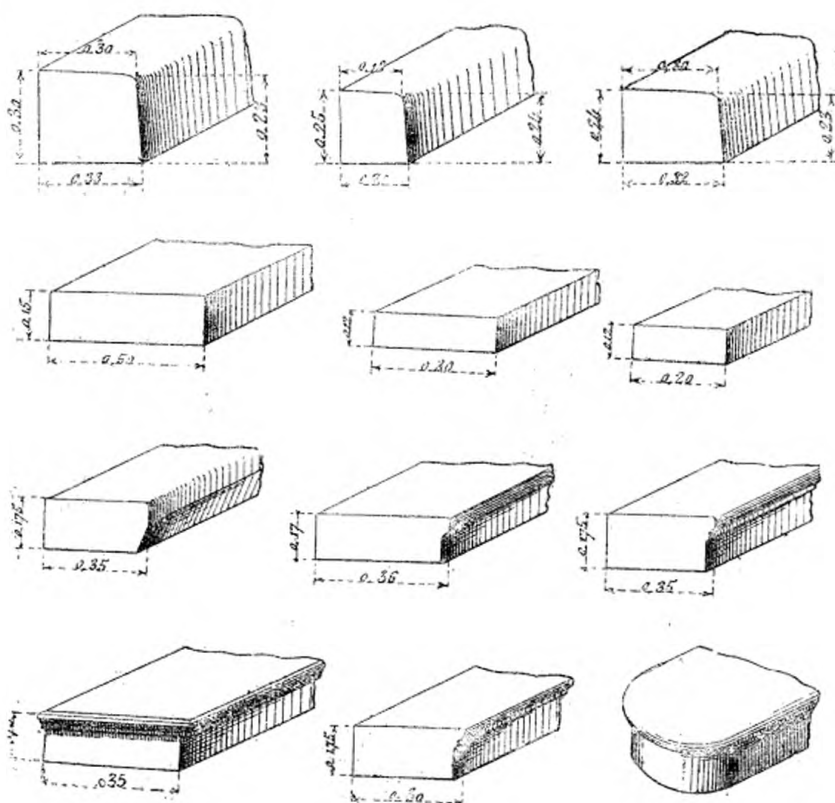


Fig. 207.

Le mortier adhère bien à ces pierres. Celles-ci en offrent sur toutes leurs faces apparentes, des surfaces bien planes et lisses qui peuvent être ciselées, layées ou bouchardées comme la pierre de taille elle-même.

Les émanations ammoniacales et les dégagements d'acide carbonique des écuries, des usines, n'ont pas d'action sur les briques silico-calcaires.

(e). *Choix des matières premières.* — Il est préférable pour la composition de ces pierres d'employer des sables légèrement marneux.

Ils doivent être composés principalement de silice afin de permettre la formation du silicate de chaux sous l'action de la vapeur à haute pression dans les cylindres de durcissement.

La chaux doit être éteinte à l'abri de l'acide carbonique. Il faut doser exactement la quantité de chaux employée, car une trop grande proportion de ce corps est plutôt nuisible qu'avantageuse. La chaux doit être finement pulvérisée, afin que les grains de sable soient tout juste enrobés de chaux de manière à déterminer l'agglomération parfaite de la masse.

Si l'on se sert de sable humide de rivière ou de mer, il faut le sécher au préalable de manière à ce que la quantité d'eau contenue ne soit pas supérieure à 70/0. La chaux éteinte et pulvérisée ne doit contenir que 30 0/0 d'eau.

On fait sécher une partie du sable au moyen des chaleurs perdues du foyer, et on le mélange ensuite au restant du sable humide dans les proportions voulues pour rester dans les limites indiquées plus haut.

La meilleure chaux à employer est la chaux grasse de bonne qualité contenant la plus forte proportion de CaO, environ 95 à 98 0/0.

La qualité des produits obtenus dépend de la teneur en CaO de chaux cuite.

Si cette teneur en CaO descendait trop bas, il faudrait en employer une plus grande quantité pour obtenir le même résultat.

Terminons l'exposé de ce procédé de fabrication de pierre artificielle en donnant le coût d'installation d'une usine moyenne produisant 3 000 000 de briques, 300 000 pierres façonnées et 300 000 tuiles.

Bâtiment de 400 m <sup>2</sup> . . . . .	10 000 fr.
Locomobile de 30 à 35 chevaux. . . . .	15 000 »
Désagréateur n° 2. . . . .	1 200 »
2 malaxeurs . . . . .	6 000 »
1 presse à vapeur . . . . .	12 000 »
1 presse à main pour briques façonnées . . . . .	2 600 »
2 cylindres de durcissement . . . . .	12 000 »
5 tables complètes pour tuiles . . . . .	3 000 »
16 wagonnets spéciaux . . . . .	9 600 »
500 m de voie ferrée . . . . .	1 500 »
5 plates tournantes. . . . .	500 »
3 tombereaux ordinaires . . . . .	600 »
Transmissions, montage, etc. . . . .	6 000 »
Total . . . . .	<u>80 000 fr.</u>

*Prix de revient.*

Pour une fabrication de 10 000 briques par jour, le prix de revient moyen serait :

	fr.	c.
17 m <sup>3</sup> , 500 de sable à 2 fr., 50. . . . .	43,	75
1 800 kg. de chaux à 2 fr., 50. . . . .	45	»
750 kg. de charbon à 3 francs les 100 kg. . . . .	22,	50
3 ouvriers à 3 fr., 50. . . . .	10,	50
4 manœuvres à 2 fr., 50. . . . .	10	»
Total . . . . .	131,	75

Pour mille pierres façonnées :

1 m <sup>3</sup> , 750 de sable à 2 fr., 50. . . . .	4,	50
180 kg. de chaux à 2 fr., 50. . . . .	4,	50
75 kg. de charbon à 3 francs les 100 kg. . . . .	2,	25
2 ouvriers à 3 fr., 50. . . . .	7	»
2 manœuvres à 2 fr., 50. . . . .	5	»
Total . . . . .	23,	25

Pour mille tuiles :

2 m <sup>3</sup> , 50 de sable à 2 fr., 50. . . . .	6,	25
240 kg. de chaux à 2 fr., 50. . . . .	6	»
60 kg. de charbon à 3 francs les 100 kg. . . . .	1,	80
5 ouvriers à 3 fr., 50. . . . .	17,	50
Matières colorantes. . . . .	5	»
Total . . . . .	36,	55

Pour frais généraux :

Un mécanicien . . . . .	8	»
Un chauffeur. . . . .	6	»
Un contremaître. . . . .	10	»
Un gardien . . . . .	4	»
Graissage, éclairage, etc. . . . .	7	»
Total par jour . . . . .	35	»

En évaluant l'intérêt du capital et l'amortissement du matériel, les frais généraux, administration, impôts, etc., à 25 000 francs en nombre rond, cela fait avec les 80 000 francs de l'installation un total de 105 000 francs.

Pour une pareille installation, le prix de revient moyen approximatif serait donc de :

3 000 000 de pierres ordinaires. . . . .	à 23 francs le mille
300 000 pierres façonnées. . . . .	à 33 fr., 75 id.
300 000 tuiles . . . . .	à 46 fr., 50 id.

Pour une production supérieure, soit par exemple 10 à 20 millions de briques par an, le prix de revient serait encore plus bas.

Pour une usine bien située, à proximité d'une carrière de sable, de fours à chaux et de voies de transport, ce prix de revient descendrait à 15 francs le mille.

Enfin, si l'on travaillait jour et nuit, d'une manière continue, les bénéfices se trouveraient augmentés dans une notable proportion.

## 2° Procédé Coignet.

Le procédé Coignet a été appliqué dans différentes constructions de l'Exposition universelle de 1900, notamment au Château-d'eau, au palais de l'Horticulture, au Village Suisse, au Vieux Paris, au Pavillon de la Ville de Paris, dans les canalisations des pavillons du Champ-de-Mars, des Invalides et à l'annexe de Vincennes.

Le procédé est appliqué à la fabrication de pierres artificielles remplaçant la brique et la pierre naturelle depuis le vergelé jusqu'aux roches dures.

Cette maçonnerie est faite exclusivement avec du sable mélangé à une certaine proportion de chaux additionnée de ciment de Portland, en quantité variable, suivant les qualités des matériaux employés et la dureté à obtenir. Le mélange est mouillé et trituré dans des appareils spéciaux. La pâte ainsi obtenue est versée dans des moules. Elle est agglomérée sous les chocs répétés de pistons mus à bras d'homme ou par l'action de presses hydrauliques puissantes.

Le mélange de ciment et sable se fait à l'aide de très peu d'eau ; il est énergiquement trituré et malaxé dans des appareils spéciaux. Chaque grain de sable s'enveloppe d'une pellicule de matière agglomérante.

### (a). *Matériaux employés.*

Le sable doit être propre, avec des grains d'une grosseur assez régulière, pas arrondis, mais anguleux et à arêtes vives.

La chaux hydraulique ou le ciment doivent être de première qualité.

### (b). *Dosage*

Le dosage varie suivant la qualité des matériaux et suivant le but à atteindre.

Voici le dosage le plus communément employé pour les égouts, travaux publics, murs de soutènement, réservoirs, etc.

Sable de rivière . . . . .	1 m <sup>3</sup>
Chaux du bassin de Paris . . . . .	125 kg.
Ciment de Portland . . . . .	50 »

ou bien	
Sable de rivière ou de plaine . . . . .	1 m <sup>3</sup>
Chaux éminemment hydraulique (Teil, Paviers, etc.) . . . . .	175 kg

Avec du sable de Fontainebleau, la proportion est un peu plus forte.

Sable de Fontainebleau. . . . .	1 m <sup>3</sup>
Chaux du bassin de Paris. . . . .	150 kg.
Ciment de Portland. . . . .	60 »
ou bien	
Sable de Fontainebleau ou analogue. . . . .	1 m <sup>3</sup>
Chaux éminemment hydraulique (Teil, Paviers, etc.) . . . . .	210 kg.

### (c). *Malaxage*

Le malaxage assure le mélange des matières, et, par la friction énergique qu'il opère, il assure l'adhésion de la matière inerte du sable à la matière agglomérante, chaux et ciment. Pour cette opération, la maison Coignet s'était servi, jusqu'à ces dernières années, du malaxeur vertical pour les travaux de petite importance, et de la bétonnière Franchot pour les autres. Nous ne décrivons pas ces appareils bien connus. M. Coignet a employé, pour les travaux qu'il a exécutés, un appareil breveté réalisant de grands progrès sur ceux dont nous venons de parler, et complété par l'adjonction d'un autre cylindre en vue de la préparation mécanique du béton de cailloux. Chacun de ces appareils peut préparer les matières pour 80 m<sup>3</sup> de maçonnerie de béton par jour.

Ces appareils perfectionnés répondent à deux buts différents.

Lorsqu'on produit de la pierre artificielle, il faut en même temps, pour desservir l'atelier, plusieurs mélanges différents. A cet effet, M. Coignet a fait breveter un appareil consistant en des meules verticales cannelées qui ne sont pas à marche continue, et mélangent en les malaxant, des opérations de 200 lit. de sable, avec une quantité correspondante de chaux et de ciment ;

Pour les travaux publics, la maison a fait construire un appareil basé sur le fractionnement des opérations (fig. 208 et 209) :

1° Mélange mécanique, à sec, par fractions séparées, du sable avec la chaux et le ciment ;

2° Distribution continue de ces mélanges fractionnés au malaxeur ;

3° Mouillage ;

4° Malaxage.

Ce mélangeur-malaxeur s'applique également à la fabrication du mortier, surtout du mortier de ciment. Dans les malaxeurs verticaux, au

début de l'opération, quoique le cylindre vertical soit plein, la matière qui y est contenue sort sans avoir été malaxée, ce qui donne de mauvais résultats. Dans le nouvel appareil, le malaxage se produit par *ascenseur* et la pâte est utilisable dès les premiers moments.

Coupe et Élévation.

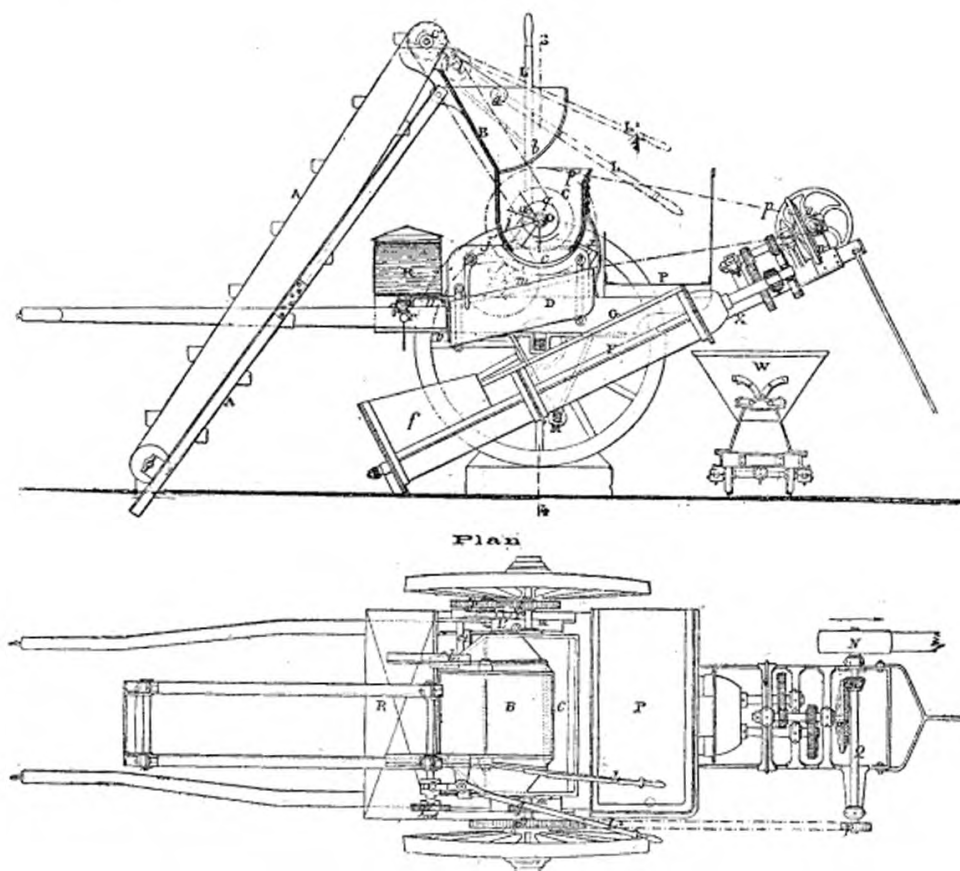


Fig. 208 et 209. — Mélangeur-Malaxeur Edmond Coignet.

- A, Noria déversant le sable dans la boîte B et dont le mouvement est réglé par le levier  $L_2$ .
- B, Boîte de jauge pour le sable.
- b, Paroi mobile formant porte de décharge de B, manœuvrée par le levier L autour de l'axe a.
- C, Mélangeur traversé par l'arbre O portant des bras.
- c, Porte de décharge de C manœuvrée par le levier L, autour de a.
- D, Table à secousses constituant un réservoir intermédiaire qui reçoit une opération mélangée en C et la fait écouler par la vanne v.
- R, Réservoir à robinet r pour le réglage de l'eau.
- F, Malaxeurs à hélices conjuguées.
- G, Longeron du bâti sur lequel repose l'ensemble de l'appareil.
- P, Plateforme de service.
- Q, Arbre recevant son mouvement d'une locomobile et le transmettant : 1° aux hélices conjuguées par les roues n et n'; 2° à l'arbre O du mélangeur C, par les roues à chaîne p, p'; 3° à l'arbre de la noria A par les roues à chaîne q, q'; 4° à l'arbre à rochet m par les roues j, j.

Il y a économie de main-d'œuvre. La production journalière

(12 heures) est de 40 m<sup>3</sup> de pâte de béton aggloméré et 60 m<sup>3</sup> de mortier. La manœuvre de l'appareil nécessite deux hommes ; il en faut trois pour l'approche des matériaux et le remplissage des wagonnets. Voici le prix de revient du mortier :

Main-d'œuvre :

4 hommes à 4 francs l'un . . . . .	16 francs
1 homme à 5 francs l'un . . . . .	5 »
Total par 50 m <sup>3</sup> par jour . . . . .	21 francs
Soit par m <sup>3</sup> . . . . .	0 fr.,42

Force motrice :

1 chauffeur. . . . .	6 francs
200 kg. de charbon à 25 francs les 1.000 kg. . . . .	5 »
L'huile, chiffons, graisse, etc. . . . .	3 »
Total pour 50 m <sup>3</sup> . . . . .	14 francs
Soit pour un m <sup>3</sup> . . . . .	0 fr.,28
Entretien des appareils par m <sup>3</sup> . . . . .	0 ,10
Soit pour un m <sup>3</sup> un total de. . . . .	0 ,80

*Description de l'appareil.* — L'appareil se compose d'un châssis en fer *b*, à branches mobiles, porté par un essieu à deux roues et sur lequel se trouvent : une plate forme *P*, avec garde-fou pour le service, un réservoir d'eau *R* à tuyau et robinet *r*, un mélangeur *C* (traversé par un arbre qui porte les bras nécessaires) et une boîte de jauge *B*, fondus ensemble d'une seule pièce, pour que rien ne s'oppose au mouvement des matières, et reposant, par les flasques *mm'*, sur les châssis *G*. A la partie supérieure de la boîte *B* est accrochée une sorte d'échelle en deux parties soutenant une noria *A*. Une table à secousses *D* est suspendue sous le mélangeur au moyen des liens articulés *l'*. Enfin sous le châssis, se trouve un malaxeur *F*, suspendu aux longerons par l'intermédiaire de l'arbre *M*.

La poulie *N* de l'arbre *Q* est commandée par une locomobile. Cet arbre actionne le malaxeur *F* par les roues d'angle *nn'*, et le mélangeur *B* par les roues à chaîne *pp'*. A son tour, l'arbre du mélangeur commande la table à secousse par les roues *j* et *j'* et la noria par les roues à chaîne *q* et *q'*. Sur l'arbre de la noria est un manchon d'embrayage actionné par le levier *L*<sub>2</sub>.

*Fonctionnement de l'appareil.* — La noria *A* monte et déverse le sable dans la boîte de jauge *B* ; celle-ci a deux parois inclinées suivant la pente naturelle d'écoulement du sable afin d'assurer son remplissage ; une de ces parois est une portion de cylindre horizontal tournant excent-

trée autour de l'axe  $a$  au moyen du levier  $L$  à contrepoids  $l$ . Cette disposition permet, une fois la boîte pleine, d'opérer la vidange instantanée du sable, alors même qu'il serait mouillé.

Quand le mélangeur  $C'$  est plein, un ouvrier monte sur la plateforme  $P$  pour jeter dans cette boîte les quantités voulues de chaux et de ciment ; les bras montés sur l'arbre rotatif central brassent et mélangent le tout ; quand le mélange est fait, la porte de décharge  $b$ , formée également d'une portion de cylindre tournant excentrée autour de l'axe  $a$ , est ouverte au moyen du levier  $L_1$ , et déverse l'opération sur la table à secousse  $D$ .

Un doigt  $d$ , porté par l'axe  $e$ , mû par un cliquet actionné par un rochet  $r$ , appuyé sur la traverse  $t$  de la table, et fait reculer cette dernière que des ressorts  $x$  lancent en avant sur la traverse  $u$ , lui imprimant de ce fait un choc provoquant l'écoulement d'une portion du mélange. Une vanne  $v$  règle cet écoulement en nappe mince pendant que le tuyau perforé  $r$ , projette l'eau nécessaire contenue dans le réservoir  $R$ .

Les matières mélangées et contenant la quantité d'eau voulue tombent dans la partie inférieure du malaxeur  $F$ . Celui-ci est constitué par deux hélices enroulées autour de deux arbres tournant dans le

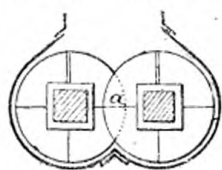


Fig. 210.

même sens, et placés dans une couche en fonte ayant la forme d'un  $\omega$  (fig. 210). Les hélices malaxent la matière entre les deux fractions  $a$  dont l'une monte et l'autre descend et le mélange est remonté jusqu'aux orifices  $X$ . L'appareil est placé sur deux roues ; pour le transporter, on enlève les cornières qui réunissent les deux parties de l'échelle de la noria, dont la partie supérieure reste suspendue à la boîte  $B$ . On défait la chaîne  $pp'$  et on laisse aller le malaxeur dont la partie supérieure est plus lourde et qui devient horizontal. On fixe ensuite les brancards.

Il suffit de deux ouvriers pour faire manœuvrer l'appareil ; l'un alimente à la pelle la noria et règle l'écoulement d'eau du robinet  $R$  ; l'autre, sur la plateforme  $P$ , arase la boîte de jauge  $B$ , manœuvre les leviers  $L$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  et verse la chaux et le ciment.

#### AGGLOMÉRATION

Au sortir du malaxeur, la pâte est versée en couches minces dans des moules. Ensuite on frappe à coups répétés sur le mélange avec un

pilon de forme voulue. Les grains de sable se serrent de telle sorte que la maçonnerie acquiert une densité de 2,2; la pression est de 90 à 100 kg. par centimètre carré. On se sert pour les carrelages de presses hydrauliques.

Suivant le dosage et l'âge de la pierre, la résistance à l'écrasement varie de 100 à 500 kg. par centimètre carré.

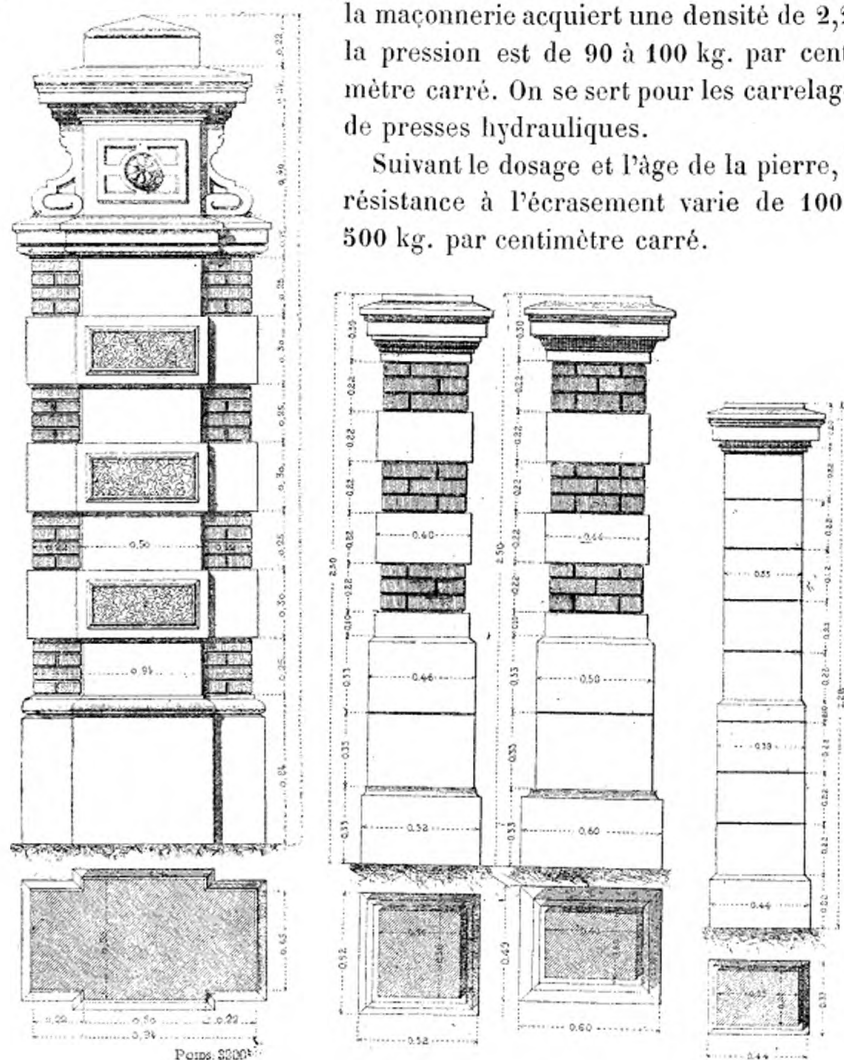


Fig. 211.

Très résistante à l'usure, cette pierre artificielle peut être teintée, et permet d'obtenir des effets de polychromie.

Les murs construits avec ces moellons et pierres ne nécessitent, à l'extérieur, qu'un rejointement et à l'intérieur qu'un enduit de plâtre fin, sans crépi. On les maçonne comme des produits naturels, et on peut les mélanger avec d'autres matériaux, pierres et briques.

Nous donnons (fig. 211 et 212) des spécimens de murs, pilastres, balustres, piédestaux et balustrades en pierre factice.

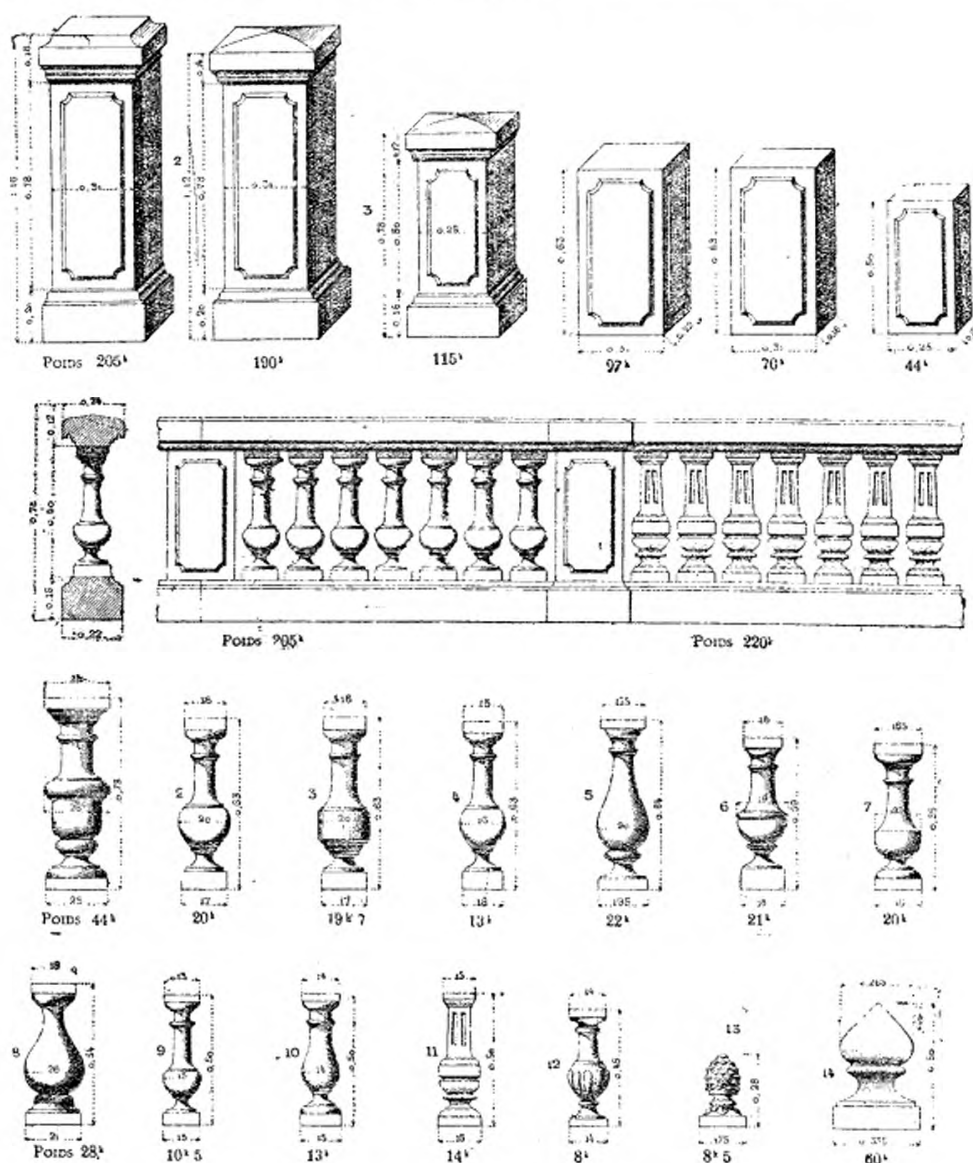


Fig. 212.

### 3° Procédé Darroze.

Dans le système Darroze, la pierre artificielle est fabriquée en mélangeant de la chaux, du ciment ou un oxyde terreux, des cendres et du sable dans les proportions suivantes :

Chaux hydraulique ou autre . . . . .	2 parties
Ciment ou oxyde terreux . . . . .	2 »
Cendres . . . . .	1 »
Sable . . . . .	5 »
Total. . . . .	10 parties

Les sables à employer sont :

1° Les sables ferrugineux ;

2° Les sables de rivière ;

La quantité de sable et la perfection du mélange influent très sensiblement sur la qualité du produit. Il faut bien mélanger les différents éléments, chaux, ciment, oxyde terreux et les cendres ; puis on ajoute le sable en quantité déterminée suivant la pierre que l'on veut obtenir et la couleur que l'on désire pour le produit. Les cendres jouent le rôle de Pouzzolanes.

On obtient également un produit très dur en prenant la composition suivante :

Chaux hydraulique . . . . .	2 parties
Ciment de la pierre d'Ivry. . . . .	2 »
Cendres grises . . . . .	1 »
Sable jaune . . . . .	5 »
Total. . . . .	<u>10 parties</u>

#### 4° Procédé Heeren.

M. Heeren fabrique une pierre dont la composition est la suivante :

Chaux . . . . .	10 à 15 parties
Sable ou grès et calcaire. . . . .	60 à 75 »
Litharge . . . . .	5 »
Huile siccative . . . . .	5 »
Total. . . . .	<u>100 parties</u>

Les matières sont broyées à la meule, passées au tamis fin, mélangées ensemble et pétries avec de l'huile siccative, l'huile de lin, par exemple. Elles sont ensuite moulées en blocs de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,60 de côté. Les objets moulés sont séchés à l'étuve, dans laquelle on fait arriver un courant sans cesse renouvelé d'acide carbonique produit par un four à chaux. On ajoute souvent au mélange un peu de silicate d'alumine.

#### IV. — Constructions en ciment volcanique.

Le mode de construction dont nous allons parler avait quelques modèles et plans exposés dans le palais du Génie civil, à l'Exposition universelle de 1900.

C'est un système de couverture à base de ciment volcanique, appelé *ciment de bois*, par son inventeur, M. S. Haenslec.

Ce système existe depuis plus de 50 ans en Angleterre, Autriche, Allemagne, Belgique, Suisse, etc. Il constitue une véritable révolution dans la manière de couvrir les édifices, tout en s'adaptant à toute sorte de constructions. Il forme un seul tout ininterrompu sur le bâtiment, de quelque étendue que soit celui-ci.

##### 1<sup>o</sup> Composition de la couverture.

La couverture en ciment volcanique se compose de quatre couches superposées de papier spécial réunies entre elles par quatre couches d'une matière collante, élastique, inaltérable et imperméable. Cette matière est disposée sur un plancher. Le tout est façonné sur place et recouvert ensuite de sable, gravier, gazon ou terre végétale, suivant sa destination.

##### 2<sup>o</sup> Disposition de la couverture.

On dispose le voligeage comme pour le plancher d'un étage, en donnant une inclinaison vers le chéneau de 3 à 4 cm par mètre.

Ce voligeage doit être exécuté suivant les données de résistance pour les portées que l'on a à couvrir, calculées en raison du poids à supporter. Sur ce voligeage, on fixe un plancher en sapin rainé, de choix inférieur mais cependant exclu de nœuds pouvant se détacher et aussi régulier que possible, de façon à n'avoir pas de ressauts et à présenter une surface qui doit être plane et égale sans rebords ni têtes de clous.

Avant de poser la première feuille de papier, il faut avoir soin de recouvrir le plancher d'une couche de 3 mm de sable fin très sec pour isoler la couverture du plancher afin qu'en cas de mouvement dans la charpente, la couverture n'en subisse pas les effets et ensuite pour supprimer toute cause d'adhérence entre le bois et la couverture.

La composition qui sert à faire la couverture, est renfermée dans des tonneaux à l'état mou mais non liquide. Pour l'employer, il faut la liquéfier en la chauffant. Cette opération se fait sur la toiture même,

alternativement dans deux ou trois chaudrons sur un poêle portatif. Ce poêle est alimenté doucement, au moyen de bois, coke ou charbon. On veille bien à faire seulement liquéfier le ciment sans aller jusqu'à la cuisson formant des bulles. On veille aussi que le ciment ne déborde pas parce qu'il perdrait alors sa propriété collante.

On dispose ensuite sur la couche de sable un papier fait spécialement pour cet usage avec des matières excessivement résistantes qui cependant lui laissent sa porosité permettant au ciment de le traverser complètement.

Ce papier est en rouleaux de 60 à 90 m de longueur et environ 1<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,60 de largeur. On le déroule sur la couche de sable d'un bout à l'autre de la toiture, de manière qu'un rouleau recouvre l'autre de 0<sup>m</sup>,15 environ (fig. 213 et 214).

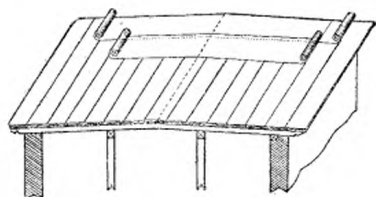


Fig. 213.

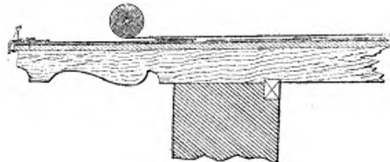


Fig. 214.

Contre les murs ou bandeaux, il faut avoir soin de relever le papier de quelques centimètres. Ni le revers, ni le recouvrement de cette première couche ne sont enduits de ciment.

Cela fait, on procède alors à la pose de la deuxième couche de papier, et pour mieux lier le tout on commence par un rouleau ayant seulement la demi-largeur de sorte que le deuxième rouleau recouvre entièrement le croisement de la première couche.

On étend le ciment chaud sur le premier papier en couche mince et régulière de la largeur de la feuille de papier à filons dessus. A cet effet, on se sert d'une brosse à longs poils souples fixée obliquement à un long manche.

Immédiatement après l'étendage du ciment, on déroule la deuxième feuille de papier et on la presse avec la main pour la coller sur la première feuille en évitant le moindre pli. Le rouleau suivant est posé sur le précédent de manière à ce qu'il recouvre celui-ci de 10 à 12 cm, et on achève ainsi la pose de la deuxième couche de papier (fig. 215).

A ce moment on dispose la bordure de façade en zinc destinée à retenir le gravier et à faciliter l'écoulement de l'eau (fig. 216), on pose aussi les bandes de raccords contre les murs, les cheminées, etc.

(fig. 217). On les fixe sur la couverture au moyen de petites pointes à têtes plates de 2 à 3 cm de longueur. Il faut avoir soin de très bien

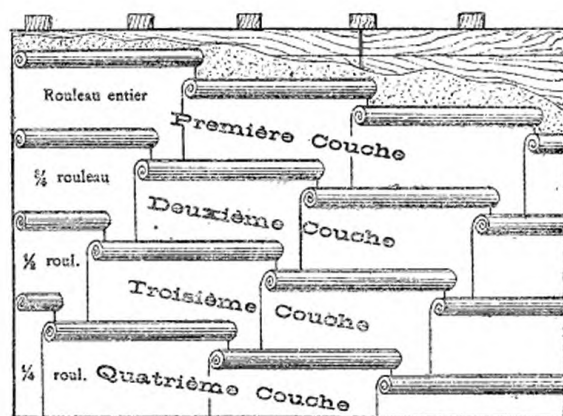


Fig. 215.

ajuster le papier aux angles et de ne pas le déchirer. On doit aussi souder solidement toutes les jonctions.

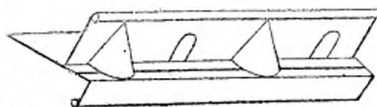


Fig. 216.

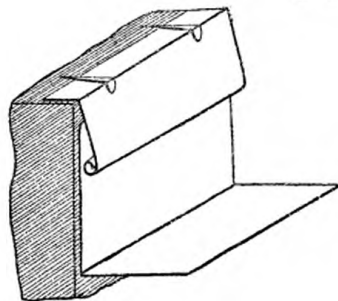


Fig. 217.

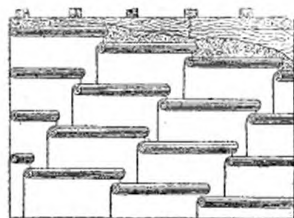


Fig. 218.

Lorsque tous ces raccords sont posés, on procède à la disposition de la troisième couche en commençant par un rouleau d'entière largeur pour recouvrir complètement les jonctions des couches précédentes.

Puis on étend une quatrième et dernière couche de papier de la même manière (fig. 218).

Si l'on veut encore mieux lier le tout on peut commencer par un rouleau à entière largeur et continuer successivement par des rouleaux de  $3/4$ ,  $1/2$  et  $1/4$  de largeur.

Il faut que le travail soit exécuté proprement et sans plis, mais aussi le plus rapidement possible et que le papier soit placé de suite sur le ciment chaud afin d'obtenir la plus grande adhérence.

S'il vient à se produire des trous ou des déchirures dans le papier, il faut les réparer en plaçant sur ces trous des morceaux de papier enduits de ciment, avant de placer la feuille suivante.

Après avoir enduit de ciment la quatrième couche de papier plus fortement que les précédentes, on la couvre d'une couche de 2 cm de sable fin, cendres de charbon ou scories pilées très fines et enfin, par dessus celle-ci, on en dispose une autre, de 3 à 5 cm d'épaisseur, de gravier de rivière que l'on peut lier avec de la grève grasse pour donner plus de consistance (fig. 219).

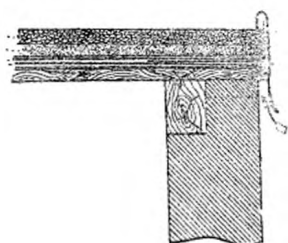


Fig. 219.

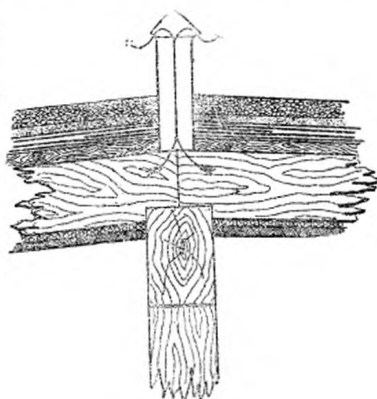


Fig. 220.

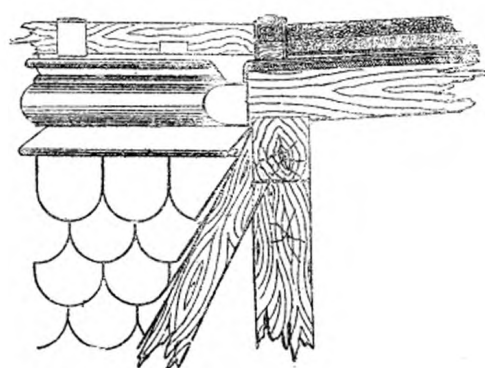


Fig. 221.

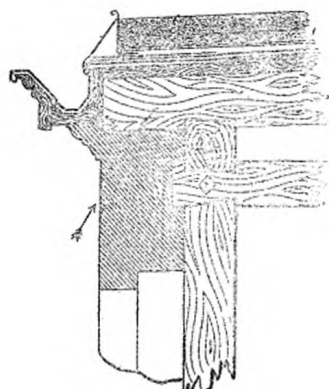


Fig. 222.

Cette couche compacte de gravier est nécessaire pour préserver le ciment de l'influence de l'atmosphère, et celui-ci prend ensuite une grande dureté, tout en conservant son élasticité.

On peut alors par-dessus cette couche étendre de la terre végétale et convertir le toit en jardin.

On doit avoir soin de ménager sous le plancher un courant d'air afin d'empêcher le bois de pourrir sous la fermeture hermétique de la couverture et du plafond (fig. 220).

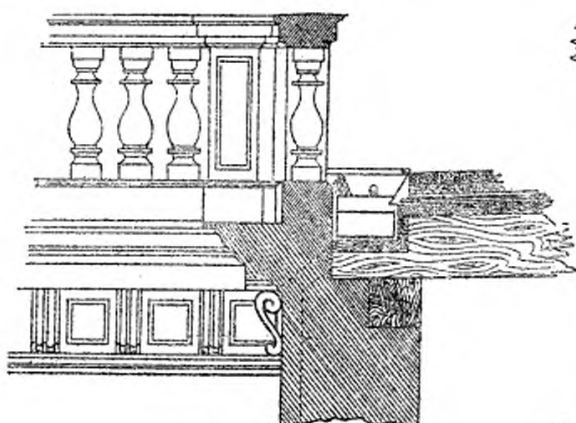


Fig. 223.

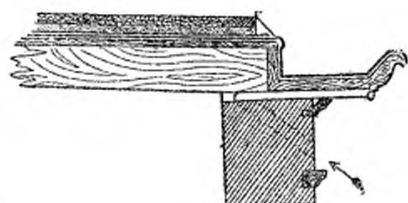


Fig. 224.

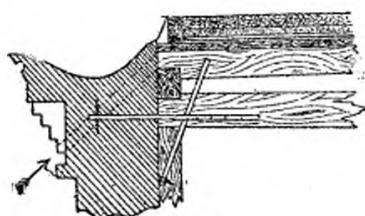


Fig. 225.

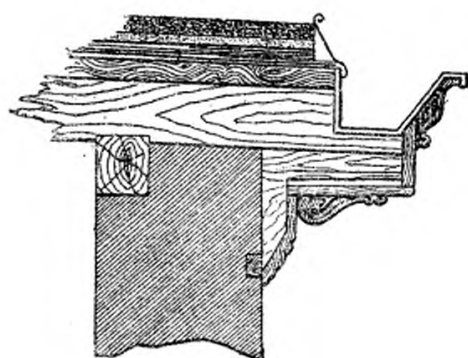


Fig. 226.

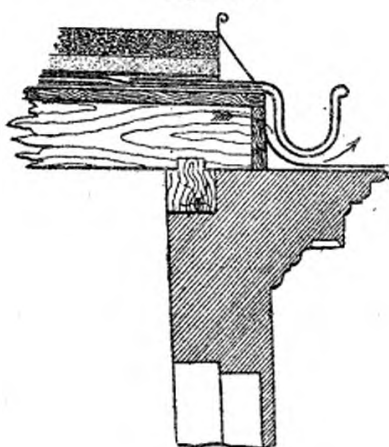


Fig. 227.

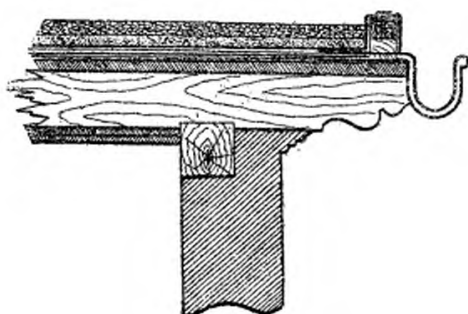


Fig. 228.

Les chéneaux se disposent comme dans les autres genres de couverture et de n'importe quelle manière (fig. 221 à 228).

On peut aussi avoir des balustrades, balcons, etc. (fig. 223).

3° Poids et prix de revient.

La charge à supporter par un toit en ciment volcanique se compose du plancher, des matériaux énoncés plus haut, de la charge fortuite de

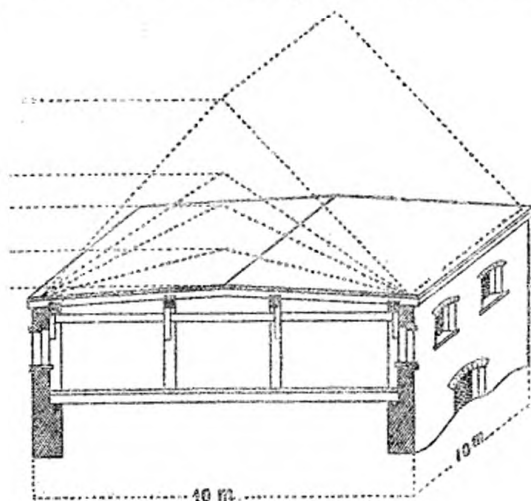


Fig. 229.

la neige, du séjour éventuel des personnes, et varie de 80 à 200 kg. par mètre carré.

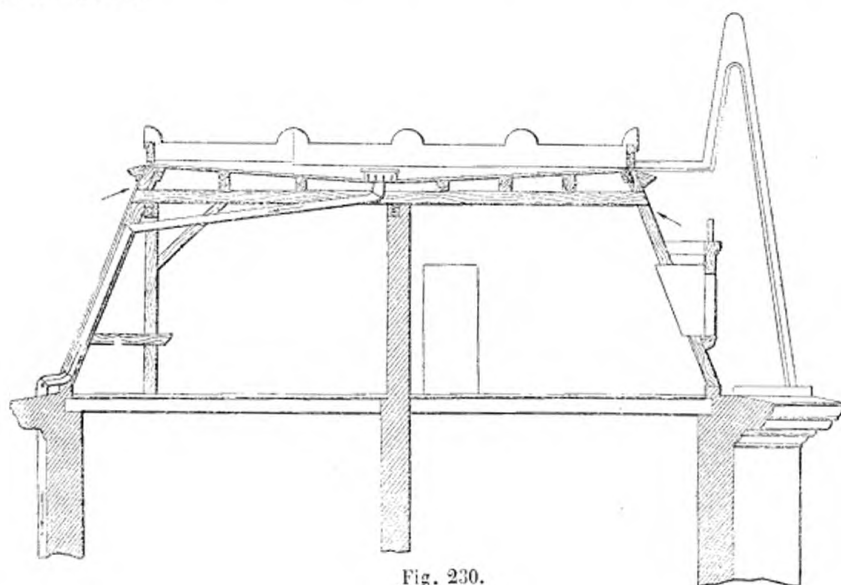


Fig. 230.

Le prix de la livraison de ces toitures, complètement achevées, est de 3 fr. 75 à 4 fr. 50 le mètre carré, suivant l'importance du travail, non

compris le plancher, les raccords de zinc et le gravier. La fig. 229 indique que la pente de la toiture en ciment volcanique est faible relativement à celle des autres genres de couverture. Ainsi pour une construction occupant 100 m<sup>2</sup> de terrain, le toit en ciment volcanique n'a pas plus de 102 m<sup>2</sup> de développement.

#### 4<sup>e</sup> Emplois divers.

Le ciment volcanique s'emploie aussi sur les bâtiments à pans mansardés. Il permet d'établir des réservoirs sur la toiture (fig. 230 et 231).

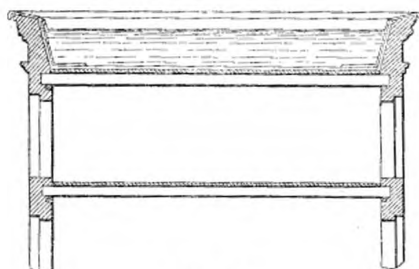


Fig. 231.

Terminons enfin l'exposé de ce système de couverture en faisant remarquer qu'il est incombustible par sa nature même et qu'il exige peu d'entretien.

## V. — Constructions en céramique.

Le terre travaillée, mouillée et cuite a pris depuis les temps les plus reculés une large place parmi les matériaux de constructions. En effet, on voit les briques entrer dans la plupart des bâtiments anciens, surtout de ceux que l'on trouve dans les plaines de l'Asie, aux environs du Tigre et de l'Euphrate.

Les produits céramiques ont été largement représentés à l'Exposition Universelle de 1900. Nous allons en passer en revue les plus récentes applications.

### 1<sup>o</sup> Produits en terre cuite pour conduits de fumée.

#### (a) Briques moulurées pour conduits de fumée.

La maison Morel, de Montreuil-sous-Bois a exposé ses briques moulurées pour conduits de fumée.

Cette brique, moins fragile que le wagon, moins lourde, aussi maniable que la brique pleine, en a l'épaisseur. Elle n'est jamais fendue ni refaitée; elle n'est pas sensible aux coups de feu comme les wagons. Elle permet, par l'alternance et le croisement des joints de donner aux murs une liaison et une solidité impossibles à obtenir avec l'emploi des wagons. Elle empêche les communications de fumée d'un conduit dans l'autre, et sa pose est facile et rapide. Elle est d'un modèle unique, tout en tenant compte des prescriptions de l'ordonnance de police, applicable depuis le 1<sup>er</sup> septembre 1898. Elle comporte deux modèles dévoyant l'un à droite, l'autre à gauche, sans qu'il soit nécessaire de forcer en mortier pour obtenir l'inclinaison d'un tuyau de fumée.

Elle permet de réduire au minimum réglementaire l'écartement des

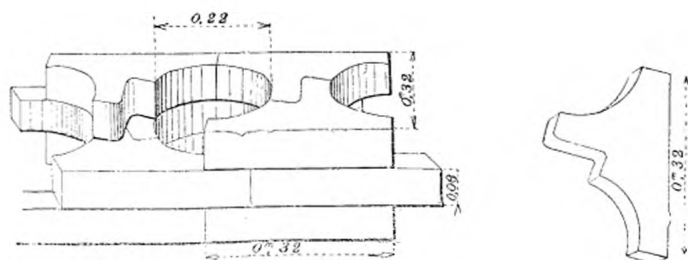


Fig. 232.

conduits de fumée (0<sup>m</sup>,33 d'axe en axe) et l'épaisseur du mur n'a que 0<sup>m</sup>,36, compris l'enduit de plâtre de 0<sup>m</sup>,02 sur chacune des faces. Elle donne aux murs une solidité telle qu'ils peuvent supporter des solives en fer. Enfin elle permet un ramonage facile des conduits de fumée dont la face intérieure est toujours lisse et sans le moindre décrochement.

Nous donnons (fig. 232) une vue de ce genre de briques.

La Société centrale des briqueteries de Vaugirard exposait aussi des échantillons de briques cintrées pour conduits de fumée. Ces briques sont généralement exécutées suivant les dimensions les plus ordinaires des murs, soit 0<sup>m</sup>,40, 0<sup>m</sup>,45 et 0<sup>m</sup>,50, ravalement compris. Pour chacune de ces dimensions, il existe des formes de briques représentées dans la fig. 233. Ces briques, suivant leurs formes, sont désignées par les ouvriers sous les noms ci-après.

A. Equerre.

B. Plat à barbe;

C. Chapeau de commissaire,

D. Violon.

En associant ces briques de différentes façons, on obtient les dispositions indiquées par la fig. 233. Les croquis indiquent la disposition de deux assises successives. Les tuyaux ainsi formés se relient par les harpes avec les matériaux du mur, moellons, pierrailles, meulière, briques, etc.

Le nombre de ces briques à employer par mètre de hauteur est le suivant :

Tuyau isolé : 48 briques.

Par chaque tuyau ajouté : 30 briques en plus.

A l'intérieur de ces tuyaux, on met un enduit en plâtre d'environ

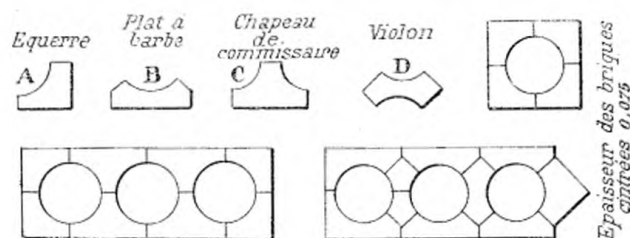


Fig. 233.

0<sup>m</sup>,01 d'épaisseur pour obtenir une surface lisse, plus 0<sup>m</sup>,06 d'épaisseur de paroi de brique, plus 0<sup>m</sup>,03 de renformis, plus 0<sup>m</sup>,02 d'enduit extérieur ce qui fait un total de 0<sup>m</sup>,12. Si le mur a 0<sup>m</sup>,45 d'épaisseur, on prendra des briques cintrées pour mur de 0<sup>m</sup>,40. de manière à obtenir le renformis nécessaire, ce qui donne un isolement meilleur de la paroi.

Si le mur a 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur, on prendra des briques cintrées pour mur de 0<sup>m</sup>,45 et ainsi de suite :

#### (b) Wagons et boisseaux

La même Société exposait aussi ses boisseaux et wagons en terre cuite pour conduits de fumée.

Les boisseaux, dits *boisseaux Gourlier*, servent à construire les tuyaux de fumée adossés aux murs (fig. 234). Faits à la filière, et coupés à 0<sup>m</sup>,33 de longueur, ils sont munis d'un emboîtement qui sert à les maintenir les uns au-dessus des autres; on applique les boisseaux contre le mur en les scellant soit au plâtre, soit au mortier, et en les maintenant tous les deux mètres par une ceinture en fer scellée dans le parement des murs.

Il faut avoir soin de croiser les joints dans le sens de la hauteur et de recouvrir les boisseaux d'un renformis et d'un enduit en plâtre, le tout ayant au moins 0<sup>m</sup>,04 d'épaisseur. Cet enduit et ce renformis s'accrochent

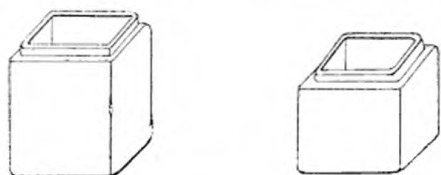


Fig. 234.

facilement après les boisseaux qui présentent une surface striée à l'extérieur. Les boisseaux sont montés jusqu'au faîtage du bâtiment. Hors comble, on les continue par des souches construites en briques qu'on laisse apparentes.

La fig. 235 donne les principales dimensions des boisseaux. On les

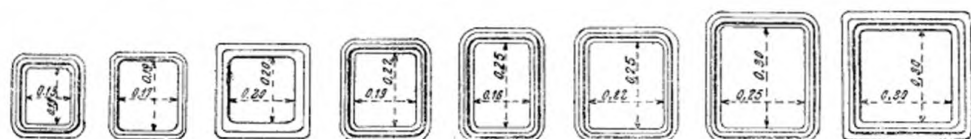


Fig. 235.

fait droits ou dévoyés. Leur épaisseur varie de 0<sup>m</sup>,03 à 0<sup>m</sup>,05 d'après l'ordonnance de police de septembre 1897. On en compte de trois à quatre par mètre de longueur.

Les wagons servent aux conduits de fumée placés dans l'intérieur des

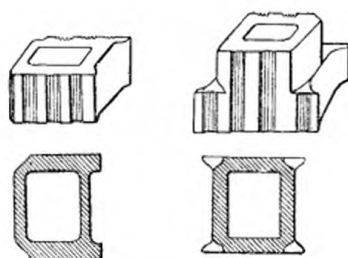


Fig. 236.

murs. Ils sont passés à la filière et coupés en tronçons de 0<sup>m</sup>,16 à 0,20 de longueur. Ces wagons ont la forme d'un D; les branches saillantes du D permettent une liaison facile avec la maçonnerie du mur (fig. 236). Pour croiser les joints on met les crochets de ces tuyaux alternativement

à droite et à gauche; on croise les joints dans le sens de la hauteur et on les garnit, ainsi que les intervalles, avec du bon mortier pour que la fumée ne passe pas d'un tuyau dans l'autre.

Ces types de tuyaux se font de plusieurs modèles pour murs de 0<sup>m</sup>,25, 0<sup>m</sup>,35, 0<sup>m</sup>,40, 0<sup>m</sup>,45 et 0<sup>m</sup>,50. Il faut, suivant l'épaisseur du mur, choisir le tuyau convenable pour avoir un renformis d'au moins 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur, plus un enduit d'au moins 0<sup>m</sup>,02. Les parements extérieurs des wagons sont striés pour mieux retenir les enduits et les renformis.

On fait aussi les wagons dévoyés pour les tuyaux de fumée inclinés. Les intervalles laissés entre les wagons sont construits soit en meulière ou moellons, soit de préférence en briques.

Il faut compter six wagons par mètre de longueur.

On fait aussi des wagons à joints croisés; il y en a quatre par mètre.

#### (c) *Wagons solidaires Lacôte.*

La maison Lacôte et C<sup>ie</sup> a présenté, dans la classe 72, ses wagons solidaires à parois syphonnées avec regards, ses boisseaux à témoins avec emboîtement syphonné, ses briques costières pour conduits de fumée incorporés. Ces produits sont en cours d'emploi dans la presque totalité des travaux de Paris et des principales villes.

Les produits exposés sont de cinq sortes :

- 1° Nouveaux wagons solidaires perfectionnés à joints coupés et syphonnés, avec regard permettant le contrôle des joints;
- 2° Conduits de fumée adossés, boisseaux Lacôte réglementaires à témoins;
- 3° Nouvel emboîtement des boisseaux à témoins ou sans témoins;
- 4° Briques costières pour conduits de fumée incorporés;
- 5° Wagons solidaires armés.

#### *Wagons solidaires à joints coupés ou syphonnés, avec regards.--*

Les joints entre les wagons sont la plupart du temps mal faits. Le mortier que l'ouvrier met entre les parois ne trouve aucun logement. D'autre part, aux étages supérieurs, la place étant souvent limitée, en raison du nombre de conduits à incorporer, les joints se trouvent réduits à rien, il en résulte une multitude de joints non étanches dans une souche montée en wagons.

Pour éviter les communications de fumée de conduit à conduit, il faut

non seulement disposer les assises de wagons sur des plans différents, mais aussi veiller à ce que les parois latérales de wagon à wagon offrent un logement étanche au mortier ou à toute autre matière liaisonnante employée, et d'autre part à ce qu'il y ait possibilité de contrôler en cours d'exécution si les joints sont convenablement faits.

Pour résoudre le problème, chaque nouveau wagon porte deux fois, sur chaque face latérale, deux cavités appelées syphons. La pose des wagons (fig. 237) oblige ces cavités à se trouver en face l'une de l'autre; le mortier coule dedans, et on obtient quatre bourrelets de mortiers étanches et interrupteurs de la fumée, de l'oxyde de carbone et autres gaz délétères.

Ces wagons syphonnés portent en parement deux regards X traversant de part en part la harpe du wagon. Ces regards ont le diamètre néces-

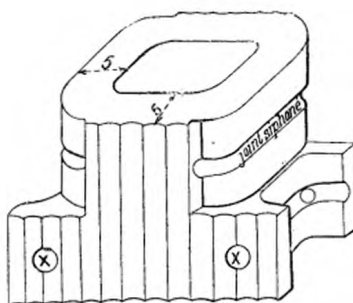


Fig. 237.

saire pour permettre d'y passer une fiche. On peut se rendre compte, en tout temps et en tout sens, si les joints sont pleins ou négligés, et, dans ce dernier cas, il est encore possible de réparer le mal en coulant les joints à l'aide des regards.

Le liaisonnement est ainsi assuré. La masse de mortier ou de plâtre placée entre les wagons assure une étanchéité sérieuse et constitue un véritable obstacle au passage de la fumée ou des gaz. De plus, la vérification possible des joints par l'usage des regards placés dans les harpes des wagons est d'une indiscutable utilité.

Nous donnons ci-dessous le prix de revient de ces wagons.

*Wagons solidaires Lacote perfectionnés à syphons et regards.*

	Le mètre	Le cent
Pour mur de 35 ravalé. 4 au mètre . . . . .	6, 90	172, 50
— de 40 — — . . . . .	7, 50	187, 50
— de 45 — — . . . . .	7, 92	198 »
— de 50 — — . . . . .	8, 16	204 »

*Boisseaux réglementaires à témoins.* — Avant le règlement du 13 janvier 1881 obligeant les constructeurs à donner une épaisseur totale de 8 centimètres aux parois, aux costières et aux languettes de tous les conduits incorporés ou adossés, la construction des souches était, il faut bien le reconnaître, assez défectueuse. Les poteries employées n'avaient que 3 cm d'épaisseur pour les tuyaux de grande section, et 3 cm 1/2 pour les petites sections; ces poteries, placées les unes à côté des autres, mal jointes souvent, étaient revêtues d'un enduit qui, dans la plupart des cas, n'avait que 1 cm à 1 cm 1/2 d'épaisseur, donnant ainsi à la paroi ou à la costière une faible épaisseur totale de 4 à 5 cm; aussi, au moindre feu de cheminée, voyait-on les poteries se fendre, entraînant la rupture de l'enduit et les déchirures des tentures, livrant ainsi à la fumée et au gaz de la combustion un passage facile et dangereux.

C'est pour faire disparaître ces inconvénients qu'intervint le règlement du 13 janvier 1881. Pour arriver aux 0<sup>m</sup>,08 d'épaisseur exigés, M. Lacôte inventa le boisseau dit à témoins qui donnait, dans une certaine mesure, satisfaction aux constructeurs, en obligeant, par ses nervures placées sur la face externe du boisseau, l'ouvrier à recouvrir cette face



Fig. 238.

d'une épaisseur de plâtre donnant, y compris la poterie, les 8 cm obligatoires.

A la suite d'un nouveau règlement de police du 25 novembre 1897,

MM. Lacôte se mirent à chercher un nouveau type. Ce nouveau boisseau a 5 cm d'épaisseur sur toutes les faces; sur la face externe, il est garni de nervures formant saillie de 1 cm, obligeant, comme le précédent, à une charge de plâtre de 2 cm pour cacher ces nervures ou témoins, et donnant ainsi les 8 cm d'épaisseur réglementaires (fig. 238).

Avec les nouveaux boisseaux à témoins, il reste un creux de 1 cm entre les nervures, ce qui, avec l'enduit de 2 cm passant sur les témoins, donne une épaisseur de 3 cm, qui, étant données les petites irrégularités provenant de la cuisson dans certains endroits du boisseau, assure un logement pour les clous variant entre 3 et 4 centimètres, ce qui est suffisant pour assurer, dans presque tous les cas, leur solidité; cela était impossible avec les anciens boisseaux où les clous des plinthes, cymaises, etc., n'avaient pas assez de place pour se loger.

Nous donnons une coupe de ces tuyaux, fig. 239.

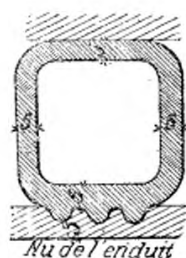


Fig. 239.

*Nouvel emboîtement syphoné des boisseaux à témoins ou sans témoins.* — Dans les anciens conduits de fumée, les poteries sont diminuées, à chaque bout, de la moitié de leur épaisseur, pour former l'emboîtement. Il en résulte que, lors de la pose, le garnissage en plâtre est chassé par la pose du boisseau suivant, et qu'il ne reste rien ou presque rien dans l'emboîture. De là des fuites nombreuses.

C'est pour remédier à ce défaut que MM. Lacôte ont cherché et trouvé un nouveau système à emboîtement et joint.

Voici en quoi il consiste :

Chaque poterie est munie en haut et en bas, dans toute son épaisseur, d'une cavité concentrique, appelée *syphon*. Le joint interne de la poterie est horizontal, ainsi que les joints des côtés; mais le joint externe est chanfreiné (fig. 240).

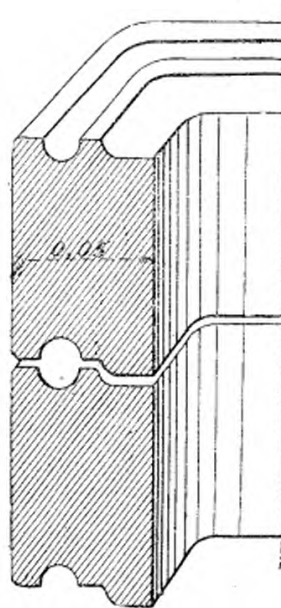


Fig. 240.

A la pose de ces boisseaux, l'ouvrier remplit de plâtre ou de mortier

la cavité du boisseau déjà en place, en laissant une certaine masse en saillie; la cavité de la poterie superposée se remplit à son tour au moment de la pression exercée par l'ouvrier pour lui faire toucher celle du dessous, et de cette façon on obtient un bourrelet interne aveuglant complètement le joint. Il n'y a plus de passage possible pour la fumée; le bourrelet fait corps avec les deux poteries, et, à l'aide du chanfrein de la face extérieure, il est très facile de vérifier si le joint est plein. Le chanfrein se trouve rempli à son tour quand on fait les enduits.

Nous donnons ci-après le tableau des prix des boisseaux Lacôte à emboîtement syphonné.

*Boisseaux Lacôte réglementaires à témoins ou sans témoins  
à emboîtement syphonné.*

			Le mètre	Le cent
Boisseaux Lacôte à témoins, 20 × 20, 4 au mètre.			4,80	120 »
— — 23 × 23 — . . . .			5,52	138 »
— — 25 × 30 — . . . .			6,40	160 »
Épaisseur des parois : 0 <sup>m</sup> ,05 en fond de témoins et 0 <sup>m</sup> ,055 fort au droit des témoins.				

*Briques costières pour conduits de fumée incorporés.* — Dans la construction des conduits de fumée incorporés, outre la brique, on se sert encore de briques cintrées, portant les dénominations dont nous avons parlé dans le précédent paragraphe; si les briques sont irrégulières, mal hourdées sans rejointoiement intérieur ni nettoyage, par les joints creux passent, de l'un dans l'autre des conduits, toutes les fumées, toutes les odeurs, et tous les gaz des appartements. C'est surtout par les languettes que se produisent ces désagréments.

La costière Lacôte a pour but et pour effet de remédier à ces défauts, en supprimant tout les joints des languettes des conduits de fumée incorporés.

Elle chevauche les joints. Le joint de la costière est à mi-hauteur de la brique de la paroi, et elle fait toute l'épaisseur du mur; elle forme boutisse.

C'est une brique entière dont les têtes font parement sur chaque face du mur, donnant ainsi un liaisonnement complet avec le briquetage du mur.

Pour couper les joints à l'intérieur, chaque costière est surmontée d'une partie faisant corps avec elle (fig. 241), ayant à peu près la moitié de son épaisseur et la demi-hauteur d'une brique ordinaire. Entre ces deux parties surmontant le corps principal, reste, quand elles sont en

place, un petit espace dans lequel on coule du plâtre ou du mortier pour liaisonnement. Il suffit, en montant les murs, de poser ces costières en sens contraire, c'est-à-dire d'opposer une à une les têtes de costières, pour obtenir un liaisonnement parfait, puisque chaque costière forme un seul morceau, présentant d'un côté une tête devant rester en parement et de l'autre un emplacement pour loger la brique du mur en construction.

Dans la construction des conduits dévoyés en briques, on est obligé, pour atteindre la pente nécessaire, de placer chaque assise de brique en reculement sur celle qui précède. Cela constitue un étranglement au départ de la pente. Ensuite, chaque assise reculée forme avec celle qui est dessous un petit palier sur lequel restent, pendant la construction,

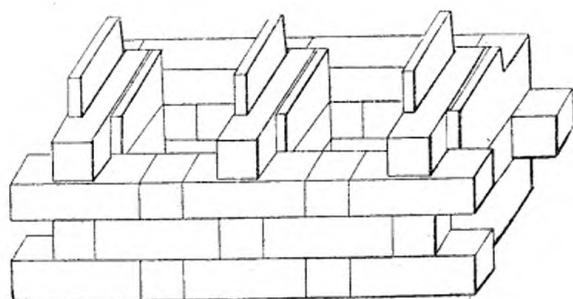


Fig. 241.

les mortiers ou les plâtres qui tombent dans les conduits ; plus tard, les suies s'y attachent. Si le conduit est fortement dévoyé, cela devient une cause de danger par la trop grande agglomération des suies, qui peuvent s'enflammer. C'est en outre, une difficulté continuelle pour le ramonage ; le hériçon passe mal ; si on le tire à force, il entraîne le hourdis des joints et peut les vider en partie.

Par le fait de sa conformité, la costière Lacôte ne présente aucune saillie ; elle donne au contraire un surface absolument lisse dans toute la hauteur des conduits, surface sur laquelle ne peuvent s'attacher ni suies, ni mortier. Un simple passage au hériçon peut les nettoyer complètement, les rendre aussi unies qu'au moment de leur mise en place. Elles se font pour murs de 0<sup>m</sup>,33 et 0<sup>m</sup>,40.

Ci-dessous un tableau des prix de ces briques.

*Prix des briques costières Lacôte, raisonné au mètre; 6 conduits sur un mètre de hauteur pris pour base.*

Pour un mur de 35 et 40 on emploie :

70 costières Lacôte . . . . .	Le cent	15.»	10, 50
194 briques ordinaires 6×6×22 . . . . .	Le mille	50.»	9, 70
Pour 6 conduits sur un mètre de hauteur. . . . .			20, 20
Prix du mètre . . . . .			3, 35

*Costières Lacôte.*

Pour murs de 35, 37, 40. . . . .	Le mille	150.»
Pour murs de 45 et 50. . . . .	—	180.»
Briques ordinaires, 6×6×22. . . . .	—	50 »

*Wagons solidaires armés.*— MM. Lacôte ont fait aussi des wagons solidaires armés pour leur donner une force de résistance plus grande à l'action de la chaleur.

L'armature des wagons solidaires se fait à l'aide d'un treillis en fil de fer ou d'une chaîne coulée au plâtre, en haut et en bas du wagon, dans une cavité ou rainure concentrique de 2 cm de hauteur sur 1 cm de largeur.

Ces wagons ainsi armés résistent admirablement au feu, ainsi que l'a démontré l'expérience qui a été faite devant une délégation de la Société centrale des Architectes français, le 23 octobre 1899.

On avait constitué trois souches de 1<sup>m</sup>,23 de hauteur : la première en wagons ordinaires (six au mètre), la deuxième en wagons solidaires (quatre au mètre), et la troisième en wagons solidaires armés (quatre au mètre).

Elles furent bourrées de bottes de paille et de lattes arrosées de pétrole ; on y mit simultanément le feu. La durée de la combustion fut d'un quart d'heure, pendant lequel les poteries s'ouvrirent successivement en rendant un petit bruit sec au moment de la rupture.

Dans la première souche, toutes les poteries s'ouvrirent sur 1 cm de largeur environ ;

Dans la deuxième souche, quatre poteries sur cinq se fendirent également, mais l'ouverture des crevasses était un peu moins large.

Dans la troisième souche (wagons armés), les poteries étaient fendues aussi, mais au lieu d'une crevasse, elles ne présentaient qu'une légère fissure.

Quand toutes ces poteries furent refroidies, on put faire les constatations suivantes : celles de la première souche étaient restées ouvertes sur 1 cm de largeur ; celles de la deuxième souche gardaient également

leurs ouvertures; mais celles de la troisième souche (wagons armés) s'étaient resserrées, refermées et ne présentaient plus qu'une légère trace de fissure à la place de la fissure déterminée par le feu.

Malheureusement ces wagons coûtent cher; la fabrication est très

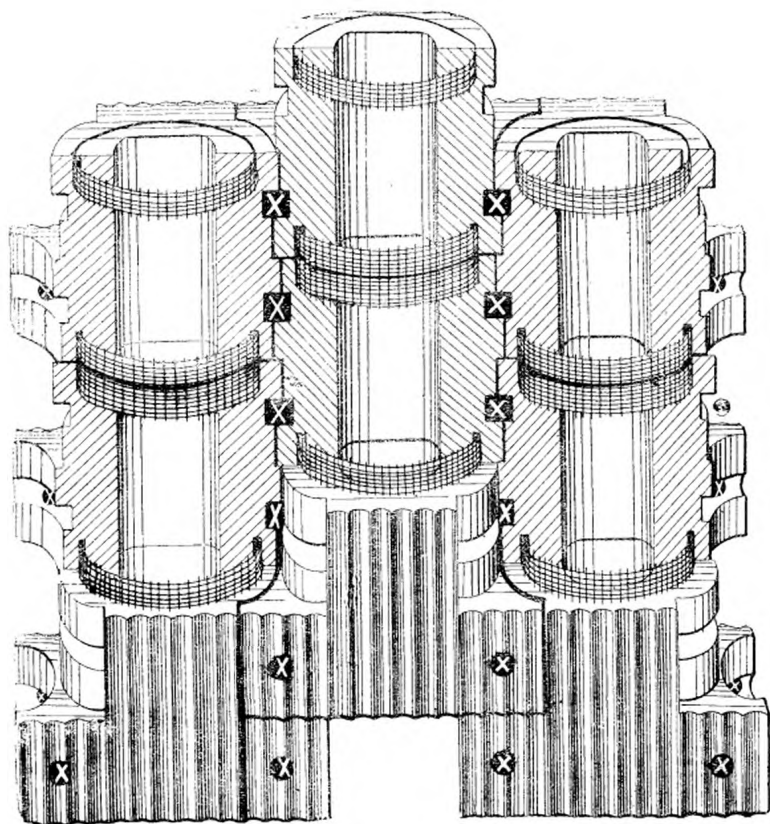


Fig. 242.

coûteuse, et leurs prix sont de 20 0/0 au-dessus de ceux des wagons solidaires perfectionnés.

Nous donnons, fig. 242, une vue des nouveaux wagons armés à joints syphonnés et à regards X permettant le contrôle des joints en tout sens et en tout temps.

Nous donnons également, fig. 243, une vue des nouveaux boisseaux armés à bague supprimant tous les joints.

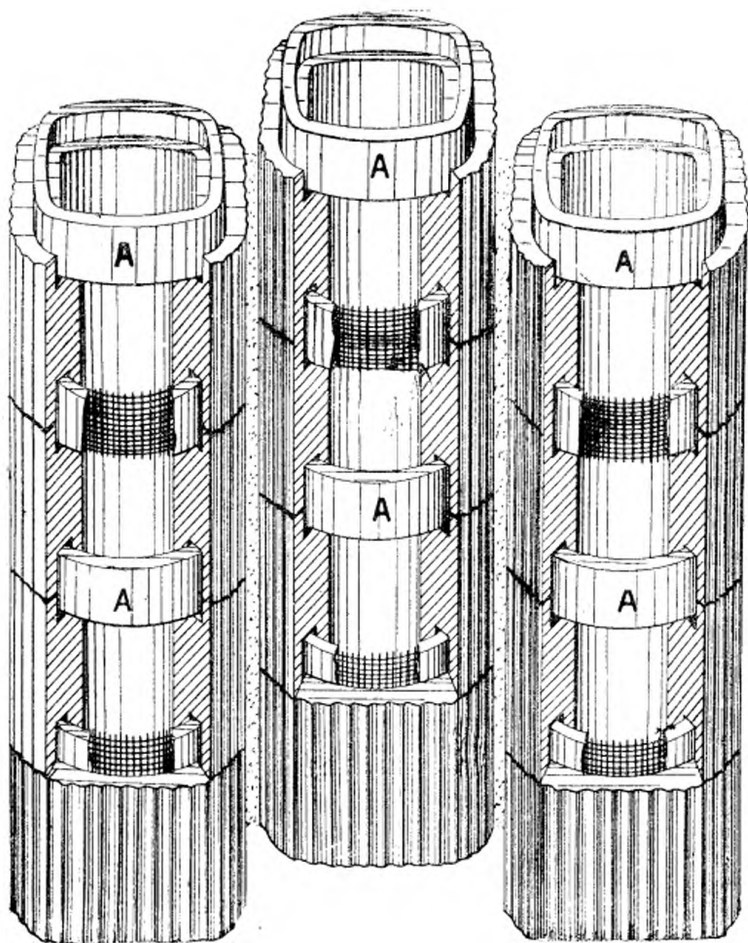


Fig. 243.

Boisseaux en alunoxium.

Un autre produit de wagons et boisseaux en alunoxium a été trouvé par M. G. Richerol, et se répand aujourd'hui dans certaines constructions.

Les matières premières qui entrent dans la composition de ce produit sont :

- 1° Minium de fer de première qualité;

2° Albutrine spécialement préparée;

3° Scories pures concassées;

4° Eau préparée aux agglomérants : le tout trituré ensemble avec dosages régulièrement mesurés;

5° Des cercles de ferfeillard de 14 mm de large et 1 mm d'épaisseur, spécialement fabriqués pour chaque type et rivés, sont placés dans les tuyaux de manière à laisser le maximum de force à l'intérieur. Il en existe un par wagon de 0<sup>m</sup>,20 de hauteur et deux par boisseau de 0<sup>m</sup>,50 de hauteur. Les cercles plongés dans la composition sont préservés de l'oxydation par le minium de fer et conservent indéfiniment leur force primitive.

Nous donnons (fig. 244) une vue de ces tuyaux. Voici leurs principales dimensions suivant l'épaisseur des murs.

Boisseaux triangulaires à angles arrondis de 0<sup>m</sup>,50 de hauteur, à paroi de 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur pour tuyaux de cheminées adossés au mur.

Type 1 de.	0.22 × 0.25
— 2 de.	0.48 × 0.22
— 3 de.	0.46 × 0.28
— 4 de.	0.42 × 0.46

Boisseaux ronds pour ventilation, diamètre intérieur 0.19 et 0.25.

“ Sorbonnes ”, diamètre intérieur 0.25 × 0.30 et 0.30 × 0.40.

Wagons dans l'épaisseur des murs.

Type 1, mur de 0.25, ravalé de	0.16 × 0.22
— 2 — 0.35 —	0.18 × 0.22
— 3 — 0.35 —	0.22 × 0.25
— 4 — 0.45 —	0.22 × 0.29
— 7 — 0.45 —	0.25 × 0.25

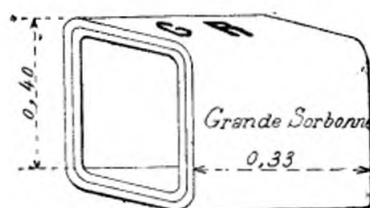
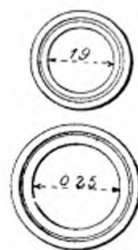


Fig. 244.

D'autres types de wagons représentés (fig. 245) sont spécialement fabriqués pour porter un plancher. Les solives reposent sur une semelle en fer placée dans les wagons, ces solives peuvent même traverser complètement le mur. Les wagons ont 0<sup>m</sup>,10 d'épaisseur de paroi et portent plus de charge que la brique de 0<sup>m</sup>,11 à plat.

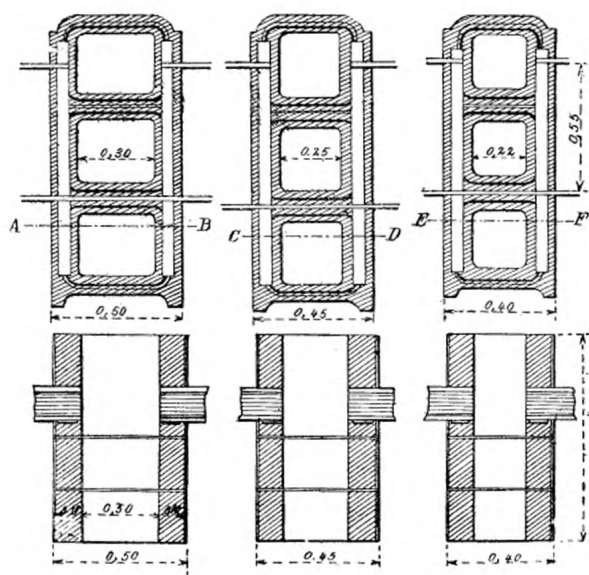


Fig. 245.

## 2° Produits pour murs, couvertures, tuyaux, constructions et pièces diverses.

On sait que les briques sont des pierres artificielles formées d'argile et de sable, pétries, moulées et cuites après séchage.

Une bonne terre à briques ne doit être ni trop argileuse, ni trop sablonneuse. On obvie à ces inconvénients soit en ajoutant de la terre grasse, soit en ajoutant du sable à l'argile destinée à faire la brique.

L'argile, additionnée de sable ou de terre suivant les besoins, est malaxée dans un tonneau où tourne un arbre vertical portant des couteaux à lames horizontales et obliques. Le tonneau est muni d'un robinet qui fournit l'eau nécessaire au malaxage.

Le moulage se fait, soit à la main (procédé belge et procédé anglais), soit mécaniquement.

Les briques sont séchées et ensuite soumises à un rebattage pour obtenir la consistance voulue. Le rebattage se fait, soit à la main, soit

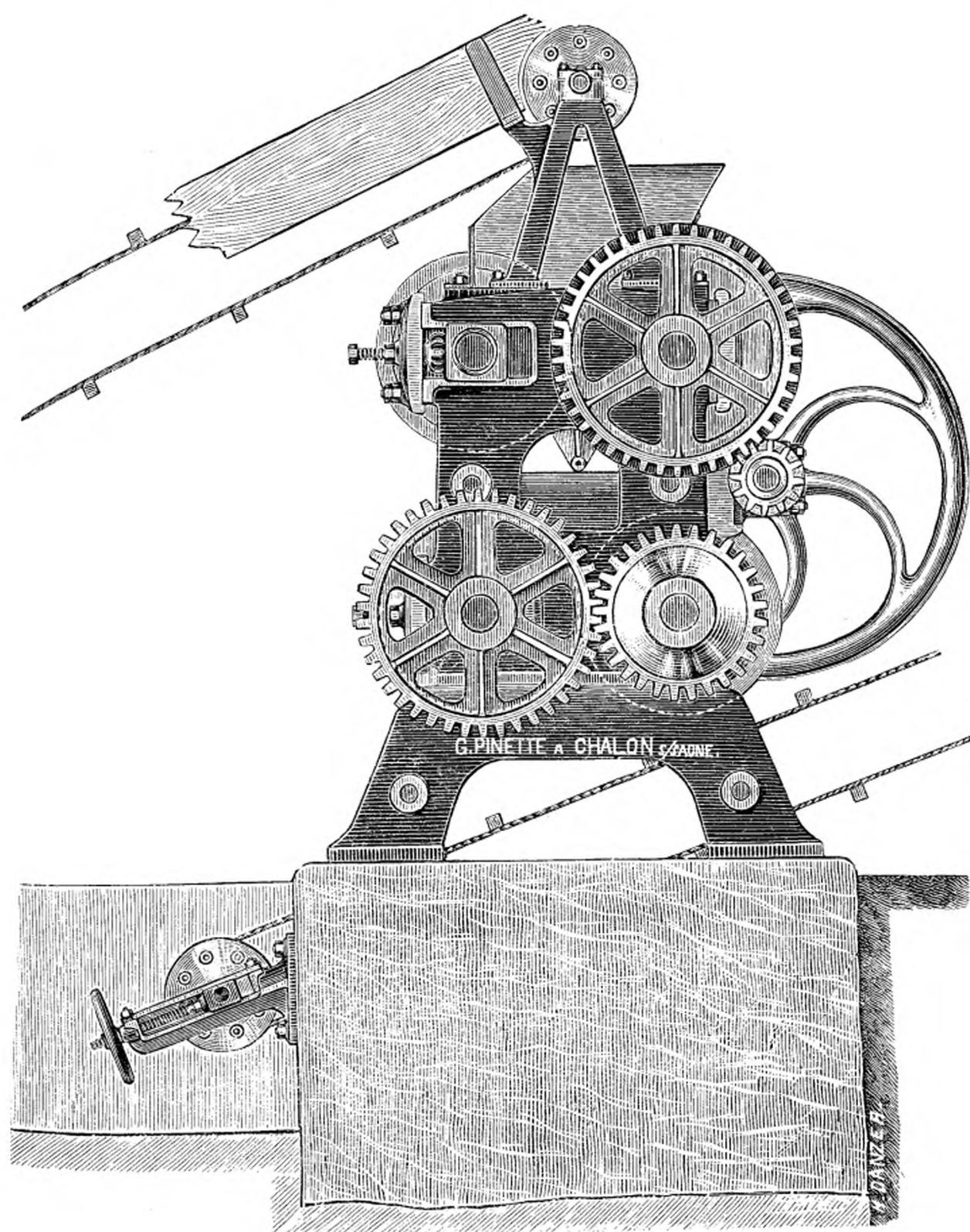


Fig. 246.

mécaniquement. On procède ensuite à un deuxième séchage en disposant les briques en haies recouvertes de paillassons.

La cuisson se fait dans des fours continus ou intermittents.

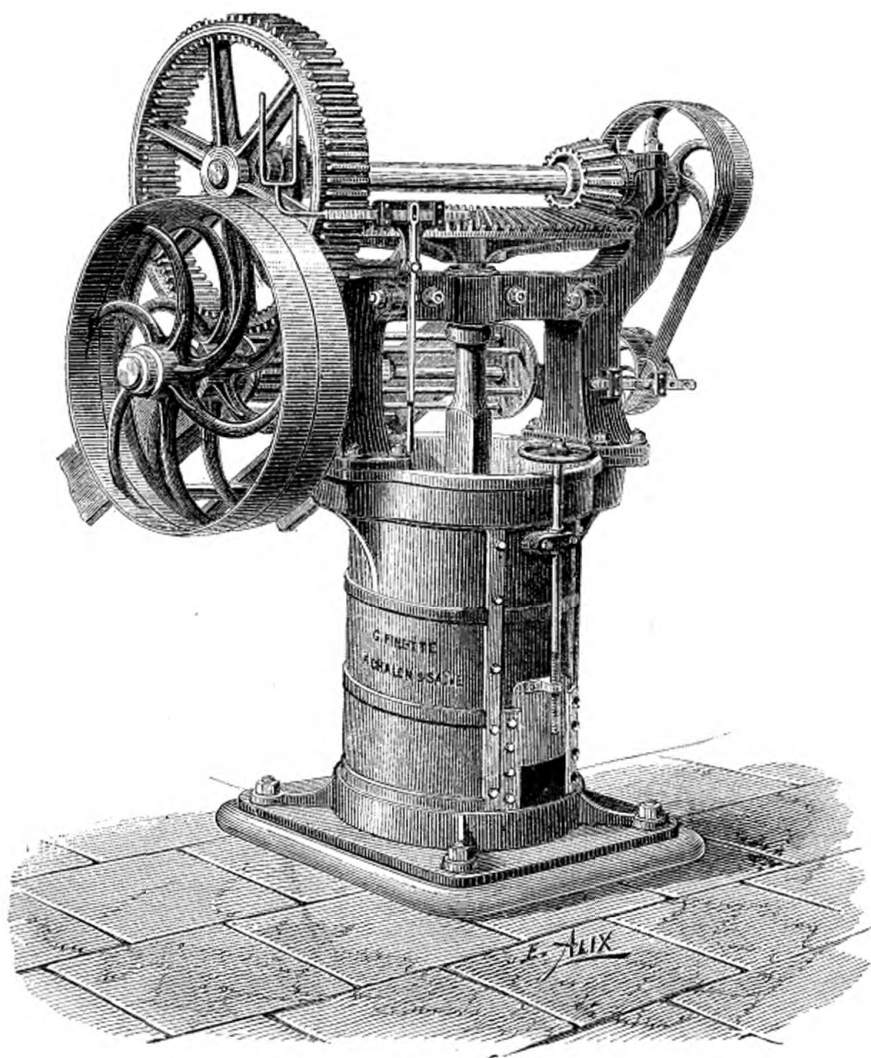


Fig. 247.

La fabrication de la tuile est analogue à celle de la brique. La terre est plus fine, la manipulation plus soignée.

L'Exposition Universelle de 1900 a fourni de nombreux spécimens de machines à briques et à tuiles. Citons entre autres la maison Pinette, de Chalon-sur-Saône.

La distribution des terres se fait au moyen d'un appareil permettant de donner aux appareils broyeurs une quantité de terre régulière et, par suite, de les faire travailler dans les meilleures conditions.

La fig. 246 montre un appareil à quatre cylindres broyeurs montés sur un même bâti en fonte et superposés deux à deux. Il est disposé de manière que la visite de toutes les pièces, ainsi que le montage et le démontage puissent se faire aisément. Les terres contenant des corps étrangers, tels que pierre, quartz, silex, etc., exigent un cylindrage plus ou moins énergique, suivant qu'elles sont plus ou moins chargées de ces matières. On emploie cette machine pour écraser les terres avant de les jeter dans le malaxeur. Les dimensions des cylindres unis, les plus couramment employées, sont les suivantes :

Cylindres de			
0 <sup>m</sup> ,330 de diam. et 0 <sup>m</sup> ,600 de long.,			
0 <sup>m</sup> ,500	—	0 <sup>m</sup> ,600	—
0 <sup>m</sup> ,730	—	0 <sup>m</sup> ,500	—
1 <sup>m</sup> ,000	—	0 <sup>m</sup> ,600	—

En sortant des cylindres, la terre est enserrée par une toile sans fin dans le malaxeur (fig. 247) qui a pour but de la mélanger intimement et d'en faire une pâte parfaitement homogène.

En sortant du malaxeur, les terres sont jetées dans les trémies de la machine à *galettes* (fig. 248); elles tombent dans la caisse à terre, der-

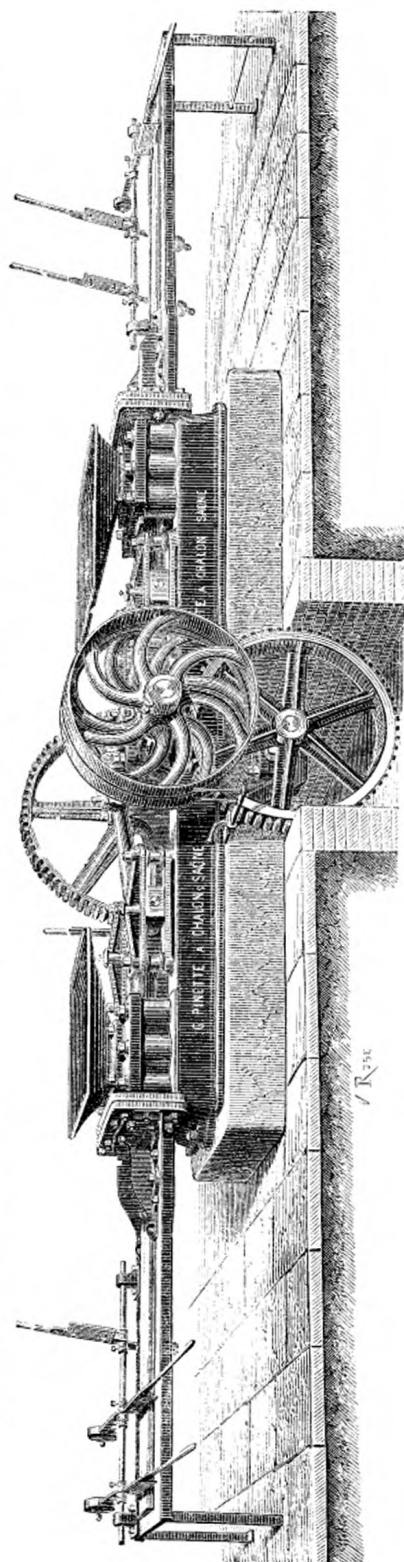


Fig. 248.

rière le piston pendant son mouvement de recul et sont poussées dans la filière lorsqu'il revient en avant. La forme des produits

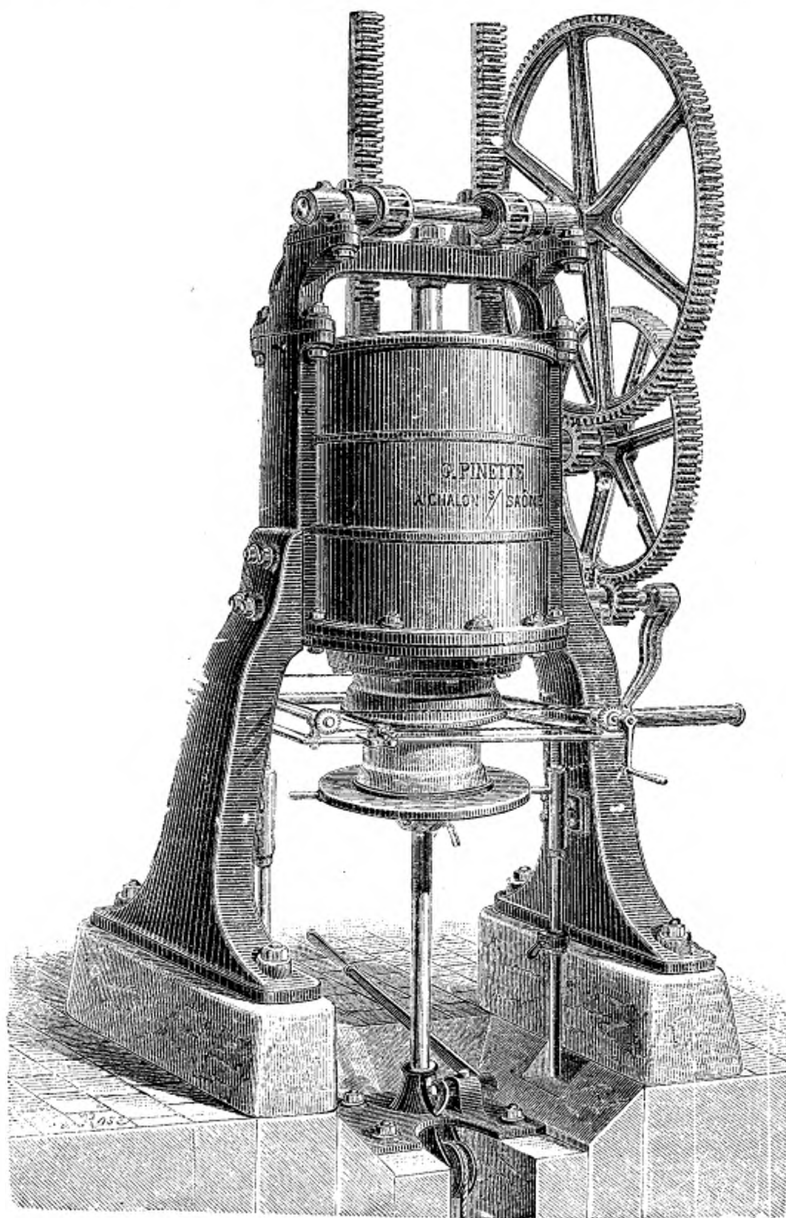


Fig. 249.

varie suivant la filière adaptée à l'extrémité de la caisse à terre, et l'on obtient ainsi tous les produits [filés, tels que galettes pour tuiles,

carreaux et briques pleines, briques percées, tuyaux, drains, hourdis,

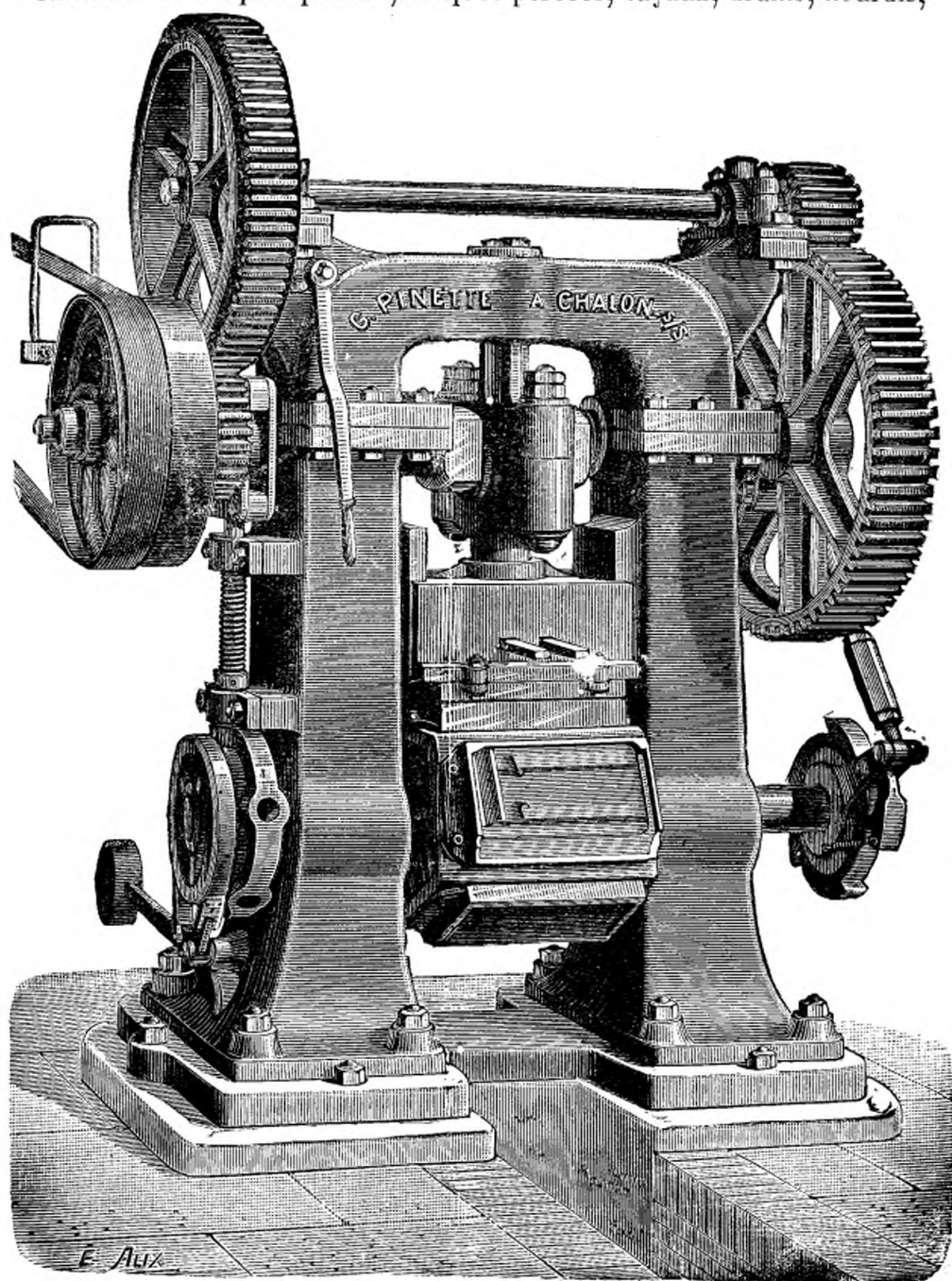


Fig. 250.

voussoirs, boisseaux, etc. La forme des tabliers coupeurs varie selon les produits à faire.

La machine dont la fig. 249 donne une idée, est employée pour la

fabrication des boisseaux, wagons et tuyaux. Elle se fait à caisse ronde ou rectangulaire. La machine à caisse ronde convient principalement pour faire les tuyaux ronds avec ou sans emboîtement. Les tuyaux à emboîtement se font en une seule opération et très facilement; on peut faire jusqu'à 0<sup>m</sup>,30 intérieur après cuisson, et au delà, en y adaptant une bouche expansive. La machine à caisse rectangulaire convient surtout pour étirer les boisseaux rectangulaires, aqueducs, wagons, etc. L'intérieur des caisses, comme les pistons, est ajusté soigneusement de façon à éviter les trépidations. Elles sont disposées pour fonctionner à bras ou au moteur. Les produits peuvent sortir d'une plus ou moins grande longueur en dehors de la filière; le coupeur est disposé de manière à les couper toujours à une longueur uniforme et régulière. Le principal avantage de cette machine consiste à pouvoir supporter le noyau formant l'intérieur des produits, par un grand boulon central qui laisse passer la terre tout autour sans la retenir plus d'un côté que de l'autre.

La presse à cinq pans, pour tuiles en terre molle, dont nous donnons une vue fig. 250, est un nouveau modèle qui se distingue des machines similaires par une construction robuste, des mouvements doux. Les moules sont faciles à régler et à placer. La construction des matrices en zinc qui servent à imprimer le plâtre dans les moules permet de faire varier en plus ou en moins l'épaisseur des tuiles. Cette machine peut produire 5 000 tuiles en 10 heures.

L'industrie des produits céramiques était largement représentée à l'Exposition Universelle de 1900. La construction même des palais comportait l'emploi de ces produits. Bon nombre de fabricants avaient exposé.

#### A. — PRODUITS CÉRAMIQUES DE LA MAISON EMILE MULLER ET C<sup>ie</sup>.

En tête de ces maisons se présente l'usine Muller d'Ivry-sur-Seine qui exposait :

Classe 72. — Tuiles et accessoires de toitures, briques, décoration architecturale, céramique d'art.

Classe 74. — Poêles, cheminées, calorifères en céramique, pièces réfractaires pour foyers.

Il y avait à remarquer, en outre :

1° Les deux grandes frises de la porte d'entrée de l'Exposition, à la place de la Concorde;

2° Les bacs à fleurs de la cour du Petit-Palais des Champs-Élysées;

- 3° Les bancs de l'Atrium de l'Exposition des Musées rétrospectifs;  
4° Le Pavillon de la Perse;

Briques pleines et creuses (de toutes dimensions et quai sur ordre)

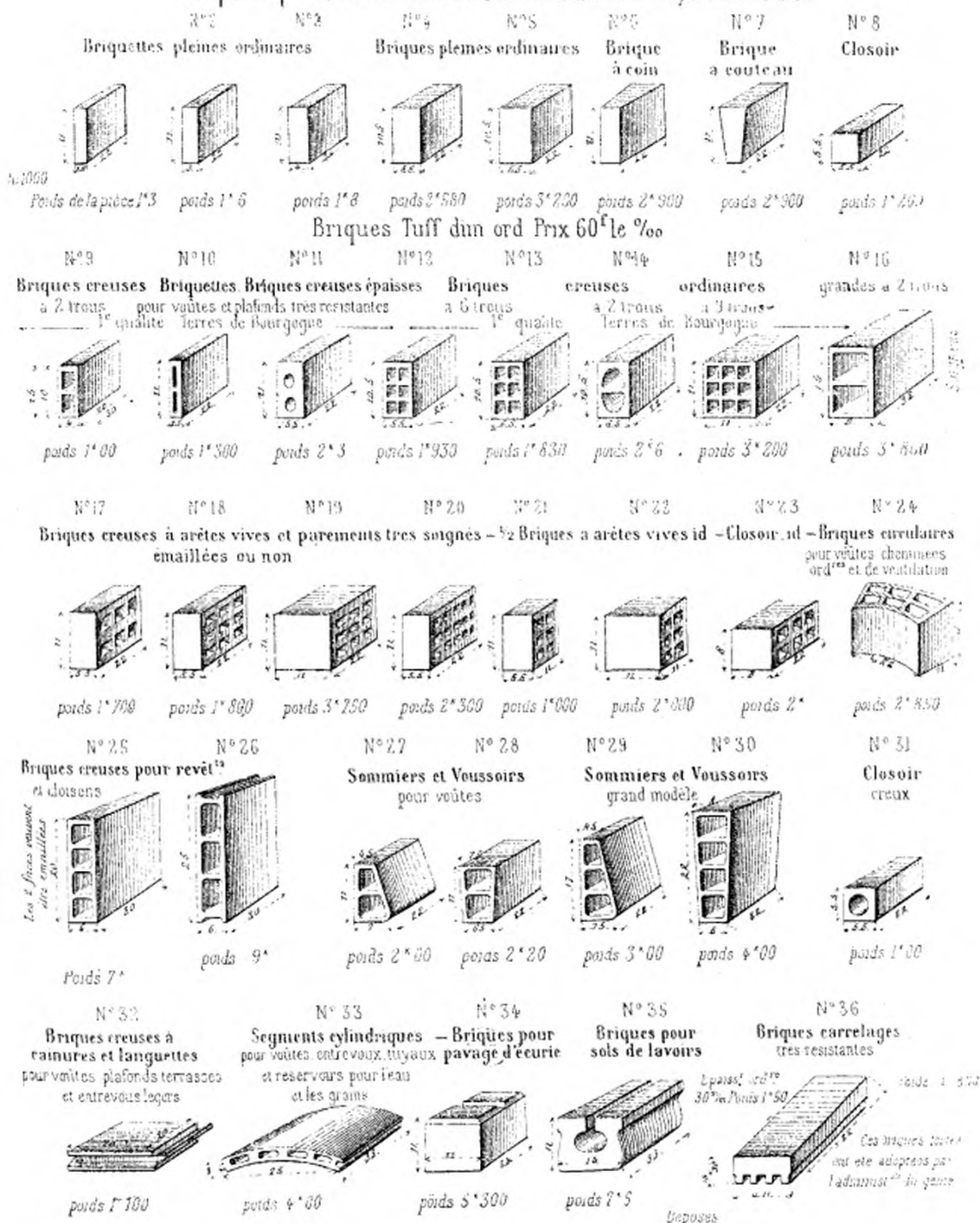


Fig. 251.

- 5° Les fontaines « Les Danaïdes » à l'Horticulture;

6° La balustrade de la passerelle en avant du Pont d'Iéna au Trocadéro;

7° Un autel d'église chez Poussielgue, classe 66;

8° Le foyer de la cheminée de la Samaritaine;

9° Les panneaux de cheminée de M. Haënsler,

Etc., etc.

*Briques.* — La maison Muller fabrique des briques pleines et creuses

### Briques, Plinthes et Pièces courantes

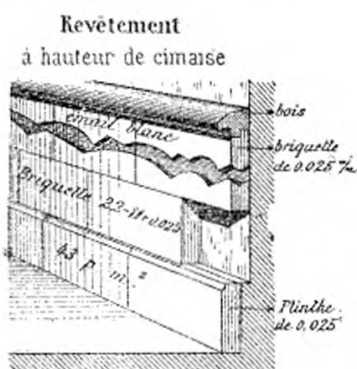
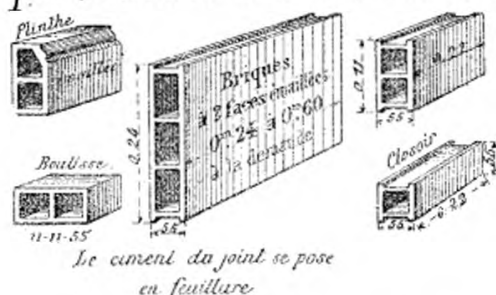
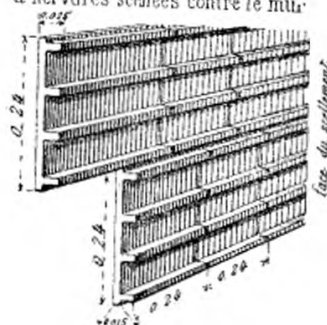


Fig. 252.

de toutes dimensions et qualités, des briques pour voûtes, sommiers et voussoirs, des briques creuses à rainures et languettes pour voûtes,

### Revetement émaillé, à nervures scellées contre le mur



### Revetement émaillé très-économique (boulisses de 4 en 4 rangs) double en briques ordinaires de champ

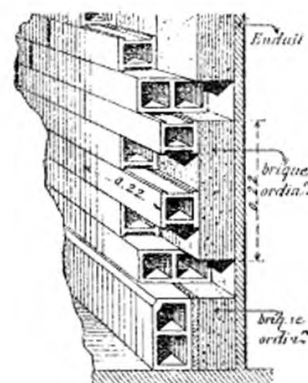


Fig. 253.

plafonds, terrasses et entrevous légers. Elle peut fournir aussi des briques pour carrelages, cheminées et closiers, des briques creuses à

arêtes vives et parements très soignés émaillés ou non. La fig. 251 donne de nombreux exemples de ces différentes sortes de briques.

Le peu de résistance et de durée des revêtements en simples carreaux est connu. Une nouvelle fabrication de la maison Muller permet de les remplacer par une qualité exceptionnelle de briques en grès, émaillées, garanties contre la gelée. Selon le cas et l'emplacement, ces briques peuvent être de simples briquettes, dont l'épaisseur donne suffisamment assise à la pose et permet de sceller avec des crampons (fig. 252).

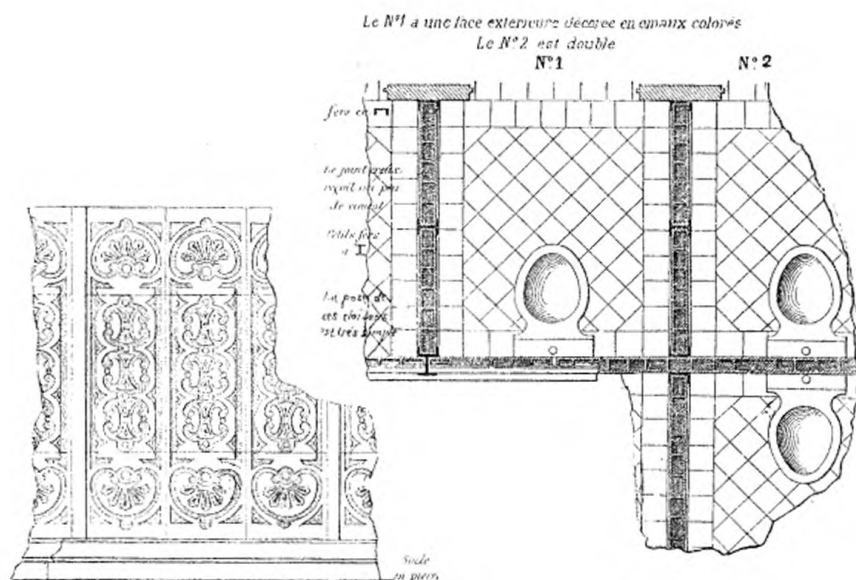


Fig. 254.

Ces briques s'émaillent des couleurs demandées, mais émaillées blanches surtout elles sont très recherchées pour les parois des courettes, les murs de cave, les tunnels qui ainsi s'éclairent aisément, les cuisines, offices, escaliers de service, corridors, lavabos, cabinets, etc., etc.

Les revêtements émaillés peuvent se faire à nervures collées contre le mur (fig. 252). Ces nervures permettent de faire le scellement avec plus de facilité. Un parement émaillé très économique est celui qui est doublé en briques ordinaires de champ; des boutisses en briques émaillées creuses sont placées tous les deux ou quatre rangs (fig. 253). Ce système est employé aussi pour les revêtements dans les water-closets (fig. 254).

*Entrevous.* — Entre les solives d'un plancher, on peut faire des entrevous de terre cuite soit plats nervés ou creux, soit cintrés à rainures et languettes. Ils peuvent être aussi à queue d'aronde, creux et

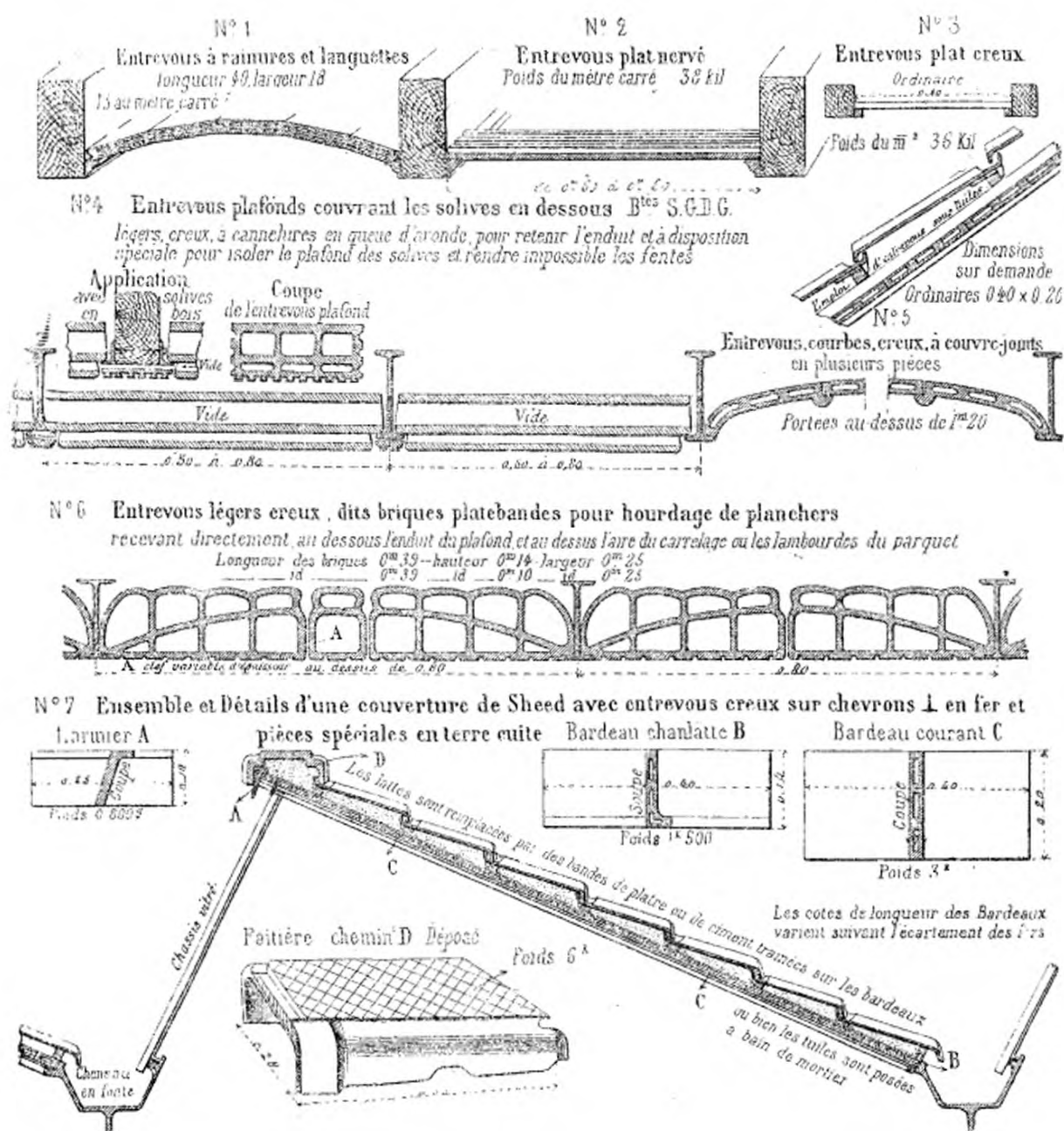


Fig. 255.

à cannelures pour retenir l'enduit et avoir pour mission spéciale d'isoler le plafond des solives et rendre impossible les fentes (fig. 255).

Les entrevous sont employés aussi pour la couverture de Sheed. Ils se placent sur des chevrons en fer. Au faitage, du côté du vitrage, sont disposées des pièces formant larmier (fig. 255). Sur le chéneau sont

placés des bardeaux chanlattes. Au sommet se trouve une faitière formant chemin. Les lattes sont remplacées par des bandes de plâtre ou de ciment trainées sur les bardeaux. Les tuiles peuvent encore être posées à bain de mortier.

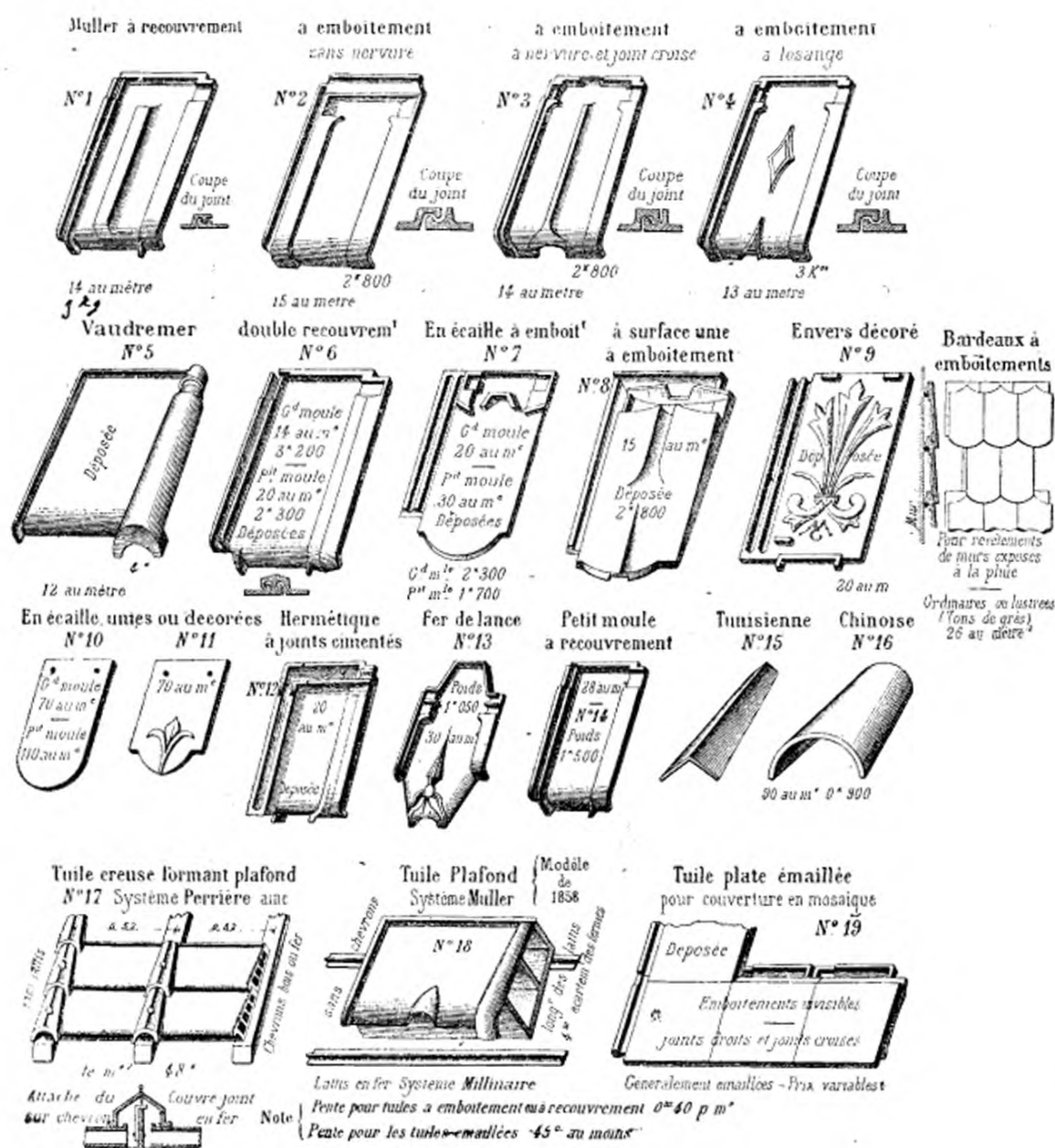


Fig. 256.

**Tuiles.** — La maison Muller fabrique des tuiles de toutes formes et de toutes espèces à recouvrement simple ou double, à emboîtement avec ou sans nervures. Elles peuvent être unies ou décorées, on les fait aussi émaillées.

Nous donnons (fig. 256) les différents types de tuiles fabriquées à l'usine d'Ivry, parmi lesquelles il faut signaler :

Les tuiles à recouvrement,

- à emboîtement;
- — à nervures et joints croisés;
- — à losange;
- à double recouvrement;
- à écailles à emboîtement;
- à envers décoré;
- hermétiques à joints cimentés;
- en fer de lance;
- tunisiennes;
- chinoises;
- système Perrière;
- plafond,

Etc., etc.

Il faut signaler aussi les tuiles à attaches pour ports de mer et expo-

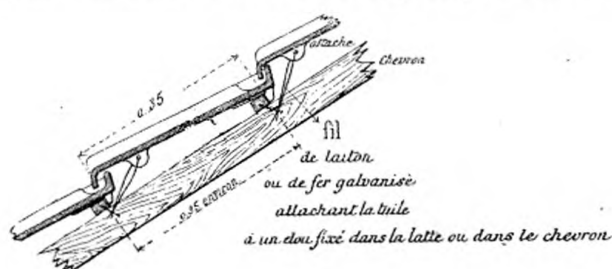


Fig. 257.

sition à de grands vents. Chacune de ces tuiles porte à sa partie inférieure une encoche avec un trou. Dans ce trou passe un fil de laiton ou de

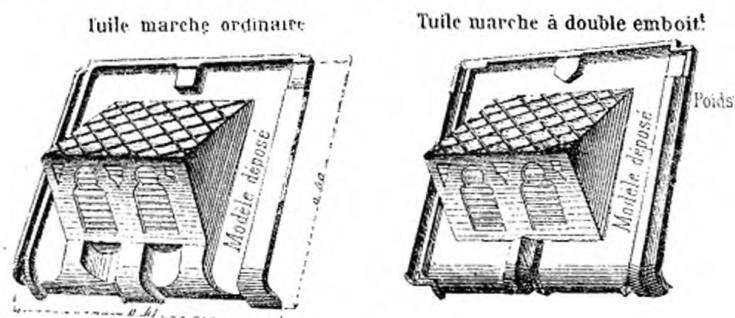


Fig. 258.

fer galvanisé attachant la tuile à un clou fixé dans la latte ou dans le

chevron. Pour des situations exceptionnelles, il peut y avoir deux attaches par tuile. Il suffit souvent de n'employer qu'une partie des tuiles à attaches. La fig. 257 donne le détail de pose d'une de ces tuiles.

#### Passages de tuyau

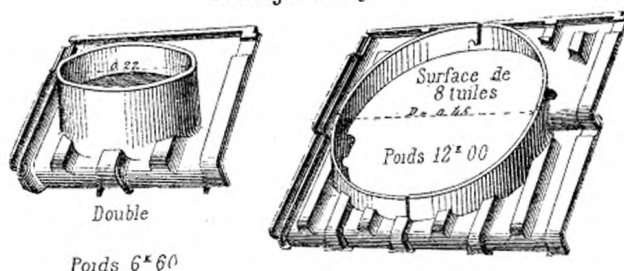


Fig. 259.

Il convient de citer aussi les tuiles *marches* pour chemins sur toitures (fig. 258), les tuiles *passages de tuyau* (fig. 259), et les *membrons* pour toitures à brisis (fig. 260).

#### Membron pour toiture à brisis

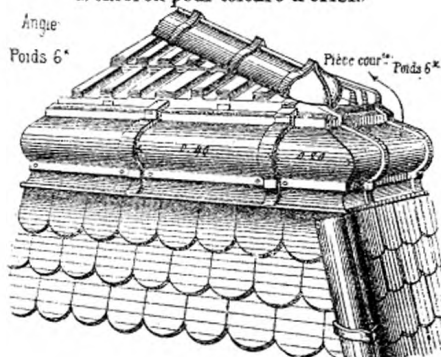


Fig. 260.

Quand deux pans de couvertures sont en tuiles mécaniques, on peut se dispenser de faire un fond de noue spécial. A cet effet, les derniers rangs de tuiles ordinaires, de chaque pan, sont arrêtés à une certaine distance de la ligne de noue. Ces tuiles ne sont pas tranchées biaisées; elles conservent leurs dimensions et formes ordinaires. Il reste, dans l'intervalle des deux pans, un trapèze. Ce trapèze est rempli par des tuiles

mécaniques qui épousent sa forme. Ces tuiles ont la longueur de celles de long pan et sont également à recouvrement et à emboîtement. Les lattes viennent s'assembler sur le chevron. Dans l'angle de noue on fait un remplissage en mortier, sur ce remplissage, on pose des lattes, sur ces lattes on agrafe des tuiles de même épaisseur que les autres. Pour racheter l'angle que ces tuiles forment avec celles de long pan, leurs cannelures de gauche et leurs recouvrements de droite sont inclinés à la demande de cet angle. De cette façon, l'assemblage est aussi facile que dans le cas d'un rampant ordinaire, et la noue est bien protégée. La tuile sous faitage a sa forme, en plan, quelque peu modifiée. Le grand côté du trapèze est brisé et forme un angle de façon à ne laisser aucune

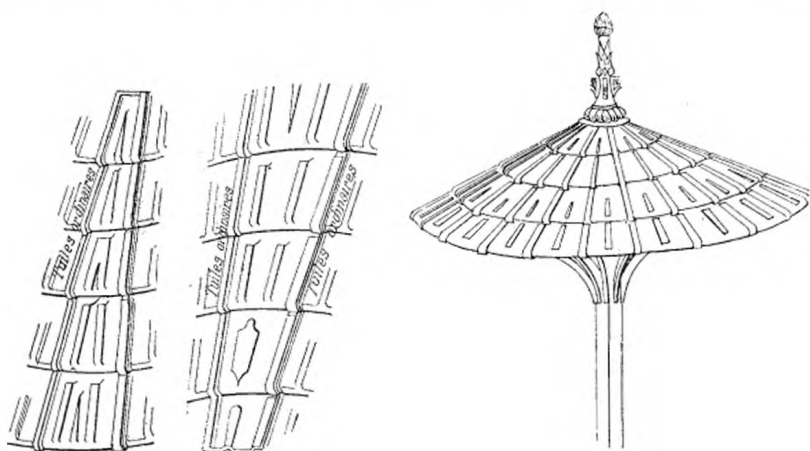


Fig. 261.

partie découverte sous les faitières d'angle. A la partie inférieure de la toiture, le petit côté du trapèze est supprimé, il ne reste que les parties de joints d'assemblage.

Nous donnons (fig. 261) une vue de ces noues en tuiles ainsi que des arêtières pour toitures rondes, et comme exemple nous montrons un parapluie conique en tuiles pour jardin.

Un exemple de ce parapluie se voyait à l'Exposition de 1900.

#### CHAPERONS.

Les chaperons en tuiles sont de beaucoup les plus employés. Nous en donnons plusieurs types fabriqués à l'usine Muller (fig. 262). Il y a

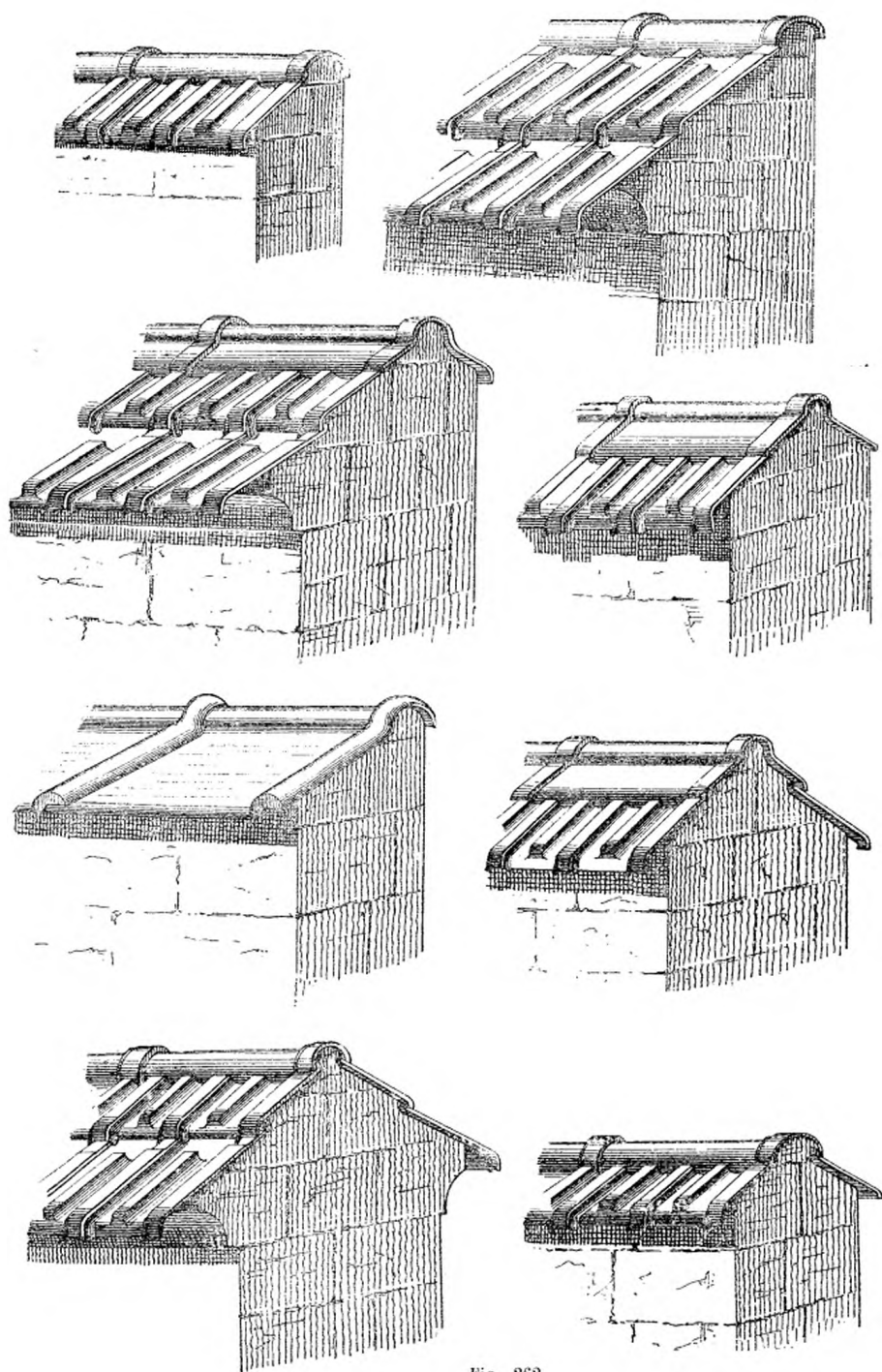


Fig. 262

à distinguer les chaperons à un égout et les chaperons à deux égouts.

Dans les murs d'une certaine épaisseur, on fait dépasser assez fortement les tuiles pour garantir les murs contre l'eau de pluie et en même temps pour protéger les plantations adossées à ces murs. Les chaperons sont alors composés de bouts de tuiles, de tuiles entières et de faitières de 0<sup>m</sup>,22 de largeur à mouvements et à échancrures. Les largeurs maxima sont les suivantes :

Faitière et bout. . . . .	0 <sup>m</sup> ,45
— et tuile. . . . .	0 <sup>m</sup> ,50
— bouts et tuiles . . . .	0 <sup>m</sup> ,70
— et deux tuiles . . . .	0 <sup>m</sup> ,80

Pour les petits murs on n'emploie qu'une simple faitière. On peut alors composer un chaperon économique avec faitières sans recouvrement, avec ou sans échancrures de 0<sup>m</sup>,17 de largeur.

On emploie aussi des faitières à boudins. Voici les largeurs maxima :

	Largeur maxima
Faitière et bouts. . . . .	0 <sup>m</sup> ,50
— et tuiles. . . . .	0 <sup>m</sup> ,60

Le chaperon peut être aussi d'une seule pièce avec joint à emboîtement. La largeur maxima est de 0<sup>m</sup>,50.

Pour les chaperons à deux égouts, on les compose de faitiers de 0<sup>m</sup>,22 de largeur extérieure avec ou sans échancrures et de tuiles ou bouts de tuiles de chaque côté :

	Largeur maxima
Faitière et bouts de tuile. . . .	0 <sup>m</sup> ,45
— et une tuile . . . . .	0 <sup>m</sup> ,80
— un bout et une tuile . . . .	1 <sup>m</sup> ,10

On fait également des chaperons d'une seule pièce à deux égouts (fig. 263) avec joint à emboîtement. La largeur est de 0<sup>m</sup>,50. Les chaperons peuvent être aussi composés de faitières à pans et de pièces plates à recouvrement.

On forme également (fig. 263) un chaperon avec de grandes tuiles chaperons à emboîtement accompagnées de tuiles plates et de tuiles à rigoles formant modillons pour espaliers et permettant un rapide écoulement de l'eau.

Pour les angles de murs, on fabrique des pièces spéciales de tous degrés.

On fait aussi des pièces ornées; la fig. 263 en donne un exemple.

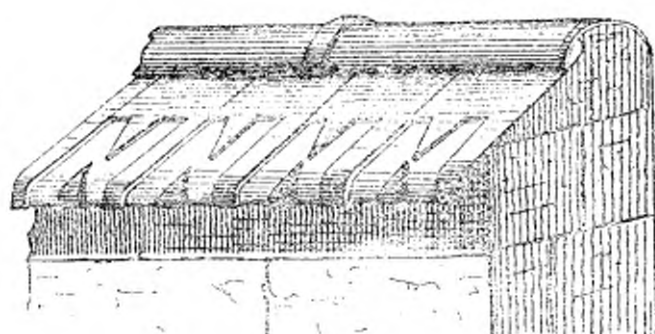
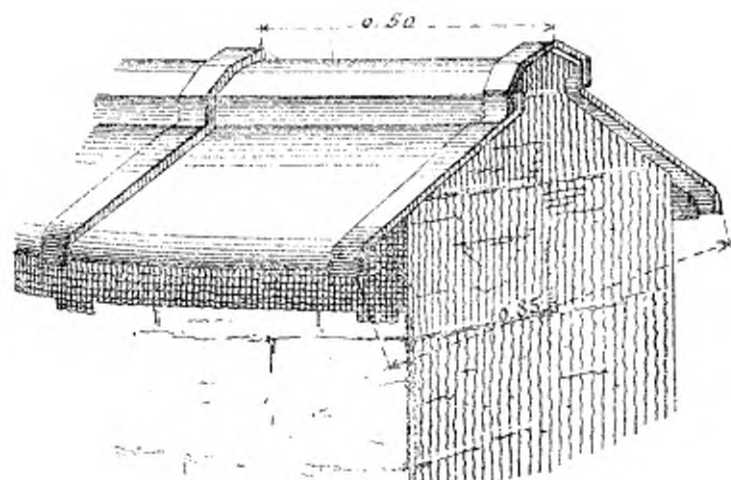
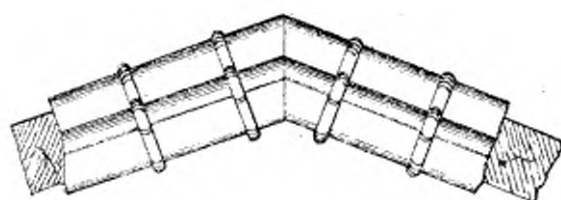
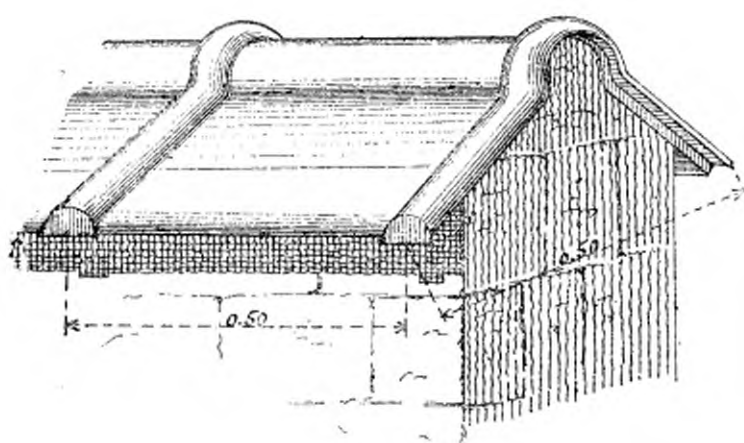
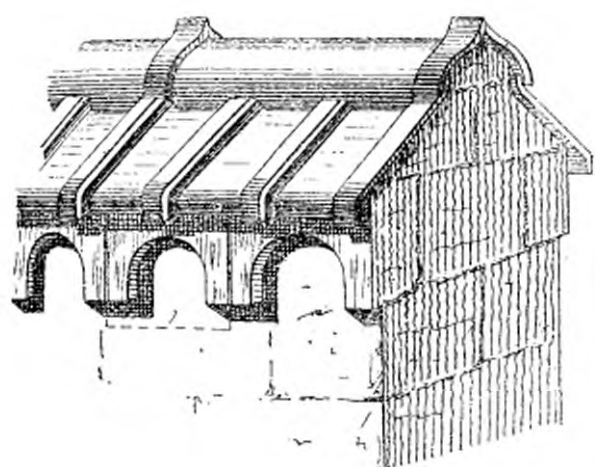
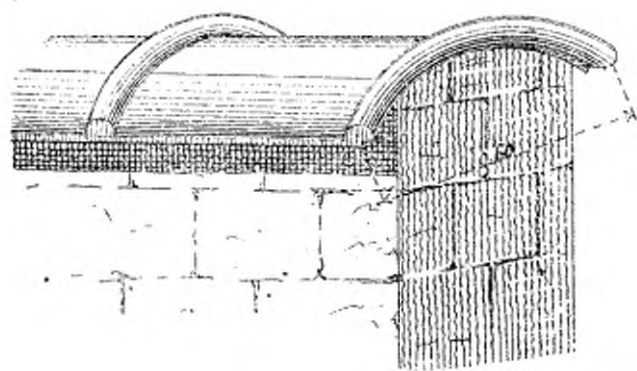
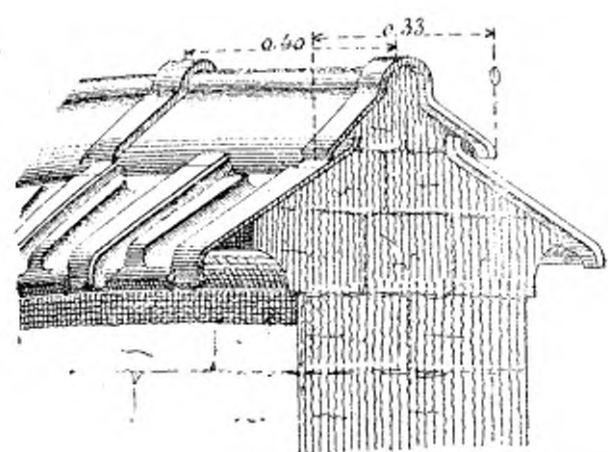


Fig. 263.

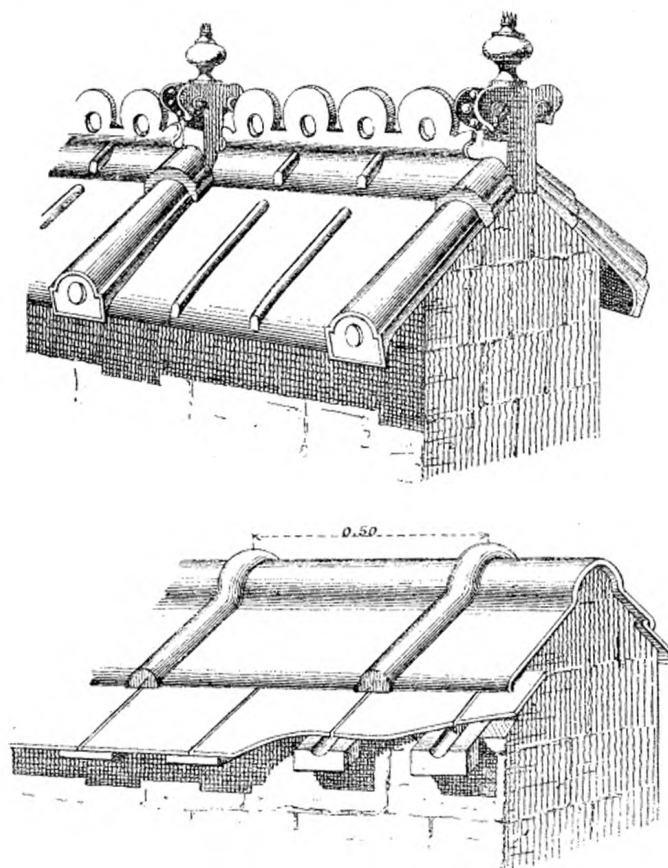


Fig. 263 (suite).

Lorsqu'il s'agit de contreforts, on établit la couverture avec des briques à crochet et des tuiles également avec crochet (fig. 264).

Pour les rampants d'embrasure de croisée, on scelle sur le mur d'allège une barre en fer rond; sur cette barre vient s'accrocher (fig. 264) la tuile, qui a de 0<sup>m</sup>,33 à 0<sup>m</sup>,60 de longueur. La partie supérieure de cette tuile forme crochet pour la fixation sur le mur.

#### MITRONS, LANTERNES, CONDUITS DE VENTILATION.

Parmi les innombrables mitrons, lanternes et conduits de ventilation de tous modèles et de tous ornements fabriqués par la maison Muller, citons un système tout particulier d'attache pour les cheminées un peu

élevées (fig. 265). A la partie supérieure de la cheminée, se trouvent des pièces scellées en forme de cornières emboîtées par la cheminée. Le long de ces pièces glissent des tiges de fer rond qui montent jusqu'au

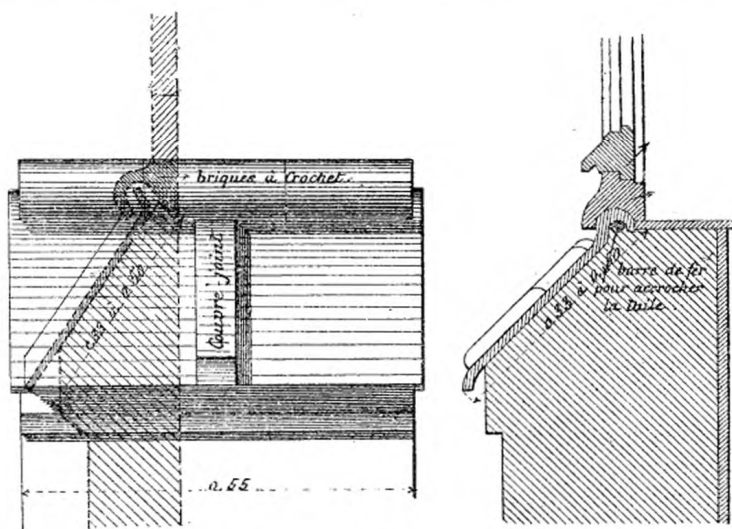


Fig. 264.

sommet de la mitre. Des étriers en fer reçoivent ces tiges qui sont filetées avec écrous. La figure donne le détail de cet emmanchement avec une variante suivant les circonstances. Les mitres peuvent être rectangulaires ou rondes, ajourées ou pleines.

#### CHÉNEAUX.

Les chéneaux peuvent être en terre cuite et se faire de différentes façons (fig. 266).

Le chéneau en *queue de vache* a une section rectangulaire. Son fond est dirigé parallèlement aux chevrons. Le côté intérieur est droit ; celui de devant est cintré et porte un parement extérieur orné. Pour empêcher le chéneau de glisser le long des chevrons, on se sert d'une patte qui, d'une part, vient se fixer entre deux parties de chéneaux au moyen d'un boulon de raccord, et, d'autre part, se visse sur le coyau. Le chéneau est formé par bouts successifs de 0<sup>m</sup>,50 à 0<sup>m</sup>,60 de longueur. Chaque bout se termine par une bride (fig. 266) qui sert à faire un assemblage étanche avec le bout suivant. Les deux brides qui se regar-



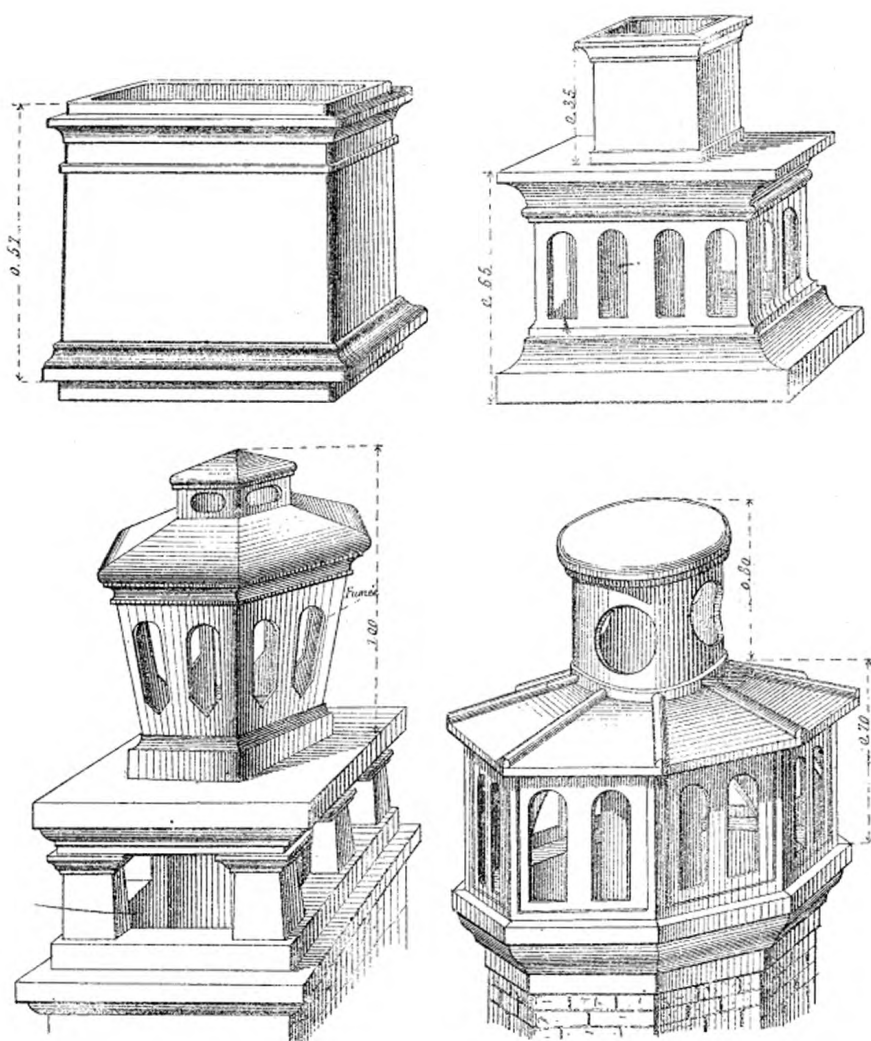


Fig. 265 (suite).

dent portent des rainures qui se correspondent. Dans ces rainures, on pose un tuyau en caoutchouc, on serre les brides au moyen de boulons convenablement disposés. La partie du chéneau qui correspond à la descente d'eaux pluviales porte un moignon venu au moule et comprenant une ouverture circulaire de  $0^m,03$  de diamètre environ.

On donne à ces chéneaux une hauteur d'environ  $0^m,20$  et une largeur

de 0<sup>m</sup>,16 à 0<sup>m</sup>,20. Le chéneau ne repose sur le coyau que par les extrémités inférieures de ses faces avant et arrière.

Si le chéneau doit être établi au-dessus d'une corniche de bâtiment

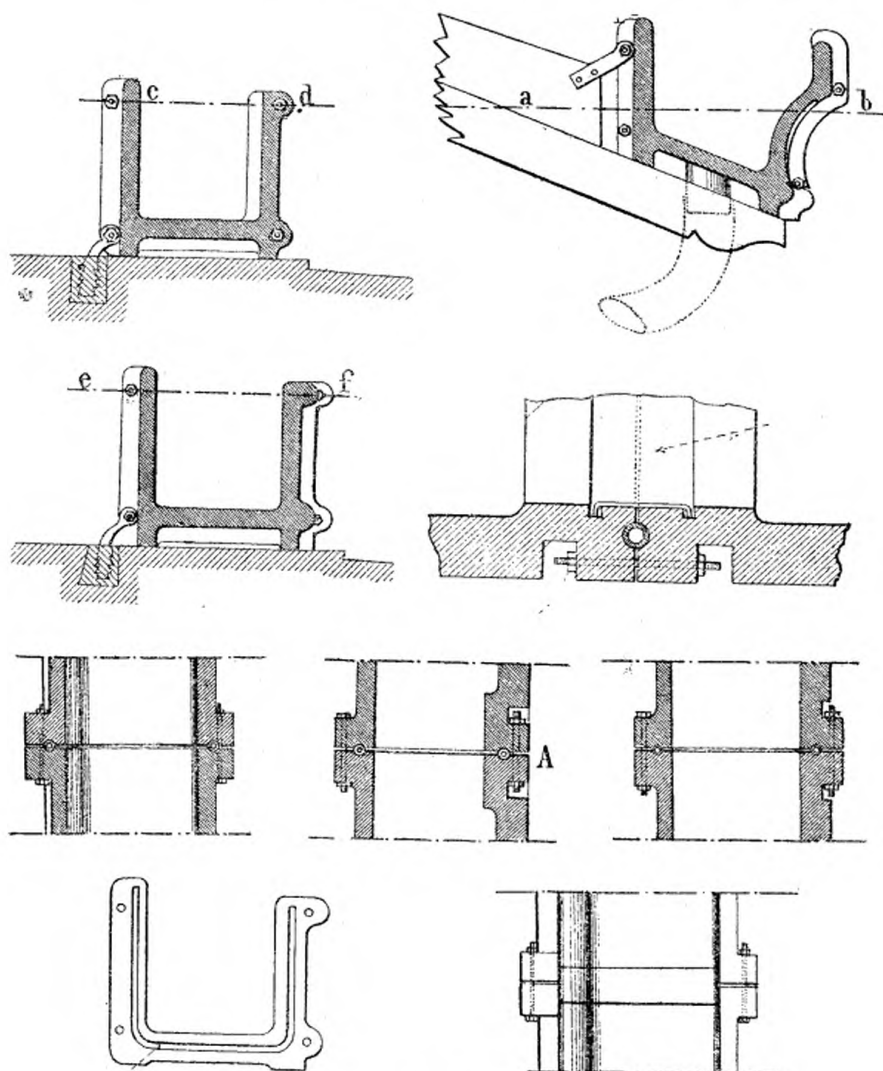


Fig. 266.

(fig. 266), le fond est horizontal et le bord de devant se redresse d'équerre sans affecter la forme curviligne.

Pour que les bouts de chénaux ne se dérangent pas, on les arrête de distance en distance par une patte qui vient se visser sur le chevron,

et qui est prise entre les boulons de serrage des deux parties de con-

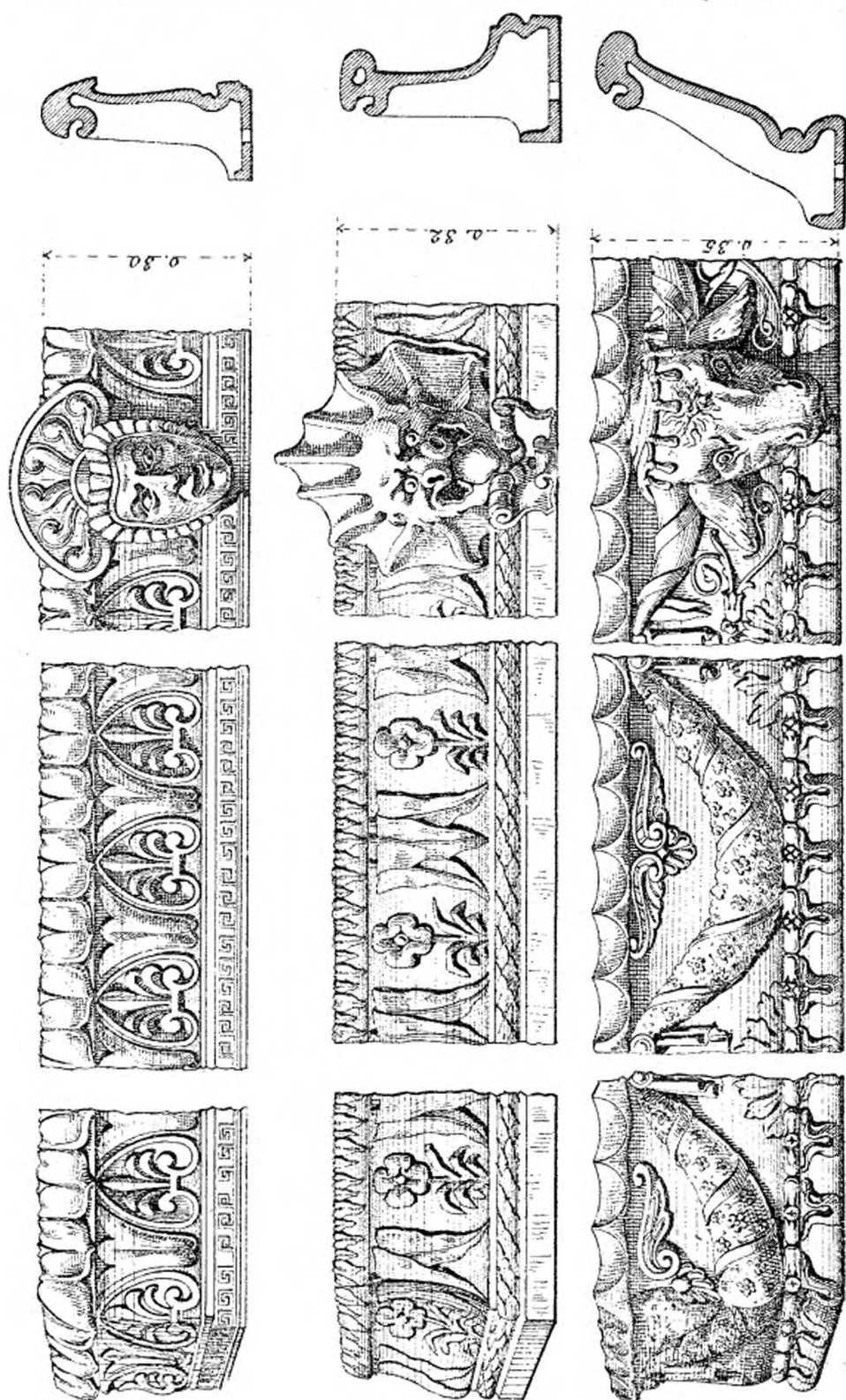


Fig. 267.

duites. Pour mieux maintenir le chéneau, on met souvent une deuxième patte à la partie inférieure. Cette patte se termine comme un boulon de scellement, et vient se fixer dans la corniche.

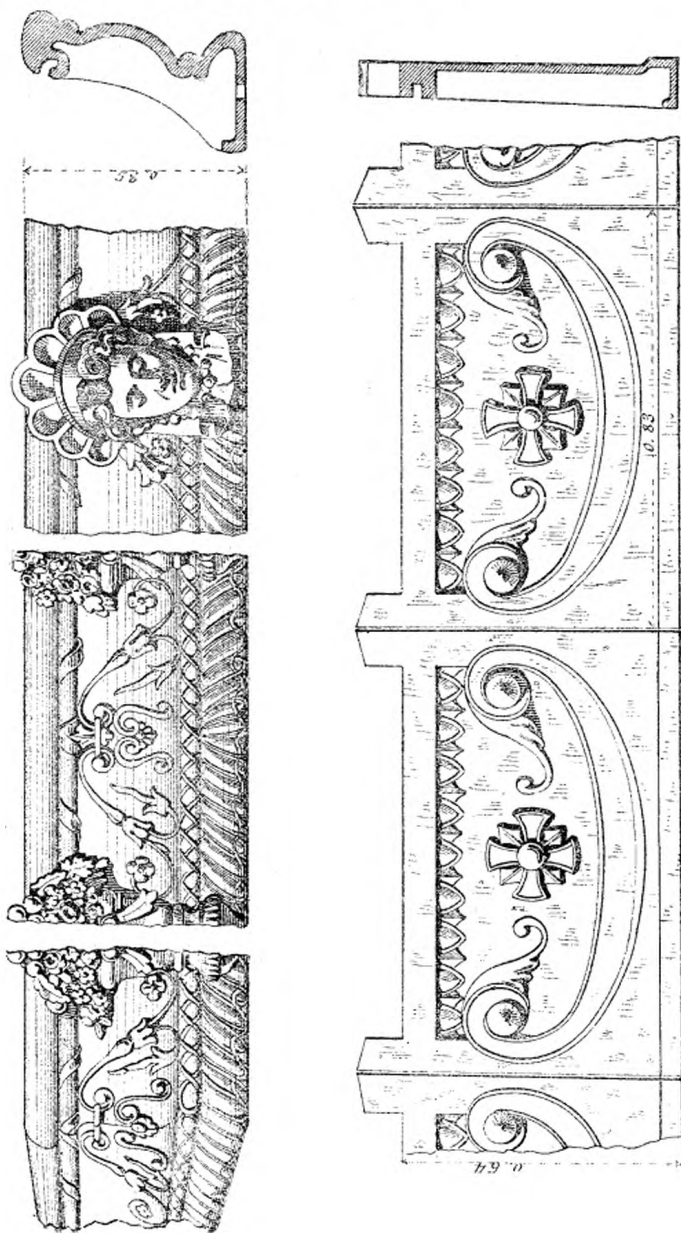


Fig. 267 (suite).

L'aspect des brides de raccord sur le parement extérieur du chéneau n'est pas toujours agréable à l'œil. Aussi a-t-on cherché à rentrer ces brides pour diminuer la saillie qui se trouve alors à l'intérieur du chéneau (fig. 266). La bride vient affleurer le parement extérieur du ché-

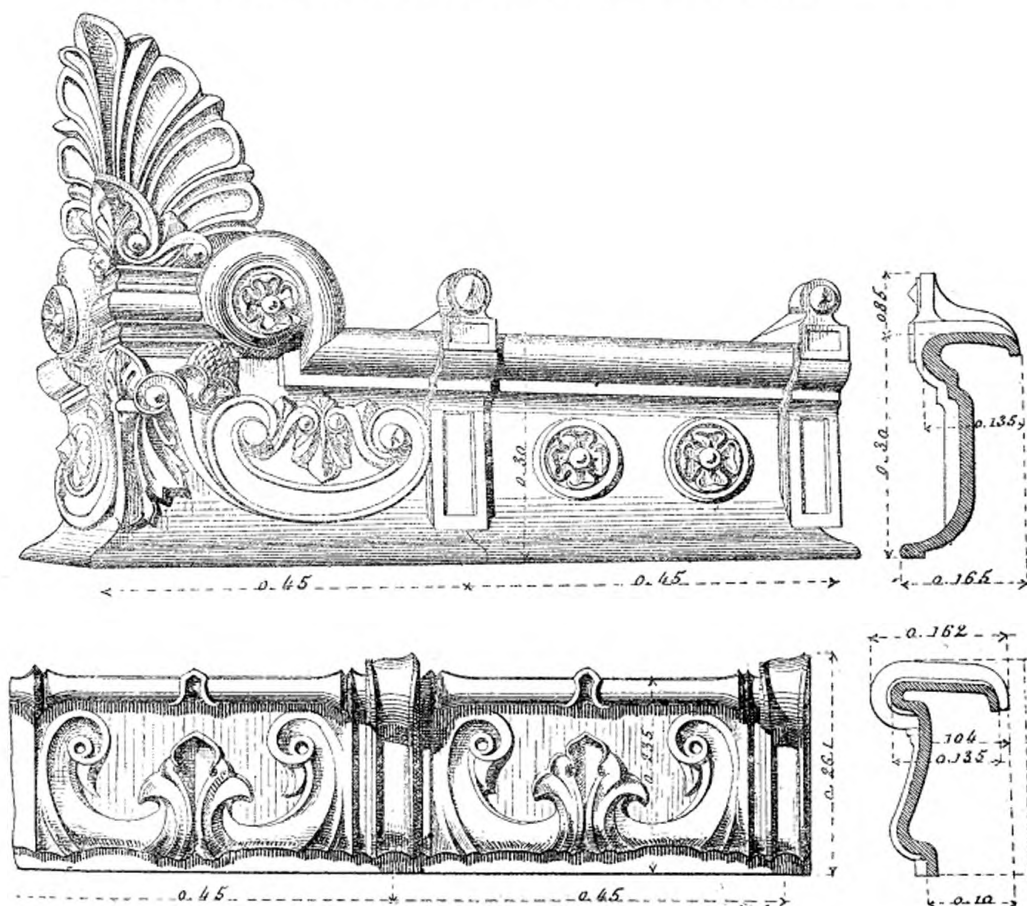


Fig. 268.

neau déterminant une encoche dans laquelle passent les boulons de raccord, et une saillie dans l'intérieur du conduit. Du côté du comble, les brides restent à l'extérieur.

Pour être entièrement à l'abri des infiltrations, on met à l'intérieur du canal, en plus du tuyau de caoutchouc, une bande de plomb qu'on engrave dans les encoches pratiquées dans la saillie du joint. On scelle au ciment. Le plomb passe sur le fond du chéneau et remonte le long de chacun des côtés.

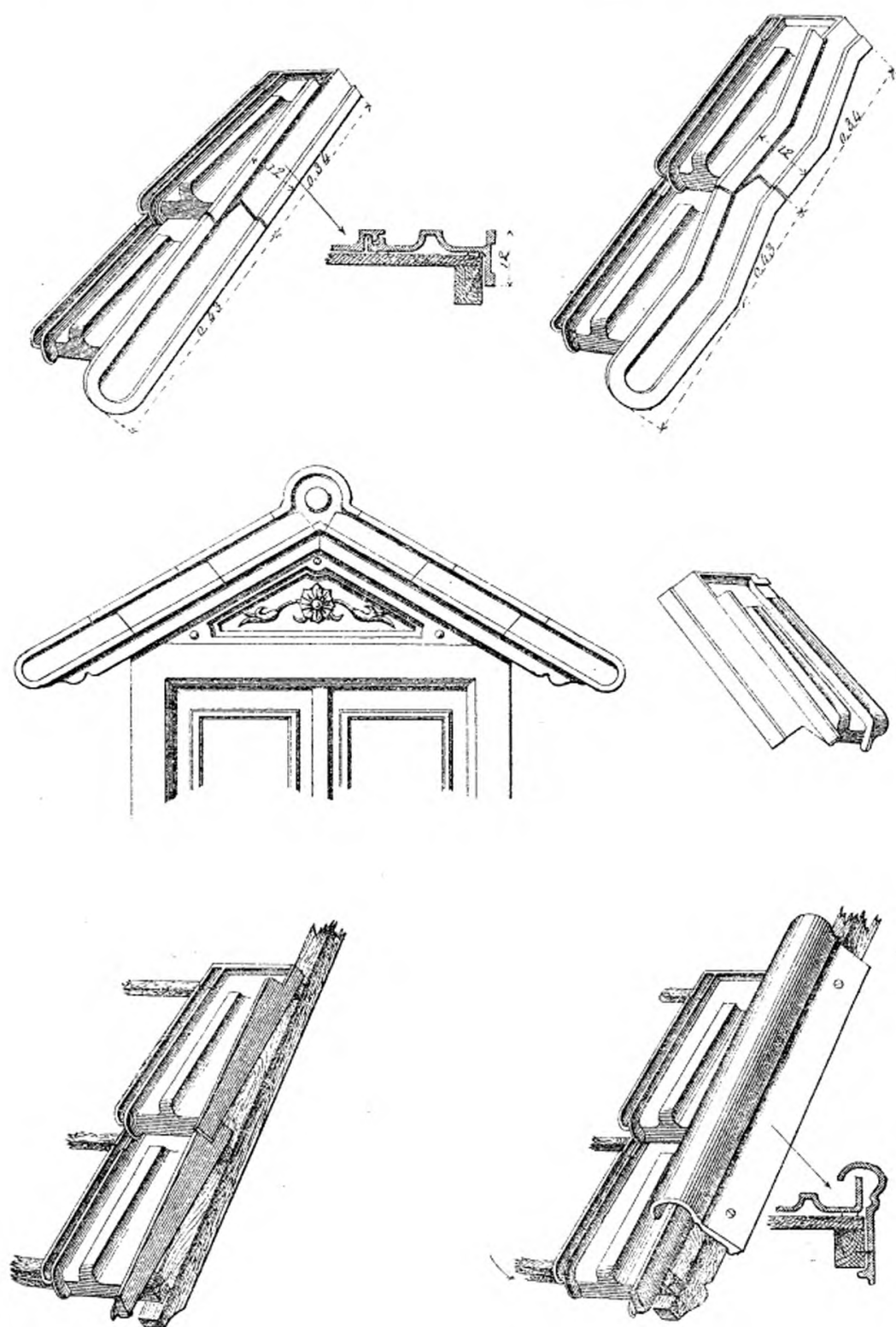


Fig. 269.

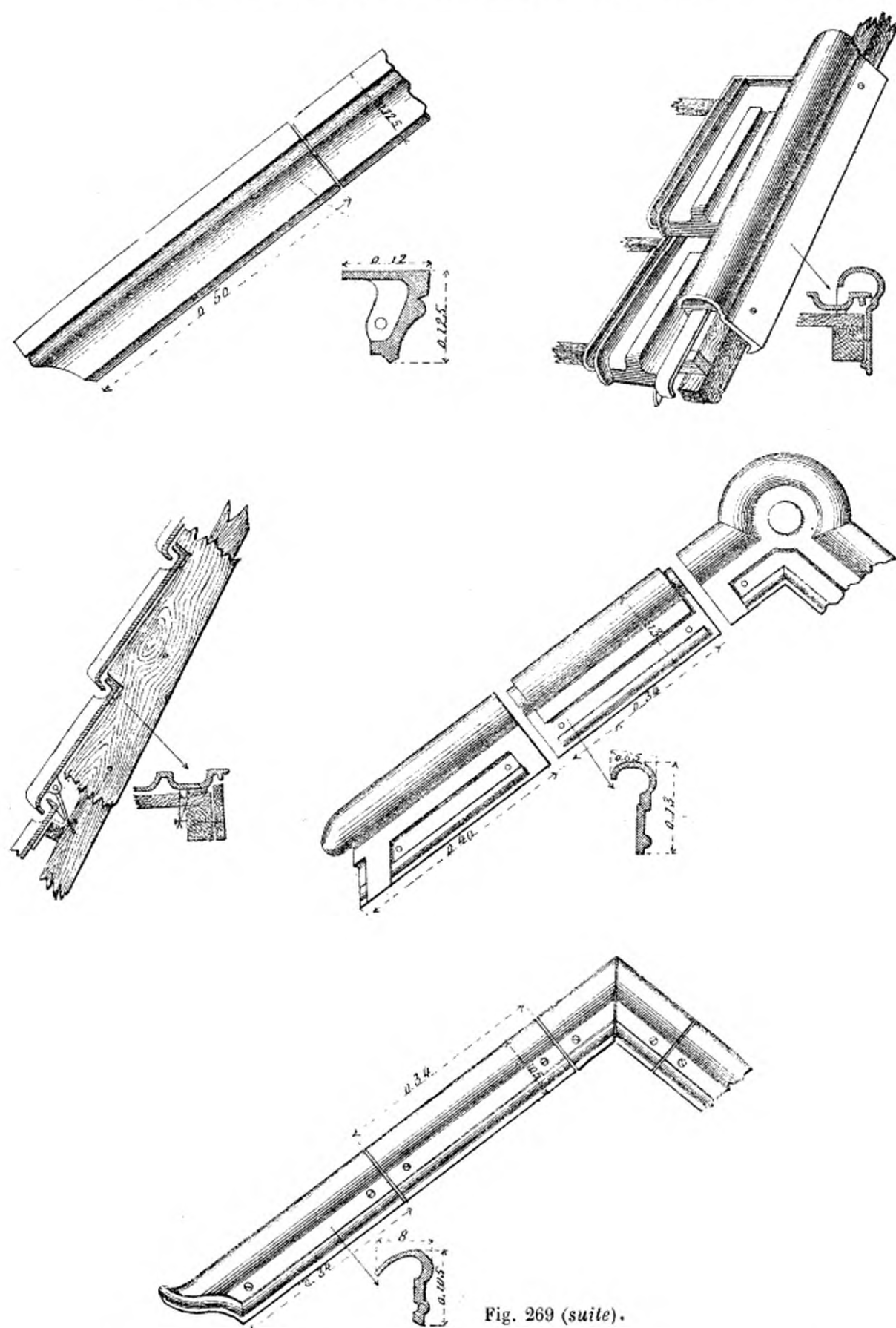


Fig. 269 (suite).

Sans employer un chèneau en terre cuite, on peut se contenter de remplacer seulement les devants de socle en planches des chéneaux ordinaires par des façades en terre cuite ornée (fig. 267). La garniture porte à sa base une nervure qui lui sert de pied et qui vient s'appliquer sur la face supérieure de la corniche. Des boulons à scellement servent à maintenir le socle.

On peut aussi conserver le socle en planches, contre lequel on applique la garniture en terre cuite. Cette dernière se fixe sur la planche à l'aide de vis. La partie supérieure se recourbe à angle droit, vient recouvrir le dessus du socle et redescend en larmier contre la bande de zinc qu'elle protège (fig. 268).

La fig. 269 donne différents exemples de tuiles, pour garnitures de rives et de frontons. Certaines de ces tuiles ont la même largeur et la même longueur que les tuiles ordinaires. Elles sont munies, à droite ou à gauche, d'une joue venue au moule qui a une hauteur de 12 cm ; et on les pose de façon que les joues descendent le long des chevrons de rives, les dépassant à la partie inférieure afin de les mieux protéger.

On fait aussi des garnitures de rives indépendantes des tuiles (fig. 269). La garniture présente à sa partie supérieure la forme d'un demi-cylindre qui vient recouvrir les tuiles, et à sa partie inférieure celle d'un rectangle qui longe les chevrons.

Les garnitures de rives peuvent aussi se faire en deux parties (fig. 269). La première partie est formée de tuiles de rives d'une forme spéciale. La deuxième portion est formée par une garniture de rive terminée à sa partie supérieure par un demi-cercle et à sa partie inférieure par un rectangle étroit.

Dans les frontons en terre cuite, il y a trois pièces distinctes : la pièce d'about qui termine les extrémités inférieures des deux rampants ; la pièce d'angle qui termine le faitage ; les pièces intermédiaires de rives. Ces différentes pièces sont posées l'une contre l'autre sans emboîtement ni recouvrement. Elles peuvent aussi s'emboîter les unes dans les autres. La pièce d'about (fig. 269) porte un renflement à son extrémité supérieure. Les pièces intermédiaires portent à leurs extrémités deux parties plus étroites formant tenons qui peuvent pénétrer dans le renflement de la pièce d'about.

Les pièces de fronton peuvent être aussi posées à scellement. Elles présentent alors une cavité inférieure dans laquelle on met le mortier.

Toutes ces garnitures de rives, pignons et frontons peuvent avoir toutes les ornementsations possibles.

## BALUSTRADES.

On fait aussi des balustrades en terre cuite, la fig. 270 en donne

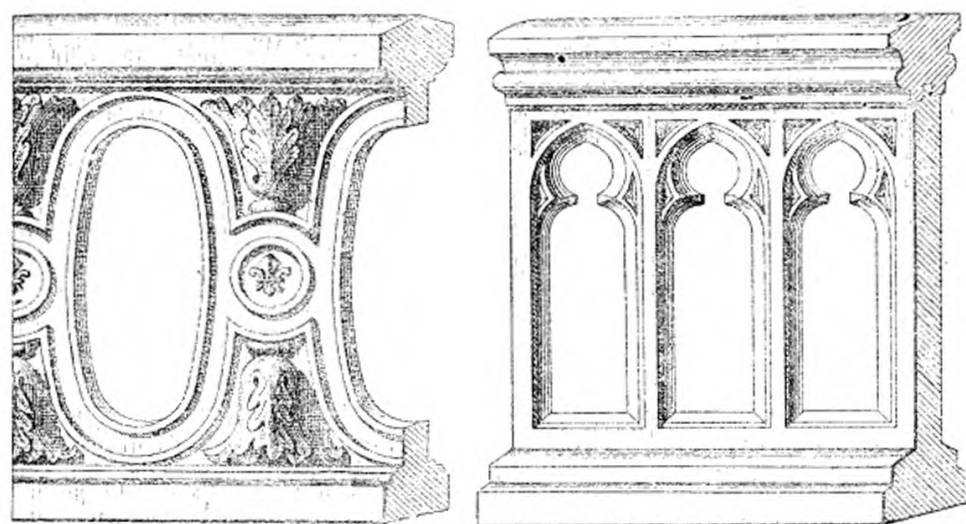


Fig. 270.

plusieurs exemples. Elles peuvent être en terre cuite blanche, pâle ou rouge, émaillées tout ou partie, ou simplement grisées.

## PIÈCES DIVERSES.

L'usine d'Ivry fabrique aussi des dessous de plafonds divers en terre cuite ornée. La fig. 271 donne le plafond en terre cuite de l'église Saint-Jean-Baptiste de Neuilly-sur-Seine. Ces pièces reposent sur des poutres et solives en fer. Les caissons ont 2<sup>m</sup>,50 sur 2<sup>m</sup>,50. Les arêtières sont creux, et les remplissages comprennent des briques creuses spéciales à rainures et languettes, dont nous avons déjà parlé plus haut.

Le dôme de cette église est également en terre cuite (fig. 272). Les arêtières, de même espèce, reçoivent comme remplissage de tympan des briques creuses spéciales à rainures et à languettes. La retombée des arcs doubleaux et des arêtières est formée de pièces creuses appliquées contre la maçonnerie. Au-dessus du dôme se trouve une partie à jour, et la clef est formée d'un pendentif orné.

La lapinière du Jardin d'Acclimatation est formée de huit cases (fig. 273) appliquées contre un mur de clôture. Elle est construite en briques ordinaires avec mortier de ciment. Contre ces briques on a

appliqué des terres cuites ornées. Les planchers et séparations sont faits en dalles de sable et ciment.

Dans différentes places publiques on a construit des vespasiennes en terre cuite ornée avec parois lisses sans enduit permettant l'affichage (fig. 274). Les socles de ces édicules sont en pierre ou ciment.

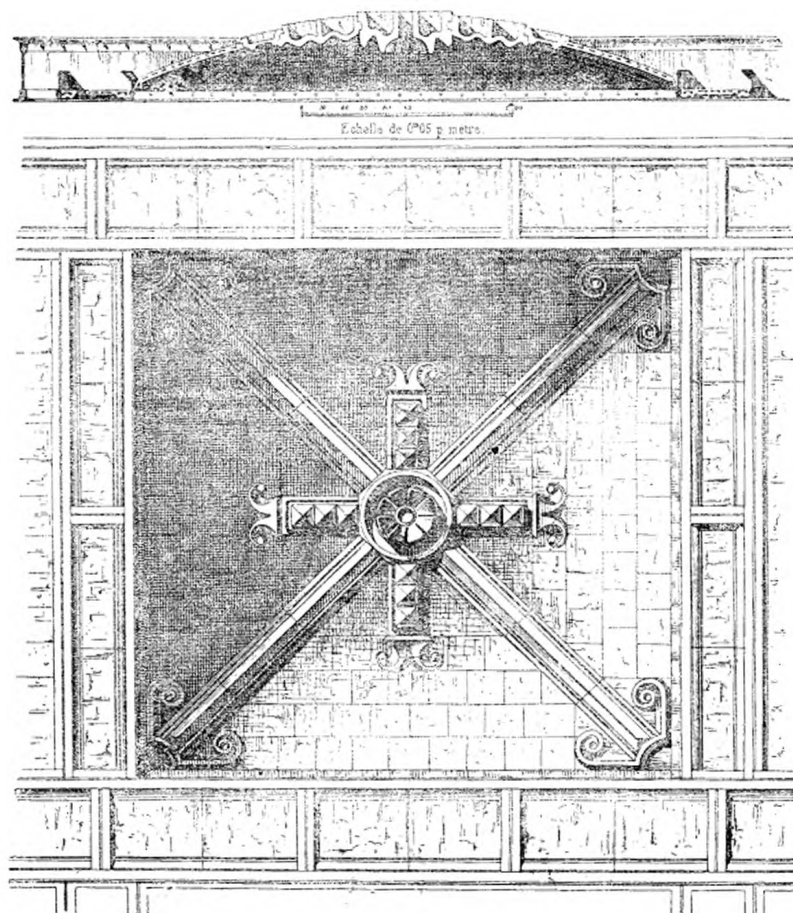


Fig. 271.

Le même système de construction a été appliqué à l'établissement de réservoirs et greniers conservateurs (fig. 274). Ces greniers en terre cuite sont divisés par des cloisons en plusieurs compartiments. Un système de tarare et de chaîne à godets permet le vannage et le transva-

sement d'un compartiment dans l'autre. Le tout est parfaitement fermé et clos, par conséquent à l'abri de la malveillance et des animaux. On

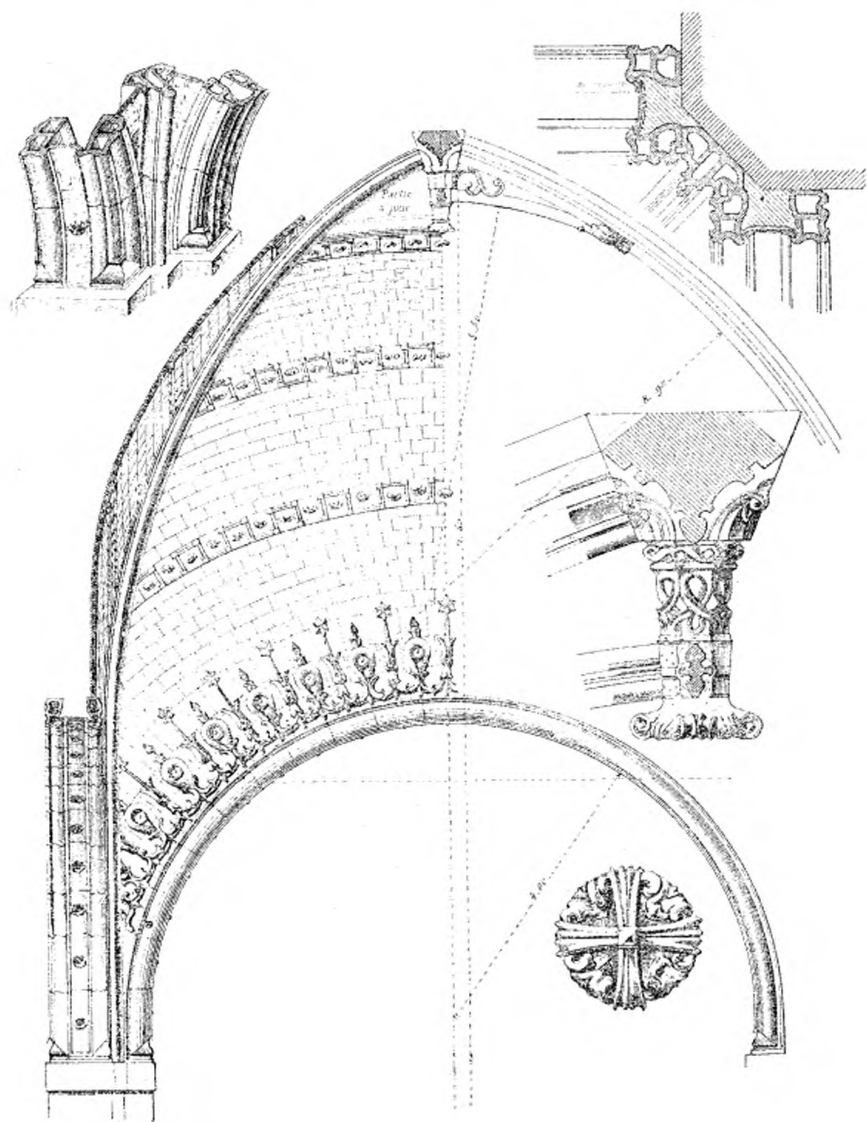


Fig. 272.

peut aussi mettre ces sortes de construction à l'air libre. L'emmagasinage se fait en versant le blé en A dans une trémie (fig. 274). Il se monte par une chaîne à godets.

Nous avons dit plus haut que la maison Muller avait représenté à

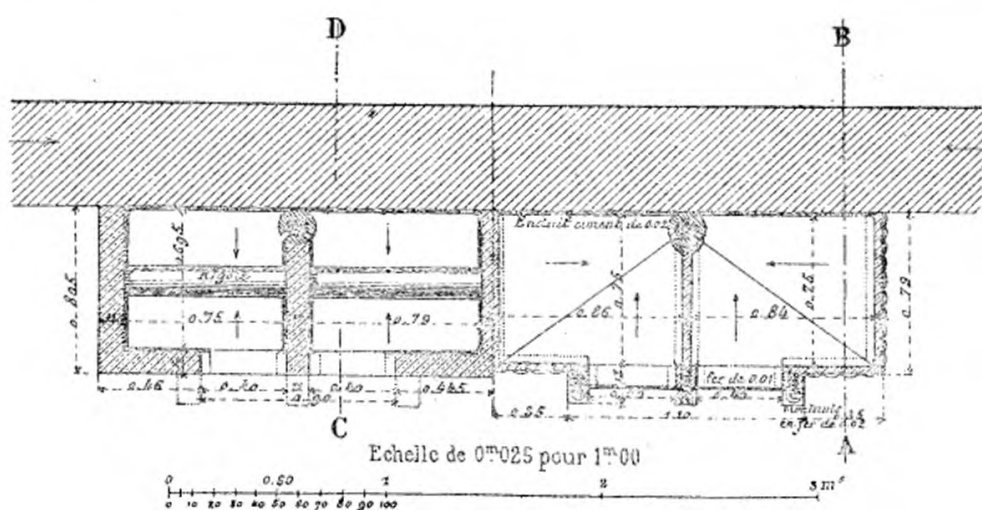
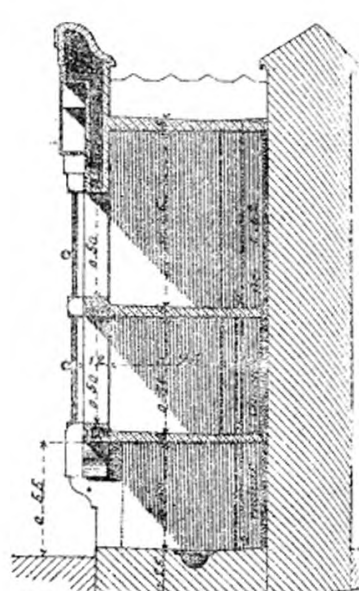
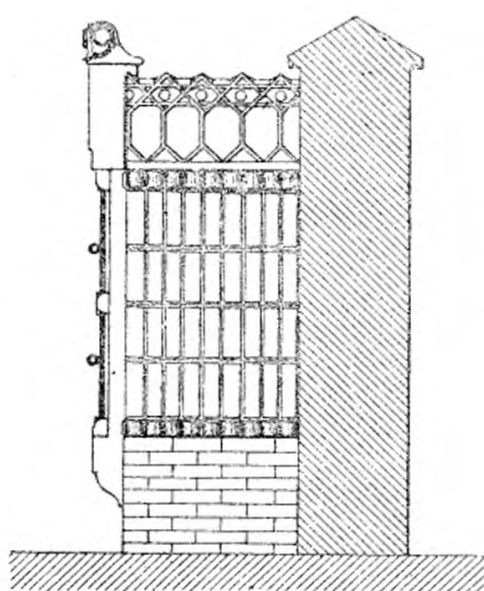
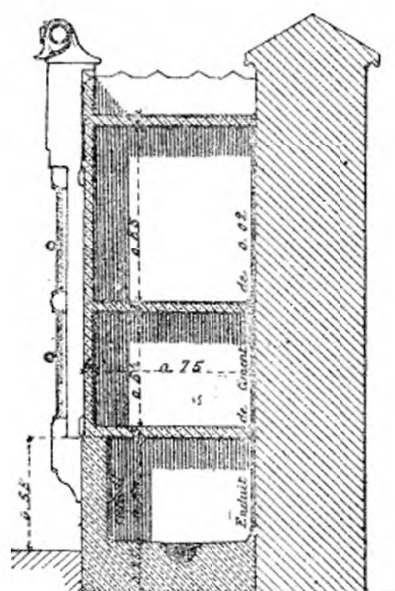
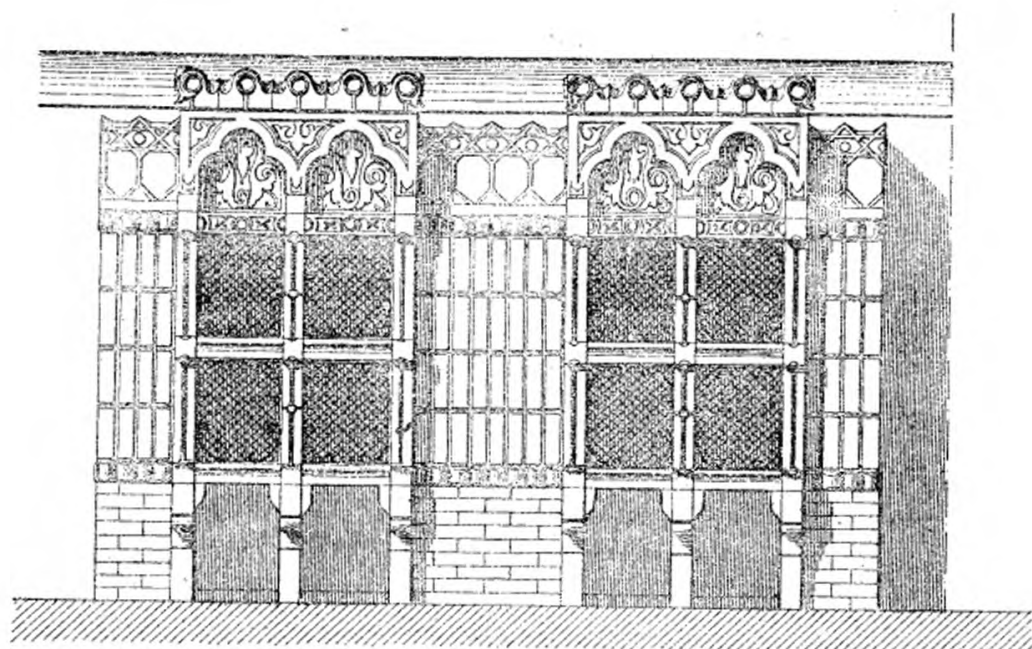


Fig. 273.

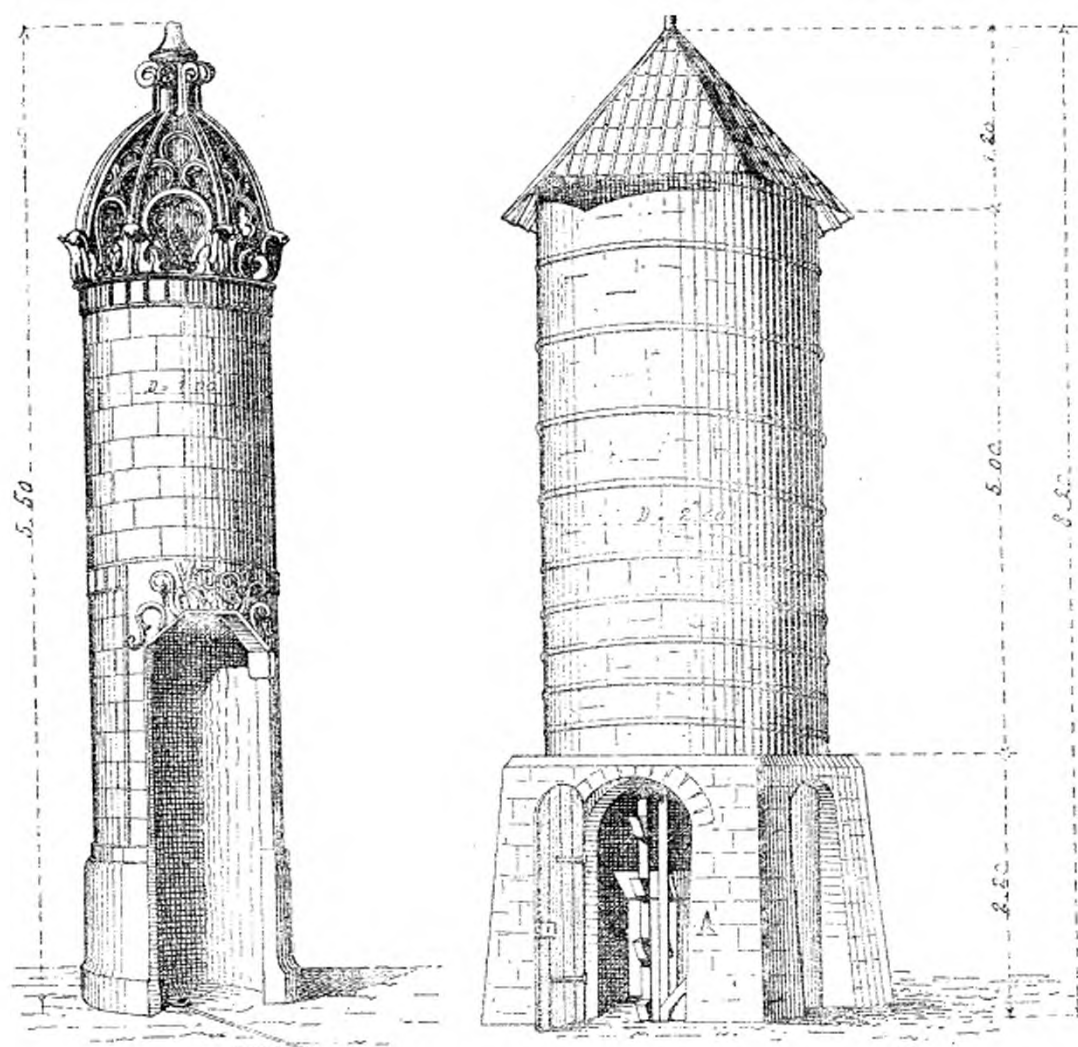


Fig. 274.

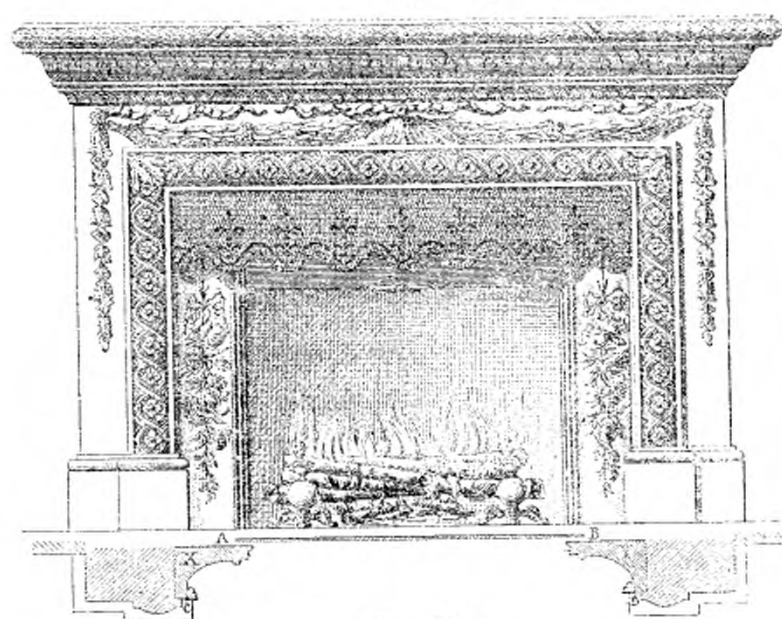


Fig. 275.

l'Exposition de 1900, des modèles de cheminées. Les intérieurs décoratifs de ces dernières sont composés de deux montants d'une seule pièce chacun. Ces montants sont profilés comme l'indique le plan de la fig. 275, ou suivant la demande. Ils sont décorés de dessins en gravure ou en

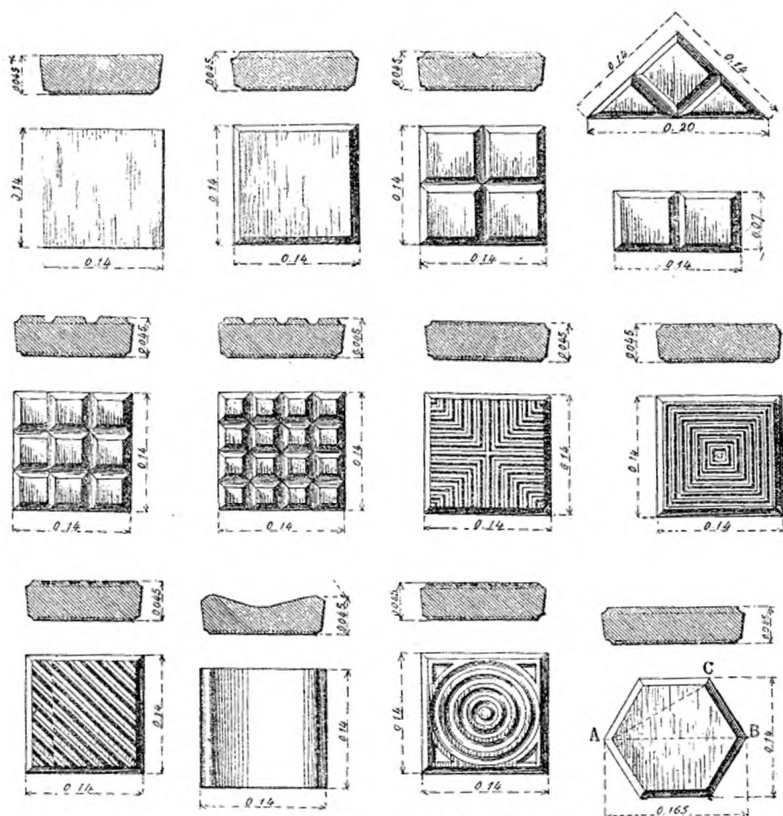


Fig. 276.

relief émaillés tout ou partie, et peuvent ainsi s'harmoniser avec l'ensemble de l'ameublement tout en laissant leur valeur aux lignes de la cheminée, qu'elle soit en pierre, en marbre ou en bois. Ces intérieurs nouveaux évitent la lourdeur et la tristesse d'aspect des intérieurs en fonte et la monotonie des plaques blanches ou colorées et des petits carreaux. La pièce formant traverse supérieure est remplacée par un lambrequin en toile métallique spéciale, sur lequel on peut, sans crainte

du feu, adapter un lambrequin de broderie, de tapisserie ou autre. Au besoin, le lambrequin métallique peut rester tel.

Disons enfin, en terminant, que la maison Muller exposait également ses pavés céramiques (fig. 276) de toutes formes. Quand ces pavés doivent être employés au passage des chevaux, leur composition est spécialement rugueuse et ne prend pas le poli. Le granit moucheté a l'avantage de n'être pas salissant comme les tons unis clairs; c'est pourquoi on fabrique beaucoup de pavés ayant cet aspect.

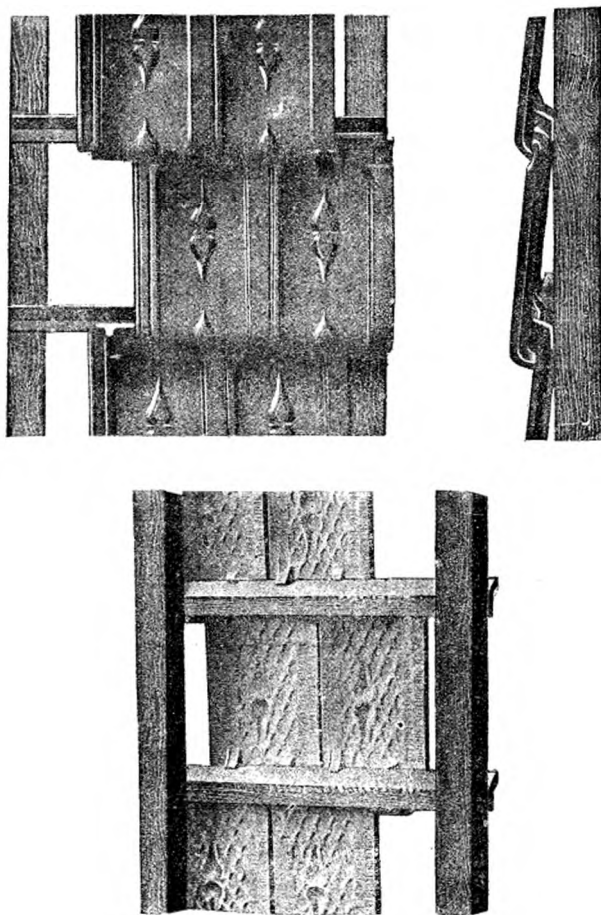


fig. 277

B. — PRODUITS CÉRAMIQUES DE LA SOCIÉTÉ DES TUILERIES MÉCANIQUES  
DU BERRY ET DE BORDEAUX.

La Société des tuileries mécaniques du Berry et de Bordeaux, exposait différents échantillons de ses produits. Citons entre autres la *tuile à talon* de M. Janoyer, de Taverny (Seine-et-Oise).

Cette tuile (fig. 277) peut se poser sur charpentes en bois ou en fer, sur toutes les pentes, même verticalement. Elle est la seule qui puisse être employée pour les toits à la Mansard. Elle peut aussi servir aux revêtements des murs, costières de lucarnes ou avant-corps.

Comme son nom l'indique, elle est munie à sa partie inférieure de deux talons qui lui permettent de s'appuyer sur les lattes, et pour le reste, elle est comme les tuiles Muller à revêtement et à emboîtement.

Dans les charpentes en fer, elle se pose sur un simple fer cornière ouvert, sans qu'on ait à percer des trous dans ce dernier.

Avec cette tuile, on peut donner aux chevrons un écartement de 0<sup>m</sup>,66 au lieu de 0<sup>m</sup>,33 d'axe en axe. Les liteaux sont écartés de 0<sup>m</sup>,36 d'axe en axe. La longueur de ces derniers, en bois comme en fer, est, par mètre carré, de 3 m.

C. — PRODUITS CÉRAMIQUES DE LA TUILERIE MÉCANIQUE  
DE JEANDELAINCOURT.

Cette usine exposait ses produits dans les pavillons de l'esplanade des Invalides, à l'Exposition de 1900. Il y avait surtout à remarquer une tuile à double emboîtement et à double mouvement.

Cette tuile (fig. 278) présente à sa surface deux canaux parallèles, très creux, séparés par une nervure en dos d'âne. La forme moulurée de cette nervure augmente la section d'écoulement, tout en aidant à rendre la tuile très résistante, malgré sa légèreté.

Elle présente, de plus, un *double emboîtement* sur le côté (fig. 279) et un *double recouvrement* à la tête qui assurent l'étanchéité absolue de la couverture. Le double emboîtement latéral a surtout pour but d'éviter les *gouttières* qui se produisent si fréquemment par les temps d'orage avec les tuiles ordinaires, dont l'emboîtement latéral laisse souvent à désirer.

La rainure qui existe sur le côté gauche de la tuile (fig. 279) présente un petit escalier *d* qui empêche l'eau, en entrant de venir fouetter directement le fond *b* de cette rainure. Cette eau se brise une première fois

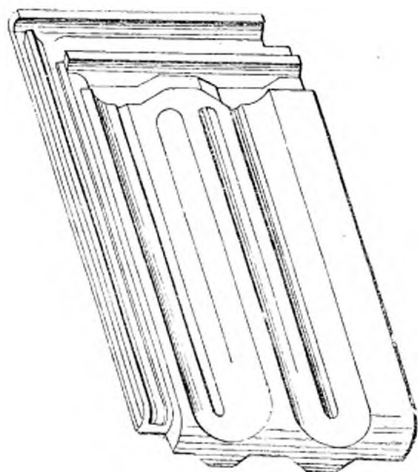


Fig. 278.

en *d* et rejaillit contre la nervure *e* qui la brise une seconde fois ; elle est ainsi brisée dans deux directions perpendiculaires et tombe enfin dans la rigole *b* où tout mouvement d'agitation a cessé. Cette rigole *b*

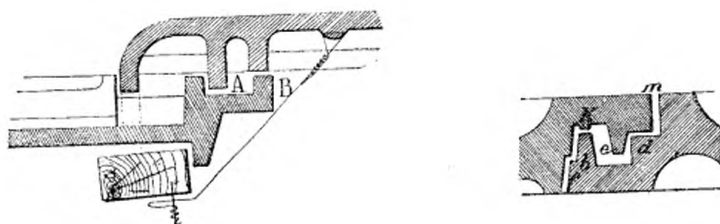


Fig. 279.

présente une section sensiblement plus grande que celle de la fente d'entrée *m*, et l'extrémité inférieure de la nervure *e* est à une certaine distance du fond *b* en sorte que l'eau s'écoule facilement sans jamais dépasser le niveau supérieur de la nervure limitant la rigole *b* à l'extérieur. La nervure *e* ne touchant pas le fond de la rigole *b*, on évite les effets de la capillarité le long de cette nervure. L'épaulement *f* a pour but de soulager la partie faible *k* de la tuile, lorsqu'elle vient à être chargée d'un poids anormal.

La tuile, avons-nous dit, est à double recouvrement. Elle porte deux nervures transversales (fig. 279) à chacune de ses extrémités, en sorte que, lorsque la tuile supérieure recouvre la tuile inférieure, ces quatre nervures constituent quatre obstacles à l'entrée de la neige et des poussières.

Cette tuile, enfin, porte sur sa face intérieure, une saillie percée d'un trou dans lequel on peut passer un fil de fer qu'on attache aux lattes, comme il est indiqué à la fig. 279. Il convient d'employer ce dispositif dans les pays exposés aux grands vents; il suffit de fixer cinq tuiles par mètre carré.

Ces sortes de tuiles peuvent se poser droites, c'est-à-dire à joint vertical continu, mais il est préférable de les poser à joint vertical discontinu; l'emboîtement latéral de chaque tuile débouche alors au milieu d'une tuile de la rangée inférieure et l'eau de chaque joint peut s'écouler librement sur les tuiles inférieures, sans occasionner de *gouttières*. Cette pose des tuiles à joint vertical discontinu exige, pour les couvertures soignées, des demi-tuiles. Ces dernières s'emboîtent indifféremment à droite ou à gauche.

La surface de ces tuiles à double emboîtement et à double recouvrement est horizontale lorsque l'inclinaison de la toiture est de 11 cm par mètre. En raison des points étanches que présente une toiture couverte avec ces tuiles et en raison aussi de la facilité d'écoulement de l'eau dans les canaux très creux qui sillonnent la toiture, on peut se contenter de pentes moins fortes que celles nécessitées par l'emploi des tuiles ordinaires.

Lorsque la longueur de pente ne dépasse pas 4 à 5 m., une pente de 20 cm par mètre est suffisante. Pour une longueur de pente dépassant 7 mètres, il faut comme minimum une pente de 30 cm par mètre et s'en tenir, autant que possible, à celle de 40 cm par mètre.

La tuile se fait aussi à *triple* recouvrement et à double emboîtement.

Des expériences ont été faites au laboratoire des Ponts et Chaussées sur la pososité de ces tuiles. Elles ont été desséchées à l'étuve à la température de 30 à 35° centigrades puis pesées exactement; elles ont été ensuite imbibées en les immergeant graduellement dans l'eau, et en les y laissant séjourner pendant 24 heures; puis pesées de nouveau, on a obtenu les résultats suivants :

Moyennes	{	Poids des tuiles après dessiccation . . . .	2 <sup>k</sup> ,549
		— — imbibition de 24 heures . . . .	2 <sup>k</sup> ,832
		Proportion pour cent en poids d'eau absorbée . . . .	11 <sup>k</sup> , 1 0/0

Pour la perméabilité, on avait procédé de la façon suivante : Sur la face supérieure de chaque tuile, imbibée d'eau par immersion pendant 24 heures, on avait scellé un tube de verre de 35 mm de diamètre intérieur et de 10 cm de hauteur rempli d'eau. Les tuiles ont été placées dans une atmosphère saturée d'humidité ; la quantité d'eau ayant traversé chaque tuile en 24 heures n'a pas été appréciable.

Pour les expériences de rupture à la flexion, on a monté sur la face inférieure des tuiles deux bandeaux de ciment de un centimètre de largeur disposés dans le sens de la largeur, aux emplacements où repose la tuile en place, et espacés intérieurement de 0<sup>m</sup>,30. On a monté également sur la face supérieure un bandeau de 0<sup>m</sup>,01 de largeur, disposé dans le sens de la largeur de la tuile, au milieu de l'écartement des bandeaux de la face inférieure. La résistance a été déterminée en faisant reposer chaque tuile sur les deux bandeaux de la face inférieure et en appliquant en son milieu, sur le bandeau de la face supérieure, une charge statique croissant régulièrement. Trois de ces tuiles ont été expérimentées à l'état d'imbibition après avoir été conservées dans l'eau pendant huit jours ; les trois autres l'ont été après dessiccation obtenue par exposition pendant huit jours à l'air libre.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

Numéros des tuiles	DIMENSIONS DES TUILES			DISTANCE entre les points d'appui	Charge totale ayant produit la rupture des tuiles à l'état	
	Longueur	Largeur	Epaisseur		Desséché	Imbibé
4	0 <sup>m</sup> ,404	0 <sup>m</sup> ,218	0 <sup>m</sup> ,0083	0 <sup>m</sup> ,30	»	350 k
5	0 406	0 221	0 0082	0 30	»	375
6	0 402	0 220	0 0085	0 30	»	390
10	0 403	0 221	0 0080	0 30	300 k	»
11	0 401	0 221	0 0087	0 30	360	»
12	0 405	0 221	0 0082	0 30	345	»

Trois tuiles ont été soumises aux essais de gélivité. Ces tuiles, après avoir été imbibées d'eau par immersion pendant 24 heures, ont été sciées chacune en quatre parties égales dont les faces de sciage ont été aussitôt recouvertes d'une mince couche de cire et maintenues sous l'eau de manière à conserver le même degré d'imbibition.

Les éprouvettes ainsi préparées ont été soumises à 23 gels et dégels successifs. On les exposait pendant quatre à cinq heures à une tem-

pérature de 10° à 20° centigrades ; puis on les laissait à l'air pendant une heure environ à la température de la salle d'expériences et on les conservait ensuite : moitié sous l'eau, moitié à l'air humide, jusqu'à ce qu'elles puissent de nouveau être soumises à l'action du froid. Après ces 25 gels et dégels successifs tous les morceaux de tuiles n'avaient perdu aucun éclat à leur surface et paraissaient intacts.

#### D. -- PRODUITS DE LA GRANDE TUILERIE PARISIENNE.

Dans l'exposition de la Grande Tuilerie Parisienne d'Ivry-sur-Seine, il y avait à remarquer : les briques-panneaux, les briques moellons, les bardeaux creux et enfin les tuiles isolantes.

Sous le nom de *brique-panneau*, la Société fabrique des briques creuses de dimensions assez grandes qu'on peut employer en mettant la grande face en parement vu, ce qui permet de donner de la variété et de l'alternance à la hauteur des assises (fig. 280).

Les *briques-moellons* sont destinées à des constructions légères, clôtures de jardins, murs de serres ou de dépendances. Elles sont montées à la filière avec des creux dont la grande section montre la précision du travail (fig. 280). Leurs lits sont rustiqués par des cannelures et leur parement parfaitement dressé pour rester apparent. Elles ont 0<sup>m</sup>,33 de long sur 0<sup>m</sup>,22 d'épaisseur et le mètre superficiel ne pèse que 190 kg. Enfin, le grand volume d'air contenu dans leurs canaux, a, pour les serres, le grand avantage de les protéger contre les variations de température et par conséquent de diminuer la dépense de chauffage.

Pour couronner les murs de clôture ainsi construits, l'usine fabrique des chaperons creux, moulurés avec couvre-joints décoratifs dont l'emboîtement, avec les éléments du chaperon, dispense de tous scellements.

Les *bardeaux creux* sont un emploi des tuiles isolantes, dont nous parlerons plus loin. Il n'y a pas de crochet (fig. 281) et l'air circule librement dans les carreaux. Posés sur tasseaux entre chevrons, ou remplissages, ils remplacent le hourdis des planchers et par leur couleur et leur aspect décoratif ils sont, dans beaucoup de cas, préférables aux plafonds en plâtre. Enfin, leur qualité isolante protège les intérieurs contre les variations de température. Elles pèsent 38 kg. par mètre carré.

La *tuile isolante* est constituée par deux parois minces (fig. 282) espacées de 3 cm environ et réunies, comme dans une brique

creuse, par des cloisons longitudinales. Du côté du pureau, les deux parois se rapprochent, se soudent, fermant de ce côté les vides inté-

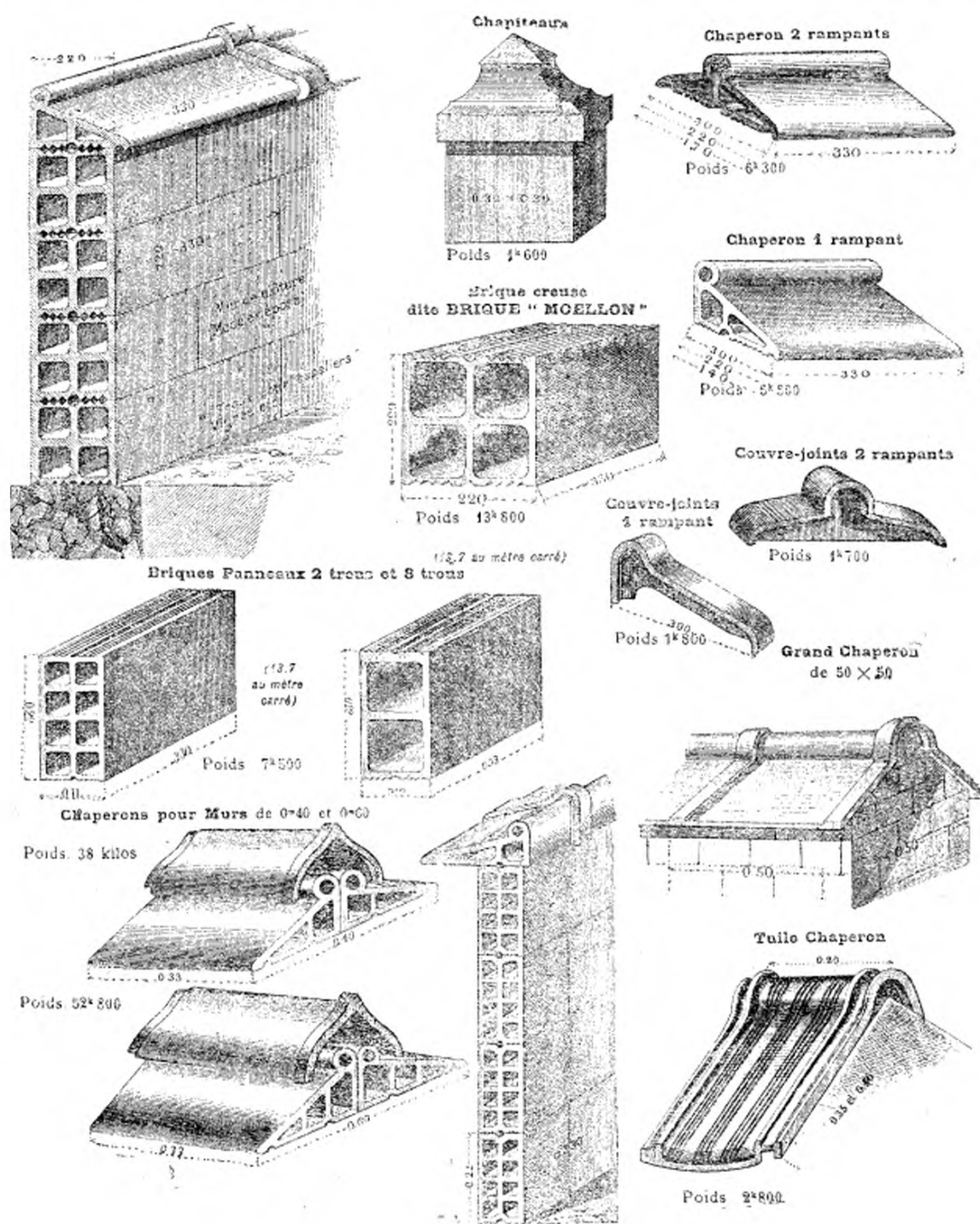


Fig. 280.

rieurs qui restent ouverts à l'autre extrémité de la tuile, c'est-à-dire vers le faitage.

De cette répartition de la matière, résultent divers avantages. La tuile

est légère. Elle est parfaitement cuite dans toutes ses parties, qui sont d'égale épaisseur. Elle est bien plane, et, par suite, les emboitements

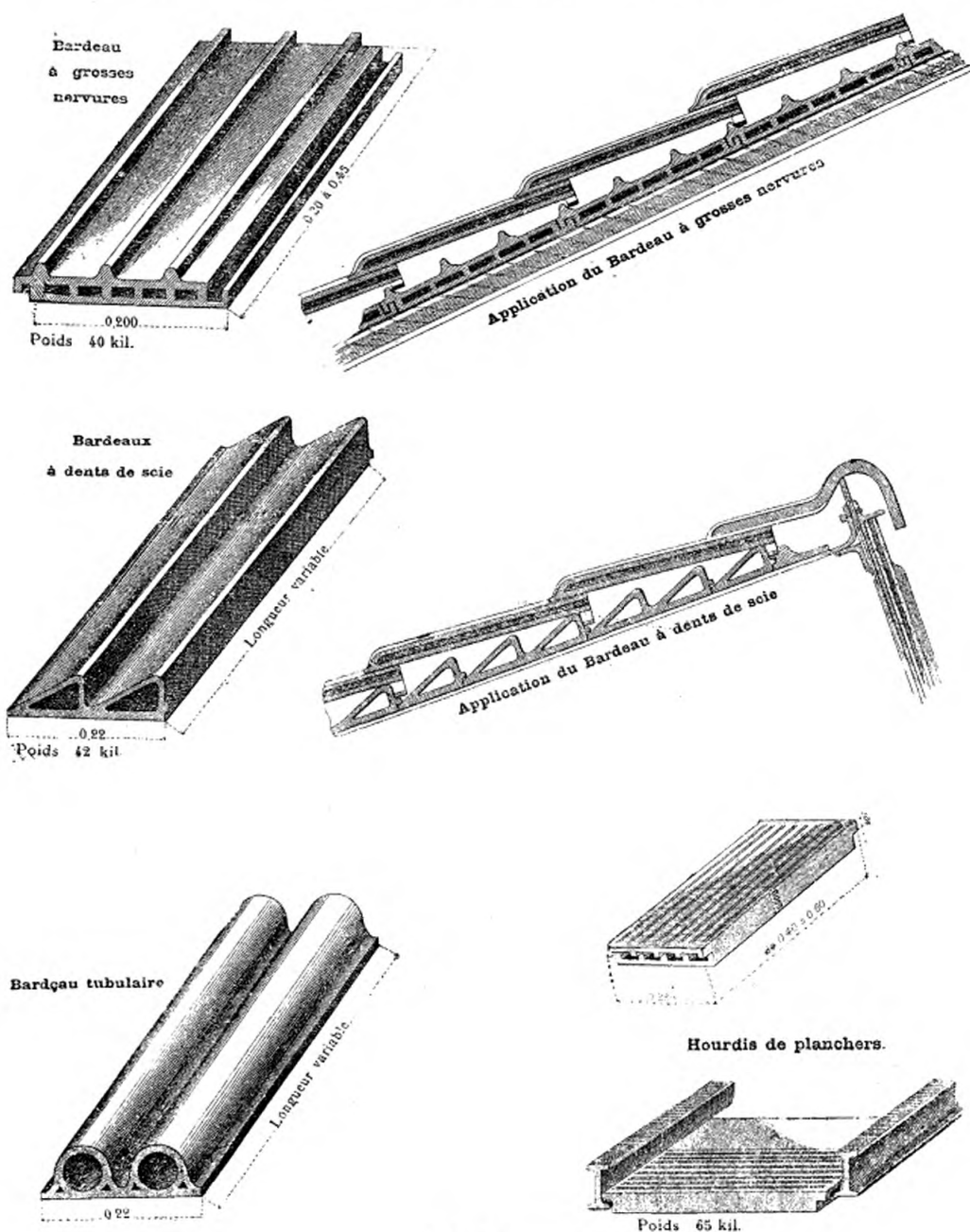


Fig. 281.

latéraux se font bien. Sa conductibilité est faible. Sa résistance à la flexion est relativement considérable. Nous donnons ci-des-

sous un extrait du procès-verbal des expériences faites sur l'immersion et la résistance à la rupture par flexion et à l'écrasement des tuiles isolantes.

CONSERVATOIRE NATIONAL  
des  
ARTS ET MÉTIERS

*Extrait du procès-verbal des expériences  
faites sur l'immersion et sur la résistance  
à la rupture par flexion et à l'écrasement  
des tuiles isolantes.*

Tableau des pesées successives de la tuile creuse isolante maintenue immergée constamment du 11 avril au 18 novembre 1893 (221 jours).

Immersion. — Poids avant l'immersion . . . . .		3.080 grammes	
		Absorption :	
Poids après l'immersion	Du 11 avril au 19 avril . . . . .	8 jours	3.305 gram. 225 gram.
	— 20 avril — 4 mai . . . . .	15 —	3.335 — 30 —
	— 5 mai — 8 juin . . . . .	35 —	3.375 — 40 —
	— 9 juin — 3 août . . . . .	56 —	3.413 — 38 —
	— 4 août — 18 nov. . . . .	107 —	3.454 — 39 —
		221 jours	Totaux. . 372 gram.

Résistance. — Les essais de flexion sur les Tuiles creuses isolantes ont été faits au moyen d'une presse hydraulique à 4 cylindres, munie d'un manomètre très sensible, leur face de revers étant, dans chaque cas, supportée sur toute sa largeur par deux tasseaux parallèles, d'environ  $0^m,03 \times 0^m,03$  de section, distants de  $0^m,30$  d'axe en axe, et dont l'un était disposé au contact du crochet d'attache de la tuile.

On a varié l'essai en exerçant jusqu'à rupture complète une pression progressive.

*Résultats obtenus :*

DÉSIGNATION des produits	POIDS	CHARGES DE RUPTURE évaluées en kilogrammes et appliquées	
		Transversalement à la tuile, en son milieu, sens de la longueur	Par répartition uniforme sur la face supérieure
	kg.	kg.	kg.
Tuiles grises dites grées . . . .	3 037	246 »	303 »
— roses dites ordinaires . . . .	3 066	273 »	404 »

L'usine fabrique aussi des tuiles à double attache pour ports de mer et expositions à de grands vents. La fig. 283 donne les détails d'une

de ces tuiles. La tuile comporte un nez creux fixé aux lattis par une

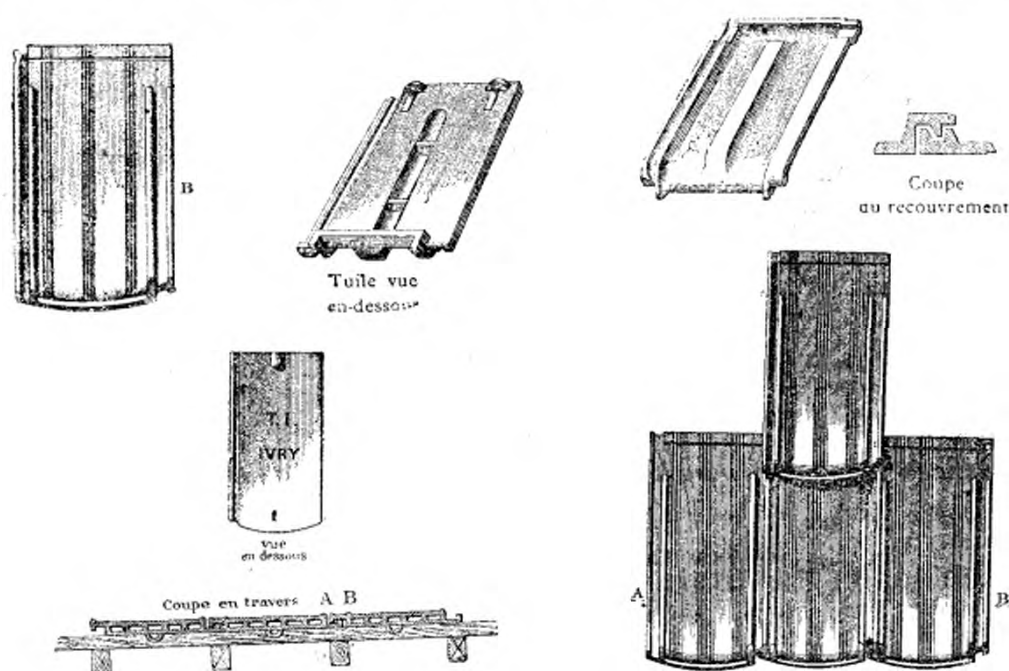


Fig. 282.

pointe. Une petite ouverture E pratiquée sur la partie inférieure de la tuile permet de la relier avec la suivante au moyen d'un simple crochet

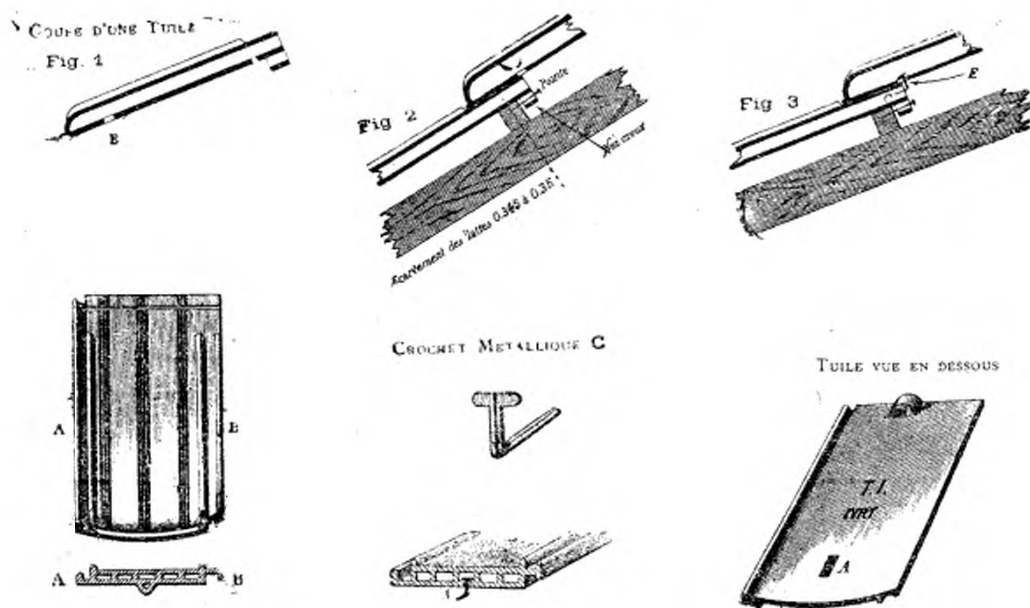


Fig. 283.

métallique. C. — Le lattis de la couverture est posé de 34 à 35 cm d'axe en axe des lattes.

## E.— Produits céramiques et réfractaires de la maison Janin et Guérineau.

La maison Janin et Guérineau avait à l'Exposition universelle de 1900 un pavillon exécuté en grès flammé avec fontaines lumineuses. Dans ce pavillon on avait reconstitué en pièces céramiques les différentes phases de l'art architectural depuis les Assyriens jusqu'à nos jours. Ce pavillon se trouvait au pilier Ouest de la Tour Eiffel, près du palais de l'optique et en face du pavillon des alcools russes.

A la classe 72 (céramique) la maison exposait un mur en briques en grès flammé, des statuettes en grès, un revêtement en carreaux 15/15 avec reflets métalliques au soubassement, et un vase décoratif.

---

## I. — Produits Céramiques Divers.

Le visiteur pouvait voir une application des carrelages céramiques de l'usine Boulenger et C<sup>ie</sup> aux restaurants de la Bosnie et de l'Espagne. Le palais des Industries diverses renfermait aussi des échantillons de la faïencerie de Choisy-le-Roi, et des types de poêles en faïence de MM. Loebnitz.

Signalons encore parmi les expositions de céramique, la maison Siever. Les pièces fabriquées pèsent au maximum de 7 à 10 kg. le mètre carré. On peut les faire de grandes dimensions. Ces pièces peuvent atteindre jusqu'à 3 m de longueur et 2 m de largeur. A l'intérieur de la pâte qui les compose, on introduit une toile métallique qui permet d'exécuter les bossages les plus compliqués, ainsi que toutes les décorations : fleurs, moulures, consoles, ornements, etc. De plus, il est facile de monter les pièces de valeur sur des châssis en bois, ce qui les rend très aisément démontables et transportables. En ce qui concerne les revêtements extérieurs *la céramique nouvelle* étant fixée sur une armature en fer et pourvue de crampons pour le scellement dans la maçonnerie, peut être posée très facilement, soit après, soit au fur et à mesure de la construction. On peut aussi avec des empâtements de couleurs et émail imiter le vernis et la peinture, tout en conservant les avantages de la céramique, c'est-à-dire la résistance à la chaleur et à l'humidité et la

grande facilité de nettoyage et d'entretien. On imite aussi la peinture à la fresque et la peinture à la colle.

Les produits de cette maison étaient exposés au palais de la décoration des habitations, au palais de la céramique et sont entrés dans la décoration des cheminées monumentales de l'avenue de Suffren et de l'avenue de La Bourdonnais, ainsi que dans celle des panneaux des guichets de la porte monumentale Binet.

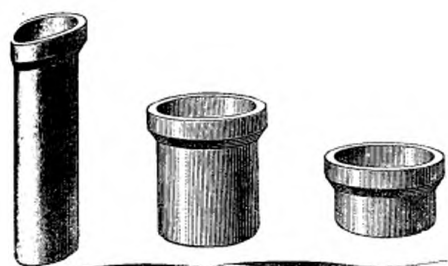
La tuilerie de *Montchanin* se distinguait par ses modèles de plafonds hourdés partiellement ou complètement émaillés, sans oublier également ceux de ses tuiles, briques, carreaux, boisseaux etc.

MM. *Coignet et Cie*, dont nous avons déjà parlé à propos des constructions en ciment armé, attiraient l'attention des visiteurs de l'Exposition par leurs carrelages en mosaïques de marbre, leurs panneaux de revêtements, tables et guéridons et leurs carrelages céramiques.

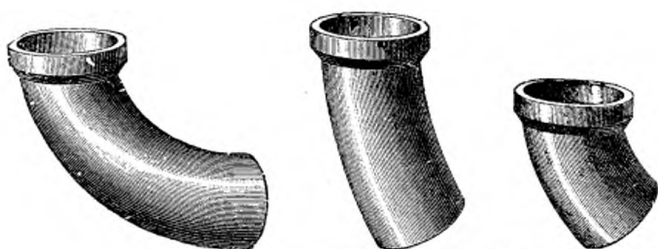
Il ne faut pas oublier non plus les carrelages céramiques des maisons *Boch de Mauberge* et *Sand de Feignies*. Leurs carreaux en grès cérame sont formés de pierres pulvérisées et de terre, le tout cuit jusqu'à vitrification. Les couleurs sont obtenues par des oxydes métalliques. La décoration se fait par incrustation avant la cuisson. Par le choix des matières premières employées, par l'intensité de la chaleur à laquelle les carreaux sont soumis, le produit obtenu est d'une dureté excessive; il raye le verre et fait feu au briquet; il n'est pas poreux, et les acides n'ont aucune prise sur lui. Les carreaux doivent être posés soit sur une aire en béton, soit sur une aire en briques posées à la chaux hydraulique ou en ciment. Le mortier qui doit fixer les carreaux est composé ordinairement de 1/3 ciment portland et 2/3 sable fin. Quand on a du sable très fin on peut poser à joints pleins, mais quand le sable est gros, on laisse les joints vides qu'on remplit après achèvement de la pose avec une coulée de ciment peu liquide. Cette coulée étant devenue suffisamment consistante on enlève les bavures. Pour la pose, il est de règle de placer en premier lieu la rangée de carreaux du milieu dans le sens de la plus grande dimension de la pièce; on pose ensuite tout le plafond, rangée par rangée, puis on place la bordure et ensuite la bande de carreaux unis qui se termine contre le mur.

A ces produits, il faut ajouter ceux de l'usine *Gilardoni, A. Brault et Cie de Choisy-le-Roi*, qui rivalisaient avec ceux de l'usine Muller dont nous avons parlé plus haut.

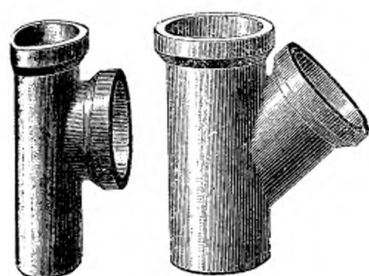
Ne terminons pas ce trop court exposé des produits céramiques à l'Exposition Universelle de 1900 sans parler des produits de la Compagnie



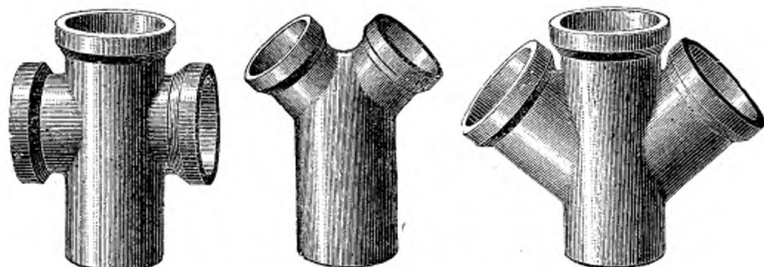
Tuyaux droits.



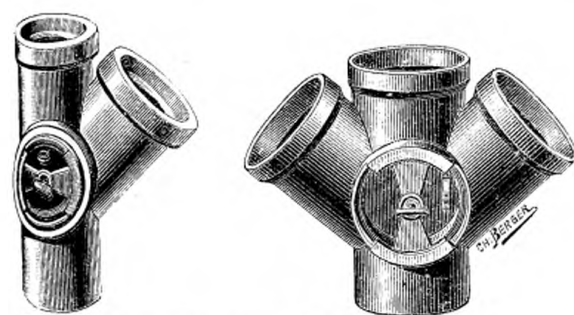
Tuyaux coudés.



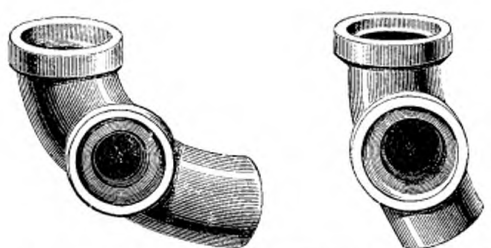
Jonctions simples.



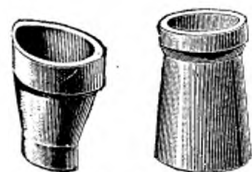
Jonctions doubles



Jonctions avec regard.



Coudés avec regard.



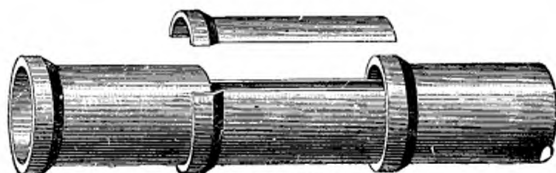
Jonctions coniques.



Caniveau.



Joint parallèle.



Tuyau opusculaire.



Clapet.



Tampon en fonte.

des grès Français de Pouilly-sur-Saône. Cette usine possède 70 chevaux de force, dix pierres, vingt et un fours spéciaux, un vaste séchoir chauffé de plus de 4.000 m<sup>2</sup>, des ateliers de moulages et assure une production de plus de 2,000 tuyaux et appareils divers par jour. Placée sur la masse même d'argile qui sert à sa fabrication, sur les rives de la Saône, à une faible distance de la gare de Seurre, disposant de tous les moyens d'action qui assurent à une industrie la vitalité et la force, cette usine est l'une des premières de France. Elle s'occupe surtout de la fabrication des tuyaux en grès vernissé et des appareils sanitaires. MM. Jacob frères et C<sup>ie</sup> ont voulu être les premiers à fabriquer en France tous les appareils spéciaux nécessaires aux installations du tout à l'égout et ils ont créé, de toutes pièces, une fabrication spéciale pour les grès cérames émaillés au grand feu.

La fig. 284, nous donne divers exemples des tuyaux de la maison Jacob. Les siphons font l'objet d'une étude toute particulière, fig. 285.

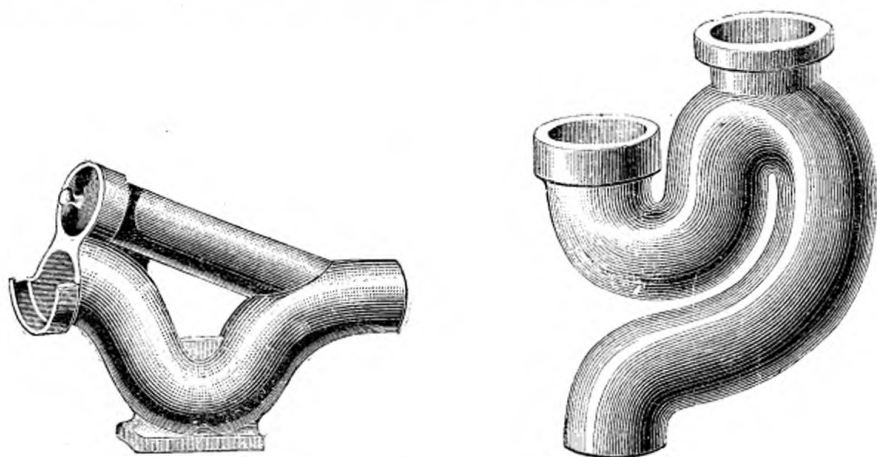


Fig. 285.

L'emploi et la disposition des caniveaux droits et d'angle sont donnés avec le type d'un regard de visite sur canalisation, recevant l'eau de caniveaux dont les différents types sont donnés fig. 288.

Disons quelques mots sur le grès cérame vernissé, sa fabrication, son emploi et sa pose.

L'emploi du tuyau sanitaire de grès vernissé pour les canalisations d'eaux vannes a été importé et acclimaté en France par les Doulton vers l'année 1878, à une époque où les travaux d'assainissement étaient déjà en pleine activité en Angleterre, et, à l'exception de Paris, à peu près complètement inconnus en France.

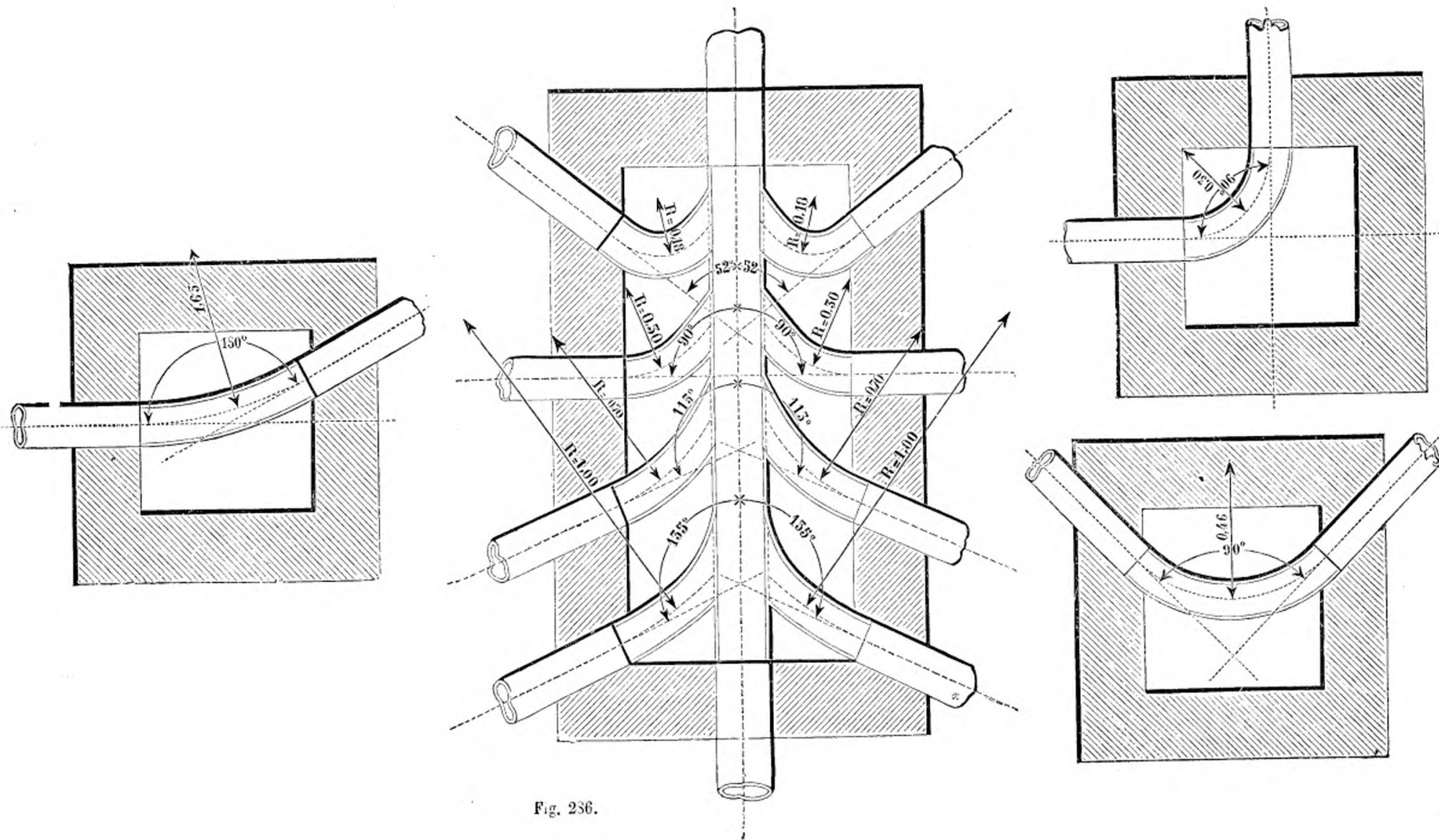


Fig. 236.

Le tuyau de grès arrivait d'Angleterre avec la réputation d'un excellent produit, d'un usage recommandé pour les conduites d'évacuation des matières de vidange, les canalisations d'eaux usées et la construction des égouts tubulaires de petite section. L'inaltérabilité des pâtes céramiques utilisées, leur dureté, le poli des parois, vernissés au sel, inattaquables aux acides, justifiaient cette confiance. On le proclamait de beaucoup préférable au tuyau de fonte de fer essentiellement attaqué par l'humidité et les acides, et, partant, anti-hygiénique et d'une durée très limitée.

L'emploi donna au début, en France, des résultats si satisfaisants qu'il se développa rapidement.

A partir de l'année 1883, l'industrie française entra en concurrence avec les usines étrangères pour sa fabrication. Aux environs de Beauvais, dans les Vosges, et en particulier à Pouilly-sur-Saône, sur les confins des départements de la Côte-d'Or et de Saône-et-Loire, il se créa d'importantes usines, et bientôt les tuyaux français rivalisèrent avantageusement avec les produits anglais.

La faveur accordée au tuyau de grès vernissé atteignit son apogée en 1889 et l'exposition spéciale de la ville de Paris, dans laquelle le service de l'assainissement avait représenté d'une façon très saisissante les bienfaits de la salubrité et de l'hygiène en montrant deux types de maisons, l'une salubre et l'autre insalubre, contribua encore à faire considérer par les constructeurs le tuyau de grès vernissé comme le conduit hygiénique par excellence.

D'un côté, dans la maison salubre, des applications nombreuses et variées du grès et de la porcelaine.

De l'autre, dans la maison insalubre, des tuyaux et des appareils en fonte. Pour rendre encore la démonstration plus saisissante, des pièces à conviction avaient été mises en évidence : tuyaux et appareils de fonte désagrégés par les acides et la rouille, obstrués et perdus, tuyaux et appareils en grès, nets et parfaitement sains.

La fonte et le grès fabriqués en 1900 sont-ils différents de ceux de 1889? Nous ne le pensons pas; cependant, l'emploi du tuyau de grès vernissé, malgré son inaltérabilité, est actuellement très vivement combattu, et l'emploi du tuyau de fonte, un moment presque prohibé, se généralise chaque jour dans les travaux sanitaires.

Le service de l'assainissement de la ville de Paris lui-même paraît adorer ce qu'il a brûlé, et dans l'hôpital Boucicaut, récemment inauguré, dont les installations sanitaires ont été exécutées sous ses ordres

d'après les derniers perfectionnements de l'hygiène appliquée, toutes les canalisations destinées à l'évacuation des eaux usées et des matières de vidange sont en fonte de fer.

Ce discrédit provient-il de la mauvaise qualité de la fabrication française? On serait presque tenté de le croire, puisqu'à l'étranger, notamment en Allemagne et en Angleterre, l'emploi du tuyau de grès vernissé est toujours très en faveur. Pourtant hâtons-nous de le dire, il n'en est rien.

Les usines céramiques françaises, dans la généralité, fabriquent bien le tuyau de grès vernissé; quelques-unes, et parmi elles on peut citer les usines de Pouilly-sur-Saône, le fabriquent même très bien, et les matières premières utilisées en France ne le cèdent en rien comme qualité à celles employées en Angleterre, en Belgique et en Allemagne.

La défaveur actuelle du tuyau de grès est la conséquence des accidents multiples provoqués :

Par son emploi peu judicieux,

Par une pose généralement défectueuse,

Et surtout par des joints mal confectionnés ou plutôt mal appropriés à la matière qu'ils doivent souder.

En un mot, la défaveur du tuyau de grès provient d'une façon presque générale, non pas du tuyau lui-même, mais de son emploi et de son joint.

*De la qualité et de la valeur du tuyau en grès.* — Un bon tuyau sanitaire doit être fabriqué avec une argile à grès vitrifiable dont la composition chimique ne peut varier que dans des limites assez étroites.

Voici les chiffres que l'on peut admettre comme moyenne :

Silice. . . . .	66 à 75 %
Alumine. . . . .	20 à 25 %
Chaux et Magnésie . . . .	5 à 2 %
Alcali . . . . .	3 à 5 %

La cuisson doit être poussée jusqu'à un commencement de vitrification, de façon à assurer l'imperméabilité relative qui est la caractéristique d'un grès bien cuit. L'imperméabilité absolue, on le sait, n'existe que chez les corps dans lesquels la matière remplit exactement le volume occupé, tels que les métaux, ce qui n'existe chez aucun produit céramique même complètement vitrifié.

Le degré d'absorption ne doit pas être inférieur à 20 pour mille, ni

supérieur à 50 pour mille. Au-dessous de 20, il est l'indice d'une pâte trop vitrifiée, et partant insuffisamment élastique et trop cassante.

Au-dessus de 50, il est l'indice d'une cuisson insuffisante ou d'une pâte trop réfractaire pour se vitrifier à une cuisson convenable.

Les pièces tournées, les tuyaux de petits diamètres, les appareils nécessitant une étanchéité absolue doivent être faits en argile à grès vitrifiable.

Les grosses pièces moulées, les tuyaux de gros diamètres sont forcément fabriqués en argile à grès réfractaire.

Les tuyaux doivent être étirés dans des presses dont une ingénieuse disposition du noyau intérieur permet de former le collet d'emboîtement en même temps que le corps même du tuyau, sans recolage.

Les soudures des pièces accessoires : jonctions, siphons, etc., doivent être faites avec la pâte même, liquéfiée en barbotine, de telle façon qu'aucun décollement ou fissure ne puisse se produire à la cuisson.

La pâte employée devra se vernisser facilement au sel, qui est en même temps le meilleur et le plus économique des émaux.

L'opération du vernissage est des plus simples : il suffit de jeter dans des proportions déterminées du sel dans le four en pleine cuisson ; ce sel, sous l'action de la chaleur, se décompose immédiatement, la soude se combine avec la silice contenue dans la pâte à grès et forme un silicate double de soude, c'est-à-dire un émail vitreux inaltérable et inattaquable aux acides.

Ainsi moulé avec une argile à grès convenable, bien fabriqué, bien cuit, un tuyau à collet des diamètres moyens de 12 à 40 cm, ayant les épaisseurs généralement usitées et qui sont les suivantes :

Diamètres.	12	15	18	20	22	25	30	35	40	centimètres
Epaisseurs.	16	17	18	19	20	22	25	30	30	millimètres

devra résister :

1° A une pression interne minimum de deux atmosphères sans suintement appréciable ;

2° Jusqu'à 1 500 kg. sans rupture à la compression d'une charge progressivement croissante, uniformément répartie sur toute la longueur de la partie cylindrique du tuyau reposant sur la génératrice inférieure.

La plupart des tuyaux d'une bonne fabrication sont susceptibles de

donner aux essais des résultats bien supérieurs aux moyennes indiquées plus haut, mais il est inutile et même dangereux de demander à des conduites sans pression un travail supérieur, car la dureté, conséquence de la vitrification, s'obtient au détriment de l'élasticité si nécessaire et malheureusement si relative dans un produit céramique sans augmenter sensiblement l'importance de l'inaltérabilité.

Dès qu'une canalisation doit supporter l'effort d'une pression constante, le tuyau de grès à collet doit être remplacé par le tuyau à emboîtement à manchon. Les épaisseurs des parois de cette série de tuyaux sont plus considérables, et le système de joint offre plus de sécurité.

Voici, par comparaison avec les tuyaux à collet, les épaisseurs données aux parois.

Diamètres . .	6	8	10	12	14	16	18	20	centimètres
Epaisseurs . .	20	20	22	24	25	26	26	27	millimètres

*De l'emploi du tuyau de grès.* — Il y a donc deux catégories de tuyaux de grès vernissé :

- 1° Les tuyaux à emboîtements fixes, c'est-à-dire à collets, à tulipes.
- 2° Les tuyaux à emboîtements mobiles, c'est-à-dire à manchons, à bagues.

Les tuyaux minces à collet sont utilisés pour les canalisations sans pression.

Les tuyaux épais à manchons sont employés pour les canalisations ayant à supporter une pression constante n'excédant pas 20 à 25 m.

Au-dessus de cette charge, l'emploi du grès est très aléatoire, même avec des tuyaux éprouvés et ayant résisté individuellement à des pressions considérables de 100 à 200 m en raison de son manque d'élasticité qui ne lui permet pas de résister aux chocs brusques et aux coups de béliet.

L'emploi du tuyau à collet, grâce à son prix modique et à sa facilité de pose, est de beaucoup le plus répandu.

Théoriquement, cette forme d'emboîtement est excellente et doit donner d'excellents résultats.

Dans la pratique, malheureusement, il n'en est pas ainsi ; en France du moins, et à Paris en particulier, le joint fait presque toujours en ciment pur à prise rapide se dilate, et la force moléculaire irrésistible qui en résulte brise les collets.

Le ciment se dilate beaucoup plus fréquemment qu'on ne serait tenté

de le croire. Il peut se dilater parce qu'il est insuffisamment cuit, parce qu'il n'est pas resté suffisamment en silo, parce qu'il est employé sans sable ou avec du mauvais sable, c'est-à-dire du sable calcaire, et enfin parce que lors du gâchage il n'a pas été suffisamment hydraté ; dans ce cas, les molécules non hydratées absorbent l'eau qui circule dans la conduite et qui chemine petit à petit dans la masse du ciment par un phénomène analogue à la cémentation du fer (cheminement des molécules de carbone) ; le phénomène est très lent, et explique des dilata-tions très tardives et des ruptures de conduites, trois, quatre, huit années après la pose.

Avant que la cause des ruptures de collets ait été bien déterminée on avait essayé d'obvier à ce grave inconvénient en en modifiant la forme et en en augmentant l'épaisseur.

L'expérience a rapidement démontré que ce n'était pas de cette façon qu'il fallait tenter de résoudre le problème.

Un joint bien fait avec un mortier ou un mastic inerte soudant énergiquement les deux parois en contact du bout mâle et du bout femelle, voilà la seule solution.

C'est du reste dans cet ordre d'idées que les recherches pratiques ont été faites en Angleterre, en Allemagne où, l'emploi du tuyau sanitaire de grès vernissé est toujours très apprécié et très recommandé et en France, particulièrement à Marseille, où l'exécution des grands travaux d'assainissement a donné à la question un caractère tout spécial d'actualité.

*De la pose et en particulier du joint du tuyau de grès.* — Le succès d'une canalisation dépend d'abord de la bonne qualité des tuyaux employés, cela est certain, mais les conditions générales dans lesquelles la pose et la confection des joints doivent être faits sont non moins indispensables.

Il faut insister particulièrement sur les points suivants :

- A. Dispositions spéciales pour la pose en tranchée ;
- B. Dispositions spéciales pour la pose en élévation sur corbeau ;
- C. Pente générale à donner aux canalisations ;
- D. Confection des joints.

A. — *Dispositions spéciales pour la pose en tranchée.* — Les tranchées doivent être ouvertes de façon à permettre sans danger une pose facile selon leur profondeur et la nature du terrain. Un blin-

dage sera placé de façon à prévoir les éboulements, et les largeurs à fonds de fouille seront les suivantes selon les diamètres.

Profondeur des tranchées	Diamètre des tuyaux de 0.03 à 0.08				Diamètre des tuyaux de 0.10 à 0.15			
	Largeur			Cube par mètre linéaire	Largeur			Cube par mètre linéaire
	Dessus	Milieu	Fond		Dessus	Milieu	Fond	
1 <sup>m</sup> »	0.70	0.60	0.50	0.60	0.90	0.70	0.60	0.75
1.50	1. »	0.70	0.50	1.10	1.10	0.80	0.60	1.25
2 »	1.40	0.90	0.50	1.85	1.50	1. »	0.60	2.05
2.50	1.60	1.10	0.60	2.75	1.70	1.20	0.70	3. »
3 »	1.90	1.20	0.60	3.70	2. »	1.30	0.70	4. »
4 »	2.20	1.40	0.60	5.60	2.50	1.50	0.70	6.25

Profondeur des tranchées	Diamètre des tuyaux de 0.15 à 0.20				Diamètre des tuyaux de 0.20 à 0.30			
	Largeur			Cube par mètre linéaire	Largeur			Cube par mètre linéaire
	Dessus	Milieu	Fond		Dessus	Milieu	Fond	
1 <sup>m</sup> »	1.10	0.90	0.70	0.90	1.30	1.10	0.90	1.10
1.50	1.30	1. »	0.70	1.50	1.50	1.20	0.90	1.80
2 »	1.70	1.20	0.70	2.40	1.90	1.45	1. »	2.90
2.50	1.90	1.30	0.80	3.30	2.30	1.65	1. »	4.125
3 »	2.20	1.40	0.80	4.40	2.60	1.80	1. »	5.40
4 »	2.70	1.75	0.80	6.90	3. »	2. »	1. »	8. »

Avant la pose des tuyaux, le sol devra préalablement être réglé et nivelé et, si sa nature l'exige, consolidé avec un bétonnage bien battu, sur lequel un lit de sable sera étendu et damé. Les tuyaux devant porter sur le corps et non sur le collet ou le manchon, des séries de niches devront être aménagées, à cet effet, au fond de la fouille, au fur et à mesure de l'avancement de la pose. Les tuyaux seront descendus avec soin dans les tranchées et avant de les poser on devra s'assurer s'ils sont complètement sains, c'est-à-dire ni fêlés ni gercés.

B. — *Dispositions spéciales pour la pose en élévation sur corbeau.*  
— Pour une canalisation soit horizontale, soit verticale, posée en élévation sur des colliers ou corbeaux métalliques, il faut s'assurer que les tuyaux reposent bien sur leurs supports et n'ont à subir aucune flexion.

Chaque tuyau doit être maintenu soit par un collier, soit par un corbeau ; il faut aussi assurer l'élasticité du joint, de façon à éviter la rupture qui se produirait infailliblement par les tassements de maçonnerie afin que la conduite ne soit pas rigide et puisse résister sans rupture, soit à des tassements, soit à des flexions.

C. — *Pentes générales à donner aux canalisations. Emploi judicieux des chasses d'eau et des regards* — On doit toujours chercher dans l'étude d'une canalisation à lui assurer la pente maximum que la configuration du sol permet de lui donner. Pour les canalisations d'eaux vannes qui ne sont pas lavées périodiquement par des chasses d'eau, la pente ne doit jamais, sous peine d'un mauvais fonctionnement, être de moins 0,03 par mètre ; avec des chasses d'eau plus ou moins fréquentes, on peut la réduire, suivant les cas, jusqu'à 0,001 par mètre.

Ces chasses d'eau devront être pratiquées au moyen de réservoirs de chasse placés à la partie haute de la canalisation, afin d'assurer un lavage complet.

Parmi les divers systèmes de siphons de chasse utilisés avec succès, il faut signaler les siphons de chasse Adams (fig. 287 a), qui n'ont besoin pour

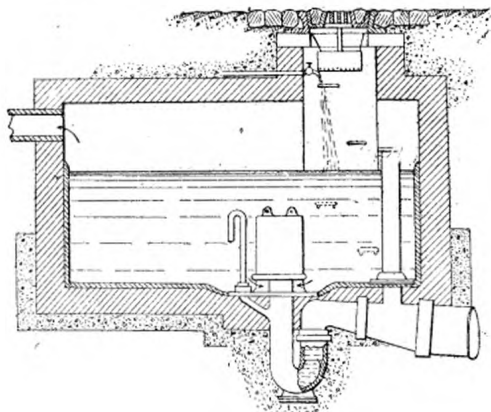


Fig. 287 a.

leur amorçage, ni de tube barostatique, ni de détendeur et qui peuvent être alimentés avec des eaux vannes criblées.

Les raccordements avec les conduites secondaires devront être faits toujours avec des jonctions de diamètre égal à celui des conduites que l'on raccorde, c'est une des conditions essentielles pour que la canalisation soit bien établie. Des regards d'observations seront disposés le

long de la canalisation et particulièrement aux points de jonctions et aux changements de directions.

La ventilation de la conduite sera assurée, soit par les tuyaux de descente d'eaux pluviales, soit par des ventilateurs spéciaux munis à leurs extrémités de boîtes d'aérage avec valve en mica.

D. — *Confections des joints.* — Abordons maintenant la question du joint qui est incontestablement la plus importante et la plus délicate dans la pose des tuyaux du grès vernissé.

La première des solutions est celle qui consiste à faire un bon joint en mortier de ciment.

Est-ce possible?

Oui cela est possible.

En utilisant un bon ciment à prise lente additionné de 40 à 50 0/0 de sable lavé, tamisé fin et en hydratant convenablement le mortier lors du gâchage.

Afin de donner un peu de flexibilité à la conduite, d'élasticité au joint et de contracter, pour ainsi dire, une assurance de garantie contre la dilatation éventuelle du ciment on a eu l'idée en Allemagne d'entourer le bout mâle du tuyau avec de la corde goudronnée de 6 à 7 mm de diamètre deux ou trois tours suffisent. Une fois le tuyau en place, on bourre fortement avec un morceau de bois cette corde au fond de la tulipe. On remplit ensuite le collet de mortier de ciment pour terminer le joint.

Mieux encore, on remplit la tulipe jusqu'à arrasement avec de l'argile plastique que l'on maintient par une embase ou solin en mortier de ciment qui recouvre le bord supérieur du collet.

Lorsque la canalisation se trouve dans un sol non inondable et que les infiltrations ne sont pas à craindre, le solin de ciment peut sans inconvénient être supprimé.

Lorsqu'au contraire la canalisation se trouve dans un sol perméable et inondable l'argile est très avantageusement remplacée par une composition de goudron et d'asphalte.

Le joint reste étanche même sous une certaine pression et présente une flexibilité fort appréciable quand le sous-sol n'a pas une complète solidité.

En Allemagne les joints mixtes avec de l'argile et de la corde goudronnée ou avec de l'asphalte et de la corde goudronnée sont très répandus, ils donnent des résultats très satisfaisants.

L'Ingénieur Lindley, architecte-conseil de la municipalité de Francfort, dont les travaux sanitaires sont connus et appréciés dans le monde entier, a fait une étude toute spéciale des joints au mastic de goudron et asphalte à l'occasion des travaux d'assainissement de la ville d'Elberfeld, entrepris il y a déjà plusieurs années, où ils ont été exclusivement employés, et les résultats sont des plus concluants.

Ils s'établissent de la façon suivante :

On chauffe un mélange de deux parties en poids de goudron avec une partie d'asphalte. Quand la masse est bien liquide on la coule dans le joint. Les tuyaux ont été au préalable convenablement présentés dans la fouille, et les emboîtements ont été garnis de corde goudronnée sur un tiers à peu près de leur profondeur. L'ouverture en avant est fermée par un anneau en caoutchouc préalablement graissé, pour éviter toute adhérence, et maintenu par un collier mobile en acier.

Le mélange de goudron et d'asphalte se verse à la partie supérieure dans une sorte de godet préparé avec un bourrelet d'argile ; dès qu'il cesse d'être fluide, c'est-à-dire au bout d'une demi-minute à une minute, on enlève l'argile et le caoutchouc (fig. 287 b).

M. l'Ingénieur Lindley avait songé à mater l'asphalte encore plastique comme cela se fait pour les joints en plomb, mais la pratique a démontré que l'asphalte se refroidissait trop vite et que le matage n'était pas possible.

Le joint asphalté de Lindley offre cependant l'inconvénient d'être difficilement applicable avec les calibres des collets communément usités en France, — l'espace vide annulaire qui se trouve entre la paroi externe du bout mâle et la paroi interne du bout femelle est un peu restreint pour que le coulage de la composition liquéfiée se fasse convenablement.

Si ce système devait se généraliser il faudrait adopter les mêmes types de tulipes qu'en Allemagne ou approprier par des dispositions spéciales le collet pour que le coulage parfait du mastic soit assuré sans difficulté.

En Angleterre, les joints mixtes, argile et ciment, argile et asphalte, sont également employés avec succès et presque toujours ils sont complétés par des dispositions spéciales du collet.

Les variétés de ces systèmes de joint sont innombrables, deux types sont parmi les plus intéressants :

Le joint Nalethric et le joint Ames et Crosta, parce que l'un et l'autre présentent une bonne disposition du collet assurant le centrage des tuyaux posés.

Dans le joint Nalethric (fig. 287 c), il existe un épaulement disposé sur le quart de la circonférence du collet à l'opposé de l'orifice réservé pour le coulage des matières destinées à faire le joint.

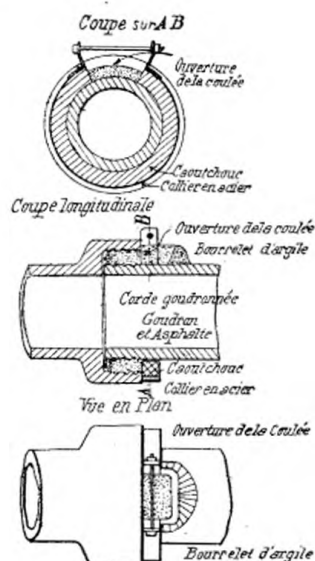


Fig. 287 b.

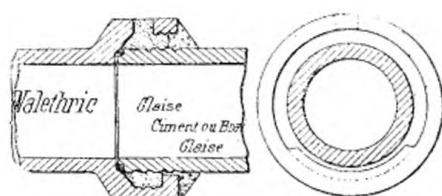


Fig. 287 c.

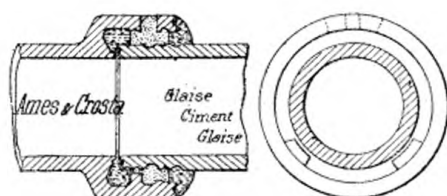


Fig. 287 d.

Dans le joint Ames et Crosta (fig. 287 d) il a été réservé deux petits épaulements convenablement disposés pour que, lors de la mise en place, le bout mâle vienne facilement se poser dessus.

Ces dispositions sont excellentes, elles rendent ainsi obligatoire et absolument facile l'opération si essentielle d'un bon centrage, nécessaire pour assurer l'égalité d'un vide annulaire destiné au joint et éviter les décrochements intérieurs de la conduite si propices aux engorgements.

Un autre système de joint inventé par Stamford's (fig. 288) et breveté en 1873, est également fort apprécié en Angleterre. Il consiste à couler ou à estamper des colliers de composition asphaltée autour de l'extrémité mâle et dans la douille du tuyau au moyen de moules spéciaux tournés, ajustés et calibrés rigoureusement l'un dans l'autre.

Lorsqu'on rapproche l'un de l'autre pour la pose deux tuyaux ainsi armés après avoir préalablement enduit les surfaces asphaltées d'un goudron liquide de houille, de graisse minérale ou de toute autre matière agglutinante convenable, les bouts mâles et femelles s'ajustent avec précision et forment un joint étanche.

En 1887, Stamford's a, dans un nouveau brevet, précisé quelques

nouveaux perfectionnements à son joint, entre autres l'adjonction d'anneaux plastiques ou élastiques encastrés dans les bagues d'asphaltes, afin de faciliter la pose et d'éviter la retouche et le rebut des joints déformés (fig. 289).

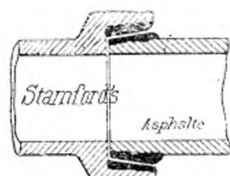


Fig. 288.

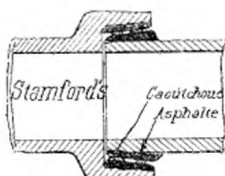


Fig. 289.

Le joint Stamford's et tous ceux qui ont suivi, basés sur le même principe, sont excellents ; le seul reproche que l'on peut leur faire, est d'être un peu coûteux et de n'être applicables que sur des tuyaux admirablement fabriqués et calibrés.

Or, avec des tuyaux de grès vitrifié, comme on les veut généralement en France, la chose offre de grandes difficultés.

Le joint Stamford's a été surtout adopté en Angleterre par les usines céramiques anglaises du Yorkshire.

Les argiles réfractaires du Yorkshire n'ont pas précisément la qualité de l'imperméabilité, mais elles prennent admirablement le sel et ont les qualités d'inertie des meilleures terres réfractaires ; il s'ensuit que l'on peut arriver au calibrage parfait du tuyau qui permet d'utiliser pratiquement le joint Stamford's.

Pour les canalisations en élévation, les chutes de cabinets d'aisances, le tuyau de grès à collet peut être employé avec succès, mais à la condition expresse que le joint soit rendu flexible et compressible pour résister sans rupture aux mouvements et tassements qui peuvent se produire dans un immeuble ; cette double qualité a été obtenue d'une façon très simple et très ingénieuse par quelques constructeurs marseillais. Le bout mâle est placé sur une rondelle en plomb creux aplatie (plomb à gaz de 12 mm), placée dans la douille du collet ; la cavité annulaire est ensuite garnie avec un mastic spécial à base de goudron ou de minium de fer, le solin de ciment est inutile et généralement supprimé.

Le tuyau de grès à emboîtement à manchon, communément nommé dans l'est de la France tuyau de fontaine, est spécialement usité pour les conduites d'aménées d'eau sous pression ; il a généralement donné d'excellents résultats, lorsque la charge des conduites n'excédait pas

20 à 25 m, et lorsque les dispositions spéciales avaient été prises pour éviter les coups de béliet.

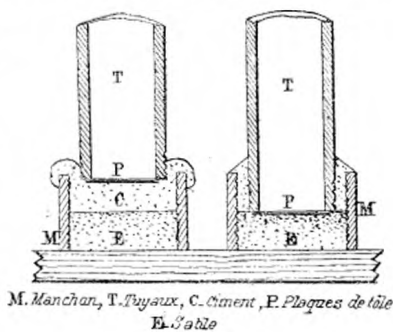
On peut citer également quelques conduites de distribution faites en grès, notamment à Darney (Vosges), à l'Île Tudy (Finistère), qui donnent les résultats les plus satisfaisants, mais néanmoins ce genre d'emploi ne doit être adopté qu'avec la plus grande circonspection.

L'emboîtement à manchon offre incontestablement une plus grande sécurité que l'emboîtement à collet; toutefois, il ne met pas une conduite à l'abri des ruptures occasionnées par des joints de ciment mal faits, et pour les tuyaux à manchons comme pour les tuyaux à collets la question d'un bon joint a été et est toujours à l'ordre du jour chez les constructeurs; les solutions ont été nombreuses et variées.

Les uns ont recherché uniquement la solution dans la confection du joint de ciment. Les autres, dans la forme du manchon et la confection du joint. Les autres, dans la matière, la forme du manchon et la confection du joint.

*Manchons céramiques en grès.* — Les nombreuses conduites d'eau exécutées avec les tuyaux à emboîtements à manchons ordinaires en grès donnant la plus entière satisfaction sont la preuve la plus tangible que des constructeurs expérimentés, compétents et soigneux, peuvent réussir à souhait ce genre de travail.

Comme pour les tuyaux à collets, l'emploi d'un bon mortier de ciment bien dosé, bien gâché, est la chose indispensable. En outre, le poseur, lors du manchonnage et de la pose qui sont comme nous l'indiquerons tout à l'heure deux opérations distinctes, devra disposer manchons et tuyaux de façon que le vide annulaire pour le coulage du ciment soit bien concentrique, afin que la force expansive du mortier agisse également sur toute la surface de la paroi et que le joint soit bien étanche; le bon centrage est également nécessaire pour éviter les décrochements intérieurs de la conduite à l'endroit des raccords de tuyaux.



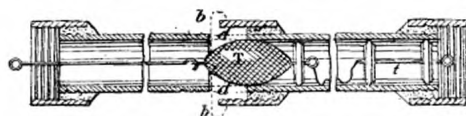
M. Manchon, T. Tuyaux, C. Ciment, P. Plaque de tôle  
E. Fond de sable

Fig. 290.

L'opération du manchonnage (fig. 290) consiste à cimenter le manchon à l'une des extrémités du tuyau; à cet effet, on place sur un ma-

drier bien horizontal un certain nombre de manchons et on les remplit à moitié avec du sable fin tassé. Sur le sable on verse une certaine quantité de ciment sur lequel on pose ensuite une rondelle de tôle d'un diamètre supérieur au diamètre intérieur du tuyau. On place verticalement un tuyau sur la rondelle et on appuie pour faire refouler le ciment dans le joint qu'on lisse ensuite avec la truelle.

Quand le mortier a fait prise, on incline légèrement le tuyau et l'on chasse la plaque de tôle et le sable avec un bâton ; enfin, on enlève au burin ce qui pourrait rester de ciment au bout du tuyau que l'on trempe dans l'eau, pour enlever le sable de l'intérieur du manchon.



T. tampon, t. trainard, d. Cavité annulaire, b. ciment refou

Fig. 291.

Pour procéder ensuite à la pose (fig. 291) on place un premier tuyau manchonné aux deux extrémités dans lequel on enfonce le trainard, la corde et le tampon, de façon à ce que ce dernier obstrue complètement l'extrémité du tuyau que l'on veut jointoyer ; on lance avec la truelle le mortier dans la cavité annulaire existant entre le tampon et le manchon, et l'on présente ensuite le second tuyau que l'on introduit dans la cavité précitée en lui imprimant un léger mouvement de rotation de façon à le serrer le plus possible contre le tuyau précédent. Le ciment reflue de chaque côté des parois du tuyau que l'on vient de poser, la partie enserrée entre la paroi externe du tuyau et la paroi interne du manchon forment le joint, et la partie qui est tombée dans le vide intérieur du tuyau est entraînée par le tampon d'abord et le trainard ensuite, qui ramasse l'excédent du mortier et lisse l'intérieur du joint. Le joint du manchon est ensuite lissé extérieurement, et l'opération se continue ainsi au fur et à mesure de la pose. Cette méthode offre cependant certains inconvénients, dont l'un des moindres n'est pas le raccordement des deux joints, le joint du manchonnage et le joint de la pose proprement dite, faits avec des mortiers différents ; aussi, les praticiens ont-ils recherché et pratiqué avec succès, comme pour les tuyaux à collets, le joint coulé. Ce joint nécessite, cela est évident, l'emploi d'un manchon spécial, centré, évidé intérieurement, et comportant un trou, soit rond ou ovale, pour le coulage du ciment ou de la matière adoptée pour faire le joint.

Le manchon spécial inventé en 1890 par l'ingénieur Guérin, alors attaché aux Usines de Pouilly-sur-Saône, chez MM. Jacob et C<sup>o</sup>, est à signaler. Ce manchon, moins long que le manchon ordinaire, est évidé d'un centimètre au centre en laissant sur les bords un anneau circulaire, à la partie supérieure existe une ouverture destinée à introduire le ciment. La pose s'effectue ainsi :

On place plusieurs tuyaux sur cales ou supports ; après avoir bague les manchons, on lutte le joint soit avec du ciment gâché serré, soit avec un mastic à base de goudron, soit avec de la corde goudronnée ; puis on recouvre tous les joints avec les manchons que l'on fait glisser à la place voulue. On bouche le petit vide annulaire qui se trouve entre la paroi du tuyau et le cordon du manchon, et l'on coule ensuite par l'ouverture le ciment ou la matière liquide préparée pour faire le joint. On conçoit que cette pose assure un joint parfait et permet de régler avec le plus grand soin les pentes d'une conduite.

*Manchons et Bagues métalliques en fonte, plomb, etc.* — Enfin, d'autres constructeurs se préoccupant de la fragilité du manchon céramique et de la rigidité des conduites manchonnées avec du mortier de ciment, ont étudié les systèmes de joints métalliques en fonte ou en plomb, assurant, par des dispositions spéciales, l'élasticité indispensable pour une bonne conduite et un centrage parfait.

Cette solution est évidemment l'une des plus heureuses, elle supprime la cause de presque tous les échecs d'une conduite en grès. Son seul inconvénient est d'être un peu coûteuse, surtout lorsqu'elle est adoptée pour des canalisations d'eau vanne ; néanmoins, une canalisation faite avec des tuyaux de grès sans collet par bouts de 1 m et d'épaisseur mixte, c'est-à-dire en adoptant pour les parois une épaisseur moyenne entre celles des tuyaux minces à collets et des tuyaux épais à manchons, avec des manchons de fonte de fer d'un poids bien étudié, peut revenir sensiblement moins cher que lorsqu'elle est faite avec des tuyaux de fonte de fer ordinaire et, à plus forte raison, avec des tuyaux de fer, des nouvelles séries sanitaires ou salubres.

Passons en revue les différents systèmes de manchons métalliques pour les conduites en grès :

*Joint Eaton* (fig. 292). — Le plus ancien et incontestablement l'un des meilleurs a été imaginé, en 1881, par l'ingénieur anglais James Allan Eaton.

Dans son brevet, il revendique l'invention des douilles mobiles ou colliers en remplacement des douilles fixes ou collets.

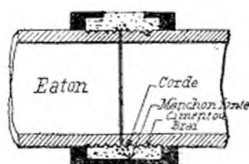


Fig. 292.

Ces douilles mobiles, dit-il, ou colliers, peuvent être faits en fonte, fer forgé ou tous autres métaux. On peut les faire de dimensions et de formes variées, de façon que lorsqu'ils sont placés dans la position nécessaire pour faire les joints il y ait un espace annulaire vide autour de chacune des parties correspondantes des tuyaux que l'on doit joindre pour permettre à la matière liquide destinée à faire le joint de couler facilement dans l'espace ainsi réservée (c'est le principe du centrage).

Dans chacun des colliers il doit y avoir un ou plusieurs trous placés de la façon la plus commode pour l'introduction de la matière jointive; cette matière peut être du ciment, du soufre, des composés à base de goudron ou toute autre matière appropriée ne se contractant ou ne se rétrécissant pas en prenant ou en refroidissant.

*Joint Rossin* (fig. 293). — L'ingénieur hydraulicien Rossin, dans le brevet qu'il a pris en 1876 et en 1886 pour les joints métalliques, s'est attaché particulièrement à donner aux conduites l'élasticité nécessaire pour éviter les ruptures provoquées par le tassement du sol. Ses systèmes sont nombreux.

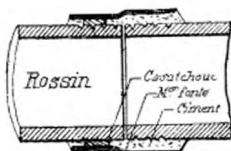


Fig. 293.

Nous ne citerons que celui décrit dans son certificat d'addition de 1886 pour les tuyaux en terre cuite dans lequel il revendique spécialement l'emploi d'un nouveau mode d'assemblage consistant dans l'application de manchons et de brides métalliques de divers systèmes connus avec joints au caoutchouc; ces manchons ou ces brides peuvent être en fer, fonte, cuivre, zinc ou tout autre métal.

Ce manchon offre cette particularité qu'il est soudé à l'extrémité d'un tuyau à bain de ciment et à l'autre avec une rondelle de caoutchouc.

*Joint Doucède* (fig. 294). — M. Doucède, entrepreneur à Paris, a adopté et fait breveter en 1896 un système de joint métallique basé sur le système du manchonnage qui reproduit les dispositifs du cen-

trage qui se trouvent dans les systèmes Nalethric, Ames et Crosta, Eaton et Jacob.

Il revendique l'emploi en combinaison d'un manchon métallique pour l'assemblage des tuyaux et conduites en grès, de même que le dispositif de nervure ou taquet pour le centrage des conduites; néanmoins, son adaptation est intéressante et mérite d'être signalée.

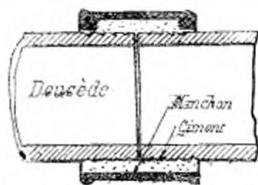


Fig. 294.

*Joint Jacob* (fig. 295). — Le joint métallique Jacob permettant, comme le joint Eaton, de faire un joint coulé et supprimant l'opération du manchonnage, est basé sur le principe si bien étudié dans le système Guérin de 1890; il peut assurer également comme dans le joint Rosin, une élasticité suffisante des conduites.

Sa pose s'opère identiquement comme celle du joint Guérin: on place les tuyaux sur cales ou supports provisoires les bagues restant libres, on lutte les extrémités rapprochées convenablement, soit avec du ciment gâché, serré, soit avec de la terre glaise, soit mieux encore, avec de la corde goudronnée, puis on les recouvre avec les bagues que l'on fait glisser à la place voulue; on bouche le petit vide annulaire qui se trouve entre les deux extrémités de la bague, avec de la corde goudronnée, en ayant soin de les disposer bien concentriquement, et l'on coule ensuite, par l'ouverture, le ciment ou la matière liquide préparée pour faire le joint.

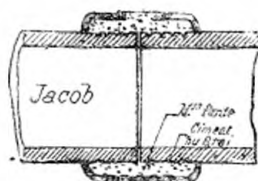


Fig. 295.

Les deux derniers systèmes de joint à manchons dont nous parlerons sont plus spécialement destinés aux conduites verticales, les inventeurs s'étant préoccupés de donner à leurs joints la compressibilité en même temps que l'élasticité.

*Joint Lefèvre* (fig. 296). — Le joint inventé par l'adjoint du génie Lefèvre et déposé en 1894 comprend deux brides à cornières fixées à l'extrémité des tuyaux de grès au moyen d'un mortier de ciment; une rondelle de caoutchouc est placée entre chaque bride et forme un joint élastique.

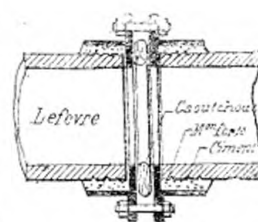


Fig. 296.

*Joint Valabrègue* (fig. 297). — Le joint Valabrègue, breveté en 1893, consiste dans la substitution au collet et manchon rigide d'un

manchon extensible formé en plomb ou toute autre matière susceptible d'être plissée extérieurement ou intérieurement en forme de nervure ou soufflet.



Fig. 297.

Ce joint, employé spécialement à Marseille par les premiers constructeurs de cette ville, n'a pas donné depuis qu'il est employé un seul mécompte, ni rupture ni fuite. Son prix n'est pas excessif et il peut être recommandé pour les chutes de cabinets d'aisances.

Comme on a pu s'en rendre compte, à l'étranger comme en France, cette question a donné matière à des études approfondies et à des solutions heureuses. On peut presque dire que l'on n'a que l'embarras du choix.

L'emploi du tuyau de grès pour les travaux sanitaires est bon et économique, lorsqu'une pose appropriée donne toute sécurité; il mérite incontestablement la faveur qu'il a eue chez nous et qu'il a encore en Angleterre et en Allemagne.

#### J. — Maisons étrangères.

La Céramique étrangère était aussi très largement représentée à l'Exposition de 1900. On remarquait les grès vernissés, les faïences, les fourneaux en terre cuite.

Il y avait surtout les carreaux et décorations pour murs et cheminées des maisons *Copelano*, *Brown-Westhead*, *Moore et C<sup>ie</sup>*, des usines de *Leeds*, de *Newcastle*, de *Strombridge*, de *Doulton*. Les produits anglais se classent en deux catégories :

La terre cuite très dure, d'un jaune rose ;

La terre cuite friable, d'un rouge franc.

Les matières sont broyées séparément dans un moulin. Le liquide est versé par des tuyaux de sections calculées, avec soin, dans une cuve où se fait le mélange. La bouillie liquide est ensuite montée au moyen d'une pompe sur des toiles en forme de sacs. Ces derniers sont pressés entre des cadres en bois. Quand l'excès d'eau est chassé, on obtient une pâte céramique de 2 cm d'épaisseur, qui est alors enroulée sur elle-même.

La pâte est ensuite pétrie, et un dernier malaxage rend le tout homogène.

On procède ensuite au moulage et au séchage, et la pâte est enfin cuite dans un four à moufle, muni de caisses en terre réfractaire, dites *cazettes*. Le chauffage, à 1 500° centigrades, dure environ deux à trois jours.

Pour la décoration et l'émaillage, les dessins sont tracés à l'avance au moyen de poncifs; sur ces dessins on reporte les émaux en poudre, choisis de manière à donner diverses couleurs après la vitrification.

Souvent on applique, au préalable, une première couche d'émail blanc qui sert de placage intermédiaire entre les émaux colorés et la terre. La pièce est alors répartie une seconde fois au four pour la fusion d'une couche additionnelle formant vernis.

Les carreaux de revêtement ne sont cuits qu'une seule fois, la pâte et l'émail recevant la cuisson en même temps.

La fabrique de M. *Caldas de Rainhu*, près *Lisbonne* exposait une importante collection d'imitations des poteries de Bernard de Palissy.

L'*Italie* exposait les céramiques d'*Appriani*, les mosaïques de *Ghi-landi*.

L'*Autriche-Hongrie* se faisait remarquer par les produits de *Sillage Anthal* à *Budapest*, et par ceux de *Mélouo Peter*, et de la *Société Hongroise*.

La maison *Altairac* frères d'Alger montrait de nombreux échantillons de ses tuiles et briques.

Citons encore le *pyrogranit*, sorte de pierre artificielle, exposé par un Russe, M. P. de *Kistoffowitch*. On le fabrique avec de l'argile rouge et de l'argile réfractaire unies en quantités variables, soumises à la pression puissante d'une presse hydraulique, puis à l'action d'une température élevée. Ce produit a l'aspect du granit, il raye le verre et il ne se désagrège pas à l'air. Il se polit comme le marbre, est inattaquable aux acides comme imperméable aux corps gras, et prend toutes les formes désirables, tout en n'ayant qu'un faible retrait.

---

## VI. — Matériaux divers.

---

### 1° Matériaux Ligneux.

Le bois, comme toujours, occupait à l'Exposition de 1900, une place importante.

Dans le *Palais des forêts*, au Champ-de-Mars, l'administration avait groupé avec une entente admirable les bois, les outils, les échantillons des diverses essences, les divers procédés d'injection.

Différents pavillons étrangers, entre autres ceux de la *Serbie* et de la *Russie*, ceux de la *Norvège* et de la *Suède*, contenaient les différentes essences d'arbres de ces pays. Citons la *Fabrique Varsoviennne* de tuiles en bois; les carrelages de bois du *Canada*; les bois de marqueterie du *Dahomey*; les bois de *Teck* de la *Nouvelle-Calédonie*, ceux de *Madagascar*, etc., etc.

M. Garnot s'est fait une spécialité de matériaux isolants pour la construction qui consistent en *agglomérés de Liège* auxquels il donne la forme de briques et de carreaux. Il avait exposé des petits pavillons tout en briques de liège aggloméré. On peut ainsi disposer des cloisons légères où l'on veut sans se préoccuper de la solidité des planchers, auxquels le faible poids du liège n'impose qu'une charge très légère. Son emploi est encore indiqué dans la construction des murs de refend, des combles, des salles de bains, car le liège a des propriétés précieuses qui sont à la fois d'amortir le son, de préserver de l'humidité et d'être mauvais conducteur de la chaleur et du froid. Cette dernière propriété indique son emploi aussi bien dans les mansardes où il s'agit de se défendre de l'excès de chaleur l'été et du froid l'hiver que dans les caves où sont placés les calorifères et où il convient d'éviter avant tout les déperditions de chaleur.

Le liège a encore l'avantage d'être imputrescible et de ne pas se laisser attaquer par les insectes, ce qui est fort important au point de vue de l'hygiène. De plus il est très difficilement inflammable et son emploi est une garantie contre les dangers de l'incendie.

Les briques de liège de M. Garnot présentent une résistance égale à celle des briques ordinaires. Elles peuvent se casser et se scier. A la truelle elles se taillent sans éclat. Elles se maçonnent avec tous les mortiers, chaux, plâtre, bitume et tous les enduits y adhèrent avec une extrême facilité.

La Société la *Subérine* fabrique également avec les déchets de liège des produits susceptibles d'application dans les constructions, pour les hourdis des planchers et des plafonds, la construction des cloisons, étuves, glaciers, etc. Le liège est concassé, broyé et pulvérisé. Les poudres les plus fines, celles qui passent au tamis de 140 à 200 fils au pouce carré sont utilisées dans la pharmacie comme véhicules d'agents antiseptiques ou comme succédanés du lycopode.

Les poudres 20, 60, 100 servent à produire, en s'amalgamant au plâtre, des staffs légers et résistant aux intempéries. Les poudres les plus grossières et les déchets, agglomérés au plâtre, et séchés à l'étuve

donnent des carreaux et des briques. On les associe encore au mortier de chaux pour la confection du béton. Le tableau ci-dessous donne le poids des briques et carreaux de liège aggloméré :

Briques de $220 \times 110 \times 60$ , le mille . . . . .	550 kg.
Carreaux de 30 mm d'épaisseur, le mètre carré.	11 kg.
— 35 mm — — — — .	13 <sup>kg</sup> ,250
— 40 mm — — — — .	15 kg.
— 45 mm — — — — .	16 <sup>kg</sup> ,875
— 50 mm — — — — .	18 <sup>kg</sup> ,750

Une cloison de 8 cm d'épaisseur en liège aggloméré ravalée des deux faces, pèse, le mètre carré, 45 kg.

Les résistances pratiques du liège à l'écrasement sont les suivantes :

0 kg,500 par centimètre carré, les briques non hourdées, soit . . . . .	5 000 kg. par m <sup>2</sup> .
0 kg,800 par centimètre carré, les briques hourdées en plâtre, soit . . . . .	8 000 kg. —
1 kg. par centimètre carré, les briques hourdées en mortier de ciment, soit . . . . .	10 000 kg. —

Les planchers sont rendus insonores par l'emploi du *béton de liège*. Son application est des plus simples. Le plancher est préparé avec ses entretoises, ses fentons et son cintrage comme pour le hourdis en plâtre. On coule alors un béton de liège additionné d'une matière spéciale appelée *liégine*. Une épaisseur de 8 cm est parfaitement suffisante. Ce béton une fois pris, on fait des solives en plâtre dans l'espace laissé vide sous l'aile du fer, et on recouvre d'une légère chape de plâtre.

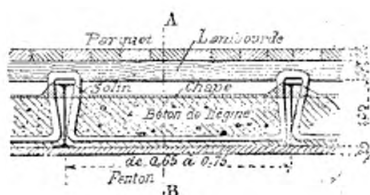


Fig. 298.

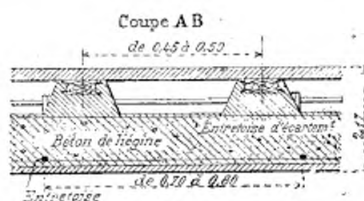


Fig. 299.

tre la surface du béton (fig. 298 et 299). Le hourdis de liège pèse, le mètre carré, sur 0<sup>m</sup>,10 d'épaisseur 54 kg. ; sur cette épaisseur de 0<sup>m</sup>,10, il résiste à une charge de 1 200 kg. par mètre carré, sans flexion.

Voici la composition du béton de liège :

1° Liège : 9 kg.

2° Liégine pure : 0 kg,250;

3° Plâtre 45 kg.

En plus, une chape de 3 cm et les solins.

Dans les planchers déjà existants, ou dans les planchers avec solives en bois, quand on veut obtenir l'insonorité sans surcharge, on emploie le liège à sec et on en remplit les augets et les entrevous.

La *poudre de liège* ou liège en grumeaux que fabrique aussi la société la Subérine, sert au remplissage des planchers, et peut s'ajouter à tous les genres de mortiers. Elle pèse 80 kg. le mètre cube.

Pour les enveloppes des tuyaux de vapeur, de fumée, d'eau chaude et froide, etc., la liégine les rend isolantes, et pour des températures supérieures à 180°, on emploie le suber-enduit, produit à base minérale résistant à 350°.

M. Zboril de Vienne exposait son nouveau produit : le *Xylolith*, qui, en Autriche, en Russie et en Suisse, occupe déjà la première place pour la confection des planchers. D'une façon générale, le *Xylolith*, « bois-pierre » s'entend d'une combinaison chimique de minéraux mélangés de sciure de bois, le tout formant une masse extrêmement dure, incombustible, que ne désagrègent ni les acides faibles, ni l'eau, ni le feu, ni même une cuisson prolongée.

Le *Xylolith*, fait d'un seul jet, sans joint d'un mur à l'autre, représente un enduit qui a toutes les qualités d'un parquet ordinaire et qui offre la plus grande somme de propreté qu'il soit possible d'imaginer. De cette façon, on obtient alors un plancher hygiénique, inconnu jusqu'ici.

Tout sous-sol ne peut convenir au *Xylolith*, On peut se servir de vieilles planches de bois dur ou tendre, pourvu qu'elles ne soient pas vermoulues. S'il s'agit de nouveaux planchers à faire, on doit se servir de planches non rabotées, ébarbées, de 0<sup>m</sup>,03 au moins d'épaisseur, solidement clouées et posées. Les planches, larges de 0<sup>m</sup>,20 au plus, doivent être espacées les unes des autres de 0<sup>m</sup>,002 ou de 0<sup>m</sup>,003 environ, afin de permettre l'adhésion de la masse *Xylolith*. Il faut avoir soin dans les deux cas, de larder le plancher pour obtenir une adhérence complète.

On peut se servir d'un plancher de briques non spongieuses et suffisamment cuites; les briques doivent être posées au mortier de chaux ou au ciment, afin d'obtenir une parfaite immobilité. Il faut piquer, pour l'adhérence, les briques pressées trop lisses.

Le Xylolith peut se poser sur un béton de chaux hydraulique bien fait, d'une épaisseur variant de 0<sup>m</sup>,06 à 0<sup>m</sup>,10 suivant la résistance du sol ou support.

Les briques de liège forment un excellent sous-sol, surtout dans le cas où l'on veut obtenir une isolation complète contre la chaleur et le froid.

Dans tous les cas on peut poser le Xylolith sur un vieux dallage en pierre; il faut avoir soin de piquer la pierre, afin qu'elle ne soit ni polie, ni glissante.

Le contact direct du Xylolith avec le plâtre est absolument nuisible. Tout plancher composé de briques ou pierres posées au plâtre, doit être recouvert d'un enduit ou chape en mortier de chaux hydraulique d'au moins 0<sup>m</sup>,01 d'épaisseur, avant de recevoir la couche de Xylolith.

On étend ce produit de manière à former une couche de 0<sup>m</sup>,01 à 0<sup>m</sup>,012 d'épaisseur. Dans les nouvelles applications, le sous-sol doit être assez bas, afin de permettre d'atteindre le niveau désiré. Si ce sous-sol n'était point horizontal, il faudrait le niveler.

On étend la couche de Xylolith avec le plus grand soin. Pendant la fabrication et la prise de ce dernier, il est bon d'avoir une température de 12 à 15 degrés; la prise se fait en 24 heures. Il ne faut point marcher sur le Xylolith fraîchement posé, avant de l'avoir lavé à l'eau pure, ni mettre dessus du mortier, de la couleur ou tout autre chose pouvant le salir.

On peut cirer l'enduit de Xylolith, avec une espèce de cirage appelé *Cire Xylolith universelle*. Il faut en étendre une couche aussi mince que possible, et lorsqu'elle est sèche, la frotter avec des brosses ou des linges jusqu'à ce que le Xylolith brille d'un vif éclat. On peut aussi laver le Xylolith à l'eau froide ou chaude, avec un peu de soude ou de savon noir ou bien avec une cuillerée à soupe de pétrole par litre d'eau. On frotte à l'éponge ou à la brosse, mais jamais à la paille de fer. Si quelques taches persistent, on les frotte avec un peu de chlorure de chaux en poudre. On peut après un certain laps de temps, repolir et recirer le Xylolith.

Les douelles en liège naturel de MM. *Demuth frères*, leur carreaux et briques de même composition ont au plus haut degré les qualités isolatrices du liège sans ses inconvénients. Ce résultat a été obtenu par l'emploi d'un agglomérant qui est lui-même un isolant d'un volume presque nul en même temps que d'une très grande puissance. Des essais faits au Conservatoire des Arts et Métiers, ont donné 14,5 de résistance par centimètre carré.

## 2° Chaux et Ciments.

Les produits exposés étaient nombreux, nous n'en citerons que les plus intéressants.

Le ciment artificiel *Vicat* de la *Société des Portlands méridionaux* est fabriqué sous le contrôle technique de la maison-mère de Grenoble. L'usine de Valdonne (B.-du-R.) est spécialement affectée à la fabrication de ce ciment artificiel ; elle est outillée avec les perfectionnements les plus récents pour une production de 50 000 tonnes. Les méthodes de dosage, de mélange et d'homogénéisation sont appliquées de façon à assurer une rigoureuse constance du produit.

Le ciment fabriqué résulte de la mouture des roches scarifiées obtenues par la cuisson jusqu'à fusion pâteuse, d'un mélange de chaux et d'argile rigoureusement dosé, chimiquement et physiquement homogène dans toutes ses parties. Chacune des deux poudres initiales est homogénéisée dans des appareils spéciaux avant l'analyse. Le mélange s'opère ensuite dans des mélangeurs suivis d'homogénéiseurs perfectionnés. — Des silos sont établis pour l'emmagasinage.

Les mortiers composés de 150 kg. de ciment Vicat pour un mètre cube de sable, gâchés dans les conditions ordinaires de la pratique des chantiers, donnent une résistance à l'arrachement de 3 kg. par centimètre carré après 28 jours et de 6 kg. après 84 jours. Au pont de Claix (52° d'ouverture, le mortier de la voûte est composé de 300 kg. de ciment Vicat pour 420 kg. de sable du Drac ; le mortier des tympans est composé de 167 kg. de ciment pour 350 kg. de sable. Au viaduc de la Rivoire, sur la ligne de la Mure, le mortier est composé de 450 kg. de ciment pour un mètre cube de sable.

Le tableau suivant donne le rendement en mortier des mélanges de sable et de ciment Vicat.

*Rendement en mortier des mélanges de sable et de Ciment Vicat.*

Composition du mélange.			Volume du mortier
Ciment	Sable sec	Eau	
kilos	litres	litres	mètres cubes
1.400	1.000	410	1,470
1.000	1.000	303	1,340
700	1.000	225	1,260
500	1.000	187	1,200
350	1.000	157	1,130
250	1.000	122	1,090
200	1.000	114	1,070
150	1.000	100	1,050

Pour la confection des carapaces en béton des forts de l'Est, on a employé le dosage suivant :

350 kg. ciment Vicat.  
 239 lit. sable grenu.  
 900 lit. cailloux cassés à l'anneau de 0,06.

Ce mélange donne un mètre cube de béton plein sans excès de mortier.

Pour les dallages on emploie une couche de béton de 0,08 à 0,100 d'épaisseur et une chape en ciment de 0,02 à 0,03 d'épaisseur. Pour les chaussées de rues, la couche de béton a de 0,15 à 0,20 d'épaisseur et la chape de 0,05 à 0,06. Pour les dallages exposés aux intempéries, le béton doit reposer sur une couche de graviers de 0,25 d'épaisseur. Le gravier doit être très propre et grillé à l'anneau de 0,04. Le mortier pour la chape doit être composé au minimum de 1350 kg. de ciment pour un mètre cube de sable.

Le tableau suivant donne la résistance à l'arrachement des briquettes au ciment Vicat sans sable.

Age des briquettes	Résistance à l'arrachement de briquettes en Ciment Vicat sans sable		Observations
	Gaché avec 20 0/0 d'eau	Gaché avec 25 0/0 d'eau	
7 jours	44,6	33,8	Les briquettes avaient 16 cm <sup>2</sup> de section et étaient conservées sous l'eau.
28 »	41,8	40,9	
85 »	40,7	41,3	

Nous donnons ci-dessous les résultats des expériences faites au laboratoire de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées sur les ciments Vicat.

## Laboratoire de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (Paris)

*Essais faits avec les Échantillons du « CIMENT VICAT ARTIFICIEL »*  
*Fabriqués à l'Usine de Valdonne (B.-du-Rh.)*

*Extrait des Procès-Verbaux Nos 5232 et 1576*  
*des 2 mars et 22 avril 1896*

**Composition chimique :**

Silice . . . . .	20,60
Alumine . . . . .	8,75
Peroxyde de fer . . . . .	3,25
Chaux . . . . .	60,00
Magnésie . . . . .	1,05
Acide sulfurique . . . . .	0,85
Perte au feu . . . . .	5,30
Éléments non dosés de pertes . . . . .	0,20
Total . . . . .	<u>100,00</u>

**Ce ciment a laissé au tamisage :**

Sur le tamis de 324 mailles . . . . .	<u>0,0</u>
» 900 » . . . . .	<u>1,5</u>
» 4.900 » . . . . .	22,6
donnant en fine poussière . . . . .	77,4
Total . . . . .	<u>100,0</u>

Pesé dans une mesure d'un litre où il avait été introduit sans tassement, il avait une densité apparente :

Echantillon tel quel . . . . .	<u>1,206</u>
--------------------------------	--------------

Pour faire avec ce ciment une pâte à bonne consistance, on a dû employer une quantité d'eau douce à la température de  $+ 15^{\circ}$  centigrades représentant par rapport au poids du produit employé . . . . . 23,5 %

Les essais de prise faits sur des pâtes à consistance normale, les unes conservées à l'air humide, les autres immergées dans l'eau douce, ont donné lieu aux constatations suivantes :

	Pâtes conservées à l'air humide	Pâtes immergées dans l'eau douce
Début de la prise . . . . .	4 h.	5 h. 45
Prise complète . . . . .	7 h. 30	13 h.

## Laboratoire de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (Paris)

Essais faits avec les échantillons du « CIMENT VICAT ARTIFICIEL »

Fabriqués à l'Usine de Valdonne (B.-du-Rh.)

*Essais de résistance  
à l'arrachement et à l'écrasement  
faits sur des petites briquettes  
en 8 de 5 cm<sup>2</sup> de section transversale.*

**Briquettes en pâte de ciment pur**

Eau de gâchage : 23,5 %

Moyennes générales . . . . .

» des 3 maxima . . . . .

**Briquettes en mortier au dosage  
en poids de****1 de Ciment pour 3 de sable normal**

Eau de gâchage : 8,5 %

Moyennes générales . . . . .

» des 3 maxima . . . . .

Résistance par centimètre carré			
A l'arrachement		A l'écrasement	
après 7 jours	après 28 jours	après 7 jours	après 28 jours
k.	k.	k.	k.
48,5	51,9	614	815
57,5	49,3	594	785
42,0	49,7	584	735
49,1	51,5	584	825
52,0	57,0	614	795
47,2	52,6	614	835
49,4	52,5	601	798
52,9	54,7	614	825
k.	k.	k.	k.
21,8	27,0	307	383
21,0	27,5	292	351
23,0	28,7	341	373
24,2	25,2	298	417
24,5	22,5	313	426
21,2	27,8	317	413
22,6	26,5	311	394
23,9	28,0	324	419

Paris, le 2 juin 1896.

*L'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées,  
Chef du Service des Laboratoires*

Signé : DEBRAY.

Les usines de la *Société anonyme des chaux et ciments de Beffes* sont situées dans le département du Cher, sur le bord du canal latéral à la Loire, à 1 500 m de sa jonction avec le canal du Berry.

Les matières premières sont extraites d'une carrière présentant un front de taille de 500 m de développement sur 25 m de hauteur.

Le tableau suivant donne l'analyse des divers éléments constitutifs du calcaire extrait :

Résidus insolubles dans les acides. . . . .	14 80	18.70
Alumine peroxyde de fer. . . . .	0.70	1.35
Chaux . . . . .	44.55	40.05
Magnésie . . . . .	0.55	0.60
Perte au feu. . . . .	39.40	39 30
	100.00	100.00

Tout le calcaire est élevé sur les fours, ainsi que le charbon, au moyen d'un monte-charge vertical, d'une hauteur de 28 m et actionné par une machine à vapeur de 30 chevaux.

Les fours, au nombre de 30, sont adossés à la carrière. Ils cubent 40 m<sup>3</sup>, sont de forme ovoïde, avec une hauteur de 8<sup>m</sup>,50 et 3 m de diamètre au ventre. La production d'un four est de 12 m<sup>3</sup> de calcaire par 24 heures. Des magasins d'extinction, contigus aux fours, sont construits en briques, et reposent sur un béton hydraulique. Ils peuvent contenir 8.000 m<sup>3</sup> de chaux. Les ateliers de blutage et de broyage font suite aux magasins d'extinction et sont placés en bordure du canal. Ils comprennent 7 bluteries pouvant donner une production de 5000 hect. de chaux par journée de travail de 4 moulins pour le traitement des grappiers et dessus cuits. 2 machines, donnant ensemble 105 chevaux-vapeur, actionnent les bluteries et les moulins.

Les usines de *Xeuilley* présentaient des bocalux contenant :

- 1° Des morceaux de chaux non hydratée, à la sortie du feu ;
- 2° De la fleur de chaux sans addition de grappier ;
- 3° Des grappiers avant le broyage ;
- 4° Des grappiers broyés ;
- 5° De la chaux marchande telle qu'elle est livrée à la consommation.

Il y avait aussi un échantillon de la toile métallique employée au blutage des produits permettant au visiteur de se rendre compte de leur finesse. Elle atteint 20 000 trous par décimètre carré. La Société de ces usines exposait aussi des échantillons de mortiers provenant du

fort de *Pont Saint-Vincent* (Meurthe-et-Moselle), des usines de *Neuves-Maisons*, et d'un barrage en Moselle. Ces mortiers ont été fabriqués avec un dosage de 300 kg. par mètre cube de sable. On remarquait un lot de briquettes fabriquées en 1899 et 1900 à différentes époques et placées près d'un appareil d'essai à l'arrachement. Ces briquettes avaient été toutes immergées après 24 heures de fabrication. On pouvait faire des essais en en cassant quelques-unes. Quelques verres et une aiguille Vicat permettaient également de faire des expériences de prise rapide. Il y avait aussi un plan colossal des usines de Xeuilley, un plan des carrières et une coupe. Sous le panneau se trouvaient des blocs de calcaire employé avec des échantillons de chaux pure.

La production des Usines de Xeuilley atteint 10 000 sacs de 50 kg. par jour.

Citons pour terminer l'usine *Quillot* à *Frangy* (Yonne), la *Société des Ciments Français* et des *Portlands de Boulogne-sur-Mer* et de *Desvres*, la *Compagnie Nouvelle des Ciments Portland du Boulonnais* et enfin la *Société Anonyme des Chaux hydrauliques et Ciments de l'Aube*, sans oublier les célèbres usines *Lafarge du Theil*, etc., etc. Toutes ces usines avaient une exposition remarquable tant par la variété des produits exposés que par leur arrangement.

L'Espagne présentait dans son Exposition les dallages en ciment de la maison *Veuve Guizard* et *Recouly* de Barcelone. — Ces dallages s'appliquent de trois façons : Monolithe mixte (le monolithe étant coupé par des bandes de dalles ou de pavés pour la visite des canalisations ; tout en dalles ou pavés. Le type le plus courant est un dallage de 0<sup>m</sup>,25 d'épaisseur totale. Le béton de fondation est répandu en deux couches successives très fortement pilonnées ayant ensemble 0<sup>m</sup>,20 d'épaisseur. Sur ce béton encore frais on applique une chape en mortier de ciment de 0<sup>m</sup>,05 ; le tout forme un monolithe de 0<sup>m</sup>,25 qui repose soit directement sur le sol préparé à l'avance, s'il est sec, soit directement sur une couche de pierraille ou de sable formant filtre si le sol est humide. On emploie le ciment vieux, la pierre cassée ou le gravier ; le sable a une grosseur de grain de millet jusqu'à un pois chiche.

Un dallage a été établi de cette manière en 1840, à Barcelone au croisement de deux voies très fréquentées, la *Rembla de Cataluna* et la *Ronda de la Universidad*.

La *Société Anonyme des Ciments de laitiers de Donjeux* expo-

sait ses produits dans le groupe VI classe 28, au Champs-de-Mars, et groupe XVII, classe 44, au Trocadéro. Les Ciments de laitiers sont particulièrement recommandés pour les travaux à l'eau et à l'humidité. Leur emploi offre un double avantage : économie d'achat et économie de dosage.

Les tuyaux fabriqués avec ces ciments résistent aux gelées et sur leur surface qui restelisse, il ne se forme pas de dépôt. Ils acquièrent à l'eau et à l'humidité une dureté qui ne fait que s'accroître avec le temps. Les briques et pierres artificielles sont d'un grain pur et homogène ; aussi dures à l'intérieur qu'à l'extérieur, elles résistent parfaitement et ne sont nullement gélives, leur couleur rappelle celle de la pierre de taille. Bien sèches, elles supportent la peinture sans s'altérer.

En incorporant à la pâte des oxydes métalliques, on obtient des briques et des pierres de diverses nuances.

### 3<sup>e</sup> Pierres de taille

Les pierres se présentent sous deux aspects différents. On les divise en *pierres calcaires* et en *pierres siliceuses*.

Les *pierres calcaires* ont une densité très variable qui ne dépasse jamais 3000 kg. le mètre cube. Elles offrent toutes les espèces de structures : compacte, granuleuse, grésiforme, terreuse, grossière, cellulaire, cristalline et saccharoïde. Elles se divisent en *pierres dures* qui ne se laissent débiter qu'à la scie à eau et à sable, et en *pierres linches* qui se coupent avec la scie à dents. Les premières comprennent le *liais*, le *cliquart*, la *roche*, le *banc franc* ; aux secondes il faut rattacher la *lambourde*, le *vergelé*, le *parmain*, le *banc royal*, le *Conflans* et le *Saint-Leu*.

Les *pierres siliceuses*, provenant de terrains ignés, comprennent le *quartz*, la *meulière*, les *grès*, les *schistes*, les *granits*, les *pierres feldspathiques*, la *serpentine* et les *pierres volcaniques*. Ces pierres, qui sont très résistantes dans tous les sens, servent pour les bétons, les fondations, les pavages, les couvertures, les monuments funéraires.

La bonne pierre résiste à l'humidité, n'éclate pas au feu, donne un son plein quand on l'a frappée, est inaltérable, se travaille facilement, adhère très bien au mortier et résiste à l'écrasement et au choc. Les pierres à employer ne doivent pas être *gélives*, *moyées*, *moulinées*, ou *ferrées*, elles ne doivent contenir ni *cendres*, ni *poils*, ni *mollasses*.

L'attention du visiteur de l'Exposition était vivement frappée du goût avec lequel se trouvaient classées les nombreuses variétés d'un produit cependant presque uniforme.

MM. Civet, Crouet, Gautier et C<sup>ie</sup> dirigent une des plus importantes sociétés d'exploitation des carrières de pierre à bâtir. Cette société possède, soit aux environs de Paris, dans un rayon très étendu, soit dans diverses parties de la France, des carrières dont les produits diffèrent essentiellement les uns des autres, et qui lui permettent de fournir des pierres fines pour la statuaire et les travaux de belle architecture, aussi bien que des pierres tendres et demi-dures pour les élévations, façades et intérieurs, des pierres dures pour soubassements, travaux d'art, dallages, marches, balcons, etc., ou encore des pierres de choix pour couronnements, colonnes, vasques et travaux hydrauliques.

Les diverses carrières exploitées par cette société ont produit depuis 1853, époque où M. Civet commençait son entreprise, jusqu'à 1890, 1.895.429 m<sup>3</sup> de pierres de taille dont 64.475 ont été exposés. Peu à peu, les nécessités toujours croissantes de la construction et le développement donné aux travaux de toute nature dans lesquels la pierre est employée ont amené MM. Civet, Crouet et Gautier à rechercher de nouveaux produits et à augmenter le nombre des carrières mises en exploitation.

De 1890 à 1900, ils en ont ajouté six aux vingt centres d'exploitation qu'ils avaient déjà. Ils ont tiré les pierres tendres calcaires de la Vienne, les pierres calcaires fines de la Meuse ; ils ont demandé les calcaires durs aux roches de Chauvigny ; ils ont emprunté aux roches de Meurthe-et-Moselle le grès de Badonviller et aux montagnes des Vosges leur granit.

Ces matériaux divers ont été employés dans la construction de la Sorbonne, du Pavillon de Flore, du palais de justice de Bruxelles, à la restauration de l'Hôtel de Ville de cette capitale, à la construction du théâtre d'Anvers, et à une infinité d'autres ouvrages tout en France qu'à l'étranger.

Dans l'Exposition de la Société anonyme des carrières du Poitou, on remarquait les roches dures de Chauvigny, des forges-Moulismes, les roches demi-dures de Tercé et de Lavoux et le banc royal de Château-Gaillard dont le gisement est exploité en cavage suivant une série de bancs appartenant au terrain jurassique, étage callovien. Les quatre premiers bancs ont de 0<sup>m</sup>,65 à 0<sup>m</sup>,85 d'épaisseur ; le cinquième a 1<sup>m</sup>,70

d'épaisseur, et le sixième banc 0<sup>m</sup>,55 à 0<sup>m</sup>,60 de hauteur. Cette pierre d'une belle couleur blanche, remarquable par sa finesse et son homogénéité aussi bien que par sa résistance, a été employée au château des Tuileries.

On ne manquait pas de s'arrêter devant les plaques en marbre polies et grésées, les blocs de pierres brutes et ébauchées de la maison Pradelles frères de Chomérac (Ardèche). Les calcaires de cette région sont excessivement durs et compacts ; leur couleur est gris-bleu, leur résistance à l'écrasement est de 1.800 kg. par centimètre carré. Parmi les monuments où est entrée la pierre de Chomérac, nous citerons la fontaine monumentale de Montélimar et celle de Valence.

Trois sortes de pierres de couleurs différentes, blanche, rose et jaune, attiraient aussi les regards du visiteur. Ces pierres qui ont beaucoup de ressemblance avec les marbres, sont extraites des carrières de l'Echaillon, commune de Saint-Quentin (Isère). Ces carrières qui appartiennent à M. G. Biron, ont fourni au moyen âge et à l'époque de la Renaissance, les éléments de construction de la cathédrale de Grenoble, du couvent de Montfleury, de la chapelle du palais de justice, ancien palais des Dauphins, du château d'Uriage, etc. C'est surtout l'échaillon blanc qui a été mis à contribution pour ces monuments, à cause de son aspect, qui peut rivaliser avec celui du marbre de carrière.

La pierre rose d'Echaillon provient du même gisement que la pierre blanche. Elle contient les noyaux blancs qui ne sont autre chose que des polypiers convertis en calcaire. La pâte est celle de la pierre blanche ; elle est colorée par des particules d'oxyde de fer anhydre ou hydraté.

A douze kilomètres environ du même point d'exploitation, la maison G. Biron possède une carrière de pierre dite échantillon jaune. Cette pierre est susceptible d'un beau poli et ressemble au marbre dit *Brocatelle*.

Les carrières de l'Echaillon ont fourni les socles des pylônes et les balustrades du pont Alexandre III.

Dans la composition du même pont sont entrées les pierres des carrières de Souppes près Château-Landon (Seine-et-Marne), qui appartiennent à MM. Delalieu, Houy et C<sup>ie</sup>.

Les socles des grands et petits Palais des Beaux-Arts proviennent des carrières de M. Bidault à Château-Landon (Seine-et-Marne), qui ont fourni aussi leur contingent à la nouvelle gare de Lyon.

A la porte du palais du Génie civil, se trouvaient les colonnes en pierre de la maison Fèvre et C<sup>ie</sup> avec des échantillons des pierres de Comblanchien, d'Euville, d'Ancy-le-Franc, etc. Cette Société possède des Usines hydrauliques et à vapeur pour la taille à Chassignelles, à Roffey, à Fulvy, à Argenteuil et à Euville.

Dans le Pavillon de la République de Saint-Marin, MM. Francini frères exposaient les pierres extraites des différentes carrières du pays.

Nous ne pouvons passer sous silence les expositions de pierres à bâtir de la Belgique représentées par les Sociétés des carrières de Joignies et des carrières du Hainaut, du Canada, de la Russie, etc, etc.,

#### 4<sup>o</sup> **Marbres.**

L'exposition des marbres offrait de curieux échantillons. Les marbres mis en œuvre figuraient surtout par les soins de MM. *Sarfoury, Laichemolle, Drouet Langlois, Gruot et Bezenech de Paris, Cantini de Marseille, Valensi de Tunis*. Ce dernier exposait des spécimens très rares provenant de la côte italienne, de l'Afrique et du Levant, principalement des onyx et des marbres blancs. La *Russie* exposait aussi quelques échantillons de marbre. On admirait la collection de *M. Mairovitz de Barossèbes (Hongrie)* et celle de *M. Massardi de Mezzano (Italie.)*

Dans l'*Inde Anglaise*, on remarquait les marbres de *Delhi* et de *Gyepore* ; dans la *Turquie*, la collection de marbres de *Tohat*, qu'on retrouvait également au *Mexique*. La *Grèce moderne* a retrouvé les anciennes carrières qui produisaient le marbre de *Paros*, le marbre *penthétique*, et elle en a tiré tout le parti possible. Le *Portugal* possède beaucoup de marbres ; il n'en est pas de même de l'*Allemagne* qui n'a guère que les carrières de *Silésie*. — La *Suède*, la *Norvège* et l'*Angleterre* possèdent très peu de marbres ; à signaler cependant ceux exposés par la maison *Guide de Christiana*.

Enfin l'*Ile de Sumatra* possède un beau marbre noir à veines blanches ou jaunâtre.

#### 5<sup>o</sup> **Stucs et marbres artificiels. — Pierres factices. — Mastics.**

On donne le nom de *Stuc* à une composition spéciale qui, au moyen de la peinture et du polissage, parvient à imiter parfaitement le marbre.

Il y a à distinguer :

- 1° Le *Stuc à la chaux*, mélange de chaux et de poudre de marbre ;
- 2° Le *Stuc au plâtre*, mélange de plâtre et de colle forte.

Le premier est meilleur et plus résistant que le second, mais sa couleur est moins agréable à l'œil. On l'emploie lorsqu'on craint l'humidité. Le second est destiné surtout à être placé dans l'intérieur à l'abri de l'humidité et des intempéries de l'air.

Le stuc a été employé fréquemment dans la décoration intérieure des palais de l'Exposition.

M. Taté s'est consacré à la production de l'*Alabastrine* (plâtre aluné d'albâtre) qui est désignée, sous le nom de ciment blanc ou anglais. — L'usine des *Vallières* qu'il dirige, se trouve près de la seule carrière d'albâtre que nous possédions en France. Cette usine, dont les Anglais sont eux-mêmes tributaires, peut produire dix tonnes par jour et lutter avec les produits anglais comme prix et qualité. Employée pure, elle peut remplacer presque partout les plâtres et les ciments et elle s'applique sur tous les matériaux de construction.

Les expériences faites à l'Ecole des mines ont démontré que l'alabastrine gâchée avec 35 0/0 d'eau donne pour des cubes de 30 mm une résistance à l'écrasement de 1400 kg.

L'alabastrine doit à la présence de l'alun de présenter une dureté plus grande, un poli plus fin et plus durable et une fixité plus complète aux colorants que les stucs à la colle, qui forment une substance putrescible et très hygrométrique.

L'usine des *Vallières* prépare une alabastrine tintée qui forme un enduit supprimant la peinture.

Mélangée de 2/3 de pierre pilée et d'ocre, elle donne dans le ravalement tous les tons de la pierre. On obtient en la mélangeant avec du ciment un produit qui tient à la fois du plâtre et du ciment qui a l'aspect du ciment métallique et qui peut le remplacer, sans qu'il soit utile de brûler la pierre.

Enfin l'alabastrine, presque sans porosité avec son fixatif d'alun, est un des meilleurs dessous pour la peinture. La peinture ou le badigeon exécuté sur cet enduit ne se raye pas à l'ongle ; on peut la laver et l'appliquer sur tous les matériaux. L'alabastrine paraît donner la solution si souvent cherchée en vain du problème de la peinture sur ciment.

M. Eug. Luce fils présentait à l'Exposition son produit la *Marmorréine* qui sert à durcir instantanément les enduits en plâtre, anciens ou

récents, plafonds, statuettes, médaillons, moulages, etc. La *Marmoréine* ne couvre pas, n'a aucune épaisseur et est incolore. Les plâtres continuent de respirer ; mais ils ne peuvent plus être rayés par l'ongle ni par un corps dur. Cette combinaison chimique contient 75 0/0 d'acide borique ; elle est antiseptique et s'oppose à l'invasion des insectes microbes et moisissures. Les plâtres marmorisés supportent sans diminution de dureté tous les lavages périodiques qu'on peut exécuter comme sur du marbre. Ils peuvent se polir comme le stuc. Au moyen d'une teinte spéciale, on peut donner aux enduits en plâtre l'aspect et la couleur de la pierre ; cette opération de teintage doit être faite avant le durcissement. Les statues, hauts et bas reliefs, staffs, ornements divers sont éminemment durcis par la marmoréine sans altérer en rien la finesse des profils et des détails et elle résiste à toutes les intempéries.

Le mortier pierre de la maison *Ligny et Leprêtre* est un enduit qui, durci par un procédé spécial présente en quelques jours les apparences de grain ou de poli et la fermeté de la pierre. S'il possède ces qualités de la pierre, il peut en emprunter toutes les nuances et la remplacer partout.

Il prend comme le ciment, durcit rapidement non seulement à la surface, mais aussi se solidifie à l'intérieur de façon à ne se laisser attaquer que difficilement par un objet tranchant. Il ne se fendille pas et se nettoie très facilement. Il se livre en poudre par sacs de 50 kg. prêt à être employé, pour toutes les nuances. On le gâche comme du ciment, on l'emploie en une seule opération, sans mélange, à une épaisseur de 12 à 15 millimètres, après avoir eu soin de bien nettoyer les joints. Pour imiter des assises de pierre, on bouche les joints qui peuvent varier de 5 à 10 mm de largeur, avec du mortier pierre blanc et fin ; on passe ensuite sur toute la surface de l'enduit soit la berthelée du côté sans dents, soit le chemin de fer et l'on obtient un joint propre.

Les moulures se traînent au calibre ; pour leur donner le grain de la pierre, on les repasse en sens inverse afin d'éviter le polissage ; un coup de brosse achève le travail.

Au nombre des produits de la maison *Blanchon*, il faut citer les mortiers silexo-calcaires colorés, ordinaires et hydrauliques, le mortier ordinaire *non piquant* et le mortier ordinaire *légèrement piquant*. Le mortier hydraulique, prise lente, se taille, se ravale, se sculpte et acquiert la même dureté dans toute son épaisseur d'enduit, après une douzaine de jours environ d'application. Il s'emploie comme le mortier de ciment de portland pour corniches, socles, etc. M. Blanchon fabrique aussi un ciment très blanc pour stucateurs.

Le sable *mortier coloré*, système Fabres, est un produit qui rend de véritables services à la construction en général. On ne peut pas toutefois l'appliquer sur les murs salpêtrés ou atteints d'humidité permanente. Il ne craint pas la gelée, il résiste à l'air de la mer et se comporte bien à l'humidité. Une fois posé, il a toutes les qualités de la pierre dite vergelée. Pour confectionner ce produit, on se sert exclusivement de sable de rivière ou de plaine, en tout cas du sable d'eau douce.

La *métalline*, produit fabriqué de M. Stocker, à Paris, sert à faire des mortiers imitant la pierre tendre, et des mortiers imitant la pierre dure. Les premiers s'emploient principalement pour les ravalements de façades, souches de cheminées et tous travaux de grandes dimensions. Ils résistent bien aux intempéries des saisons.

La *métalline pierre tendre*, supérieure au stuc et plus polie s'emploie principalement pour les vestibules, cages d'escalier, moulures de toutes espèces, et travaux très soignés. Elle se travaille comme le plâtre.

La *métalline pierre dure* s'emploie comme le ciment pour les corniches, entablements, bandeaux, chaperons de murs, etc., et ne nécessite pas de recouvrement en zinc.

La prise de la *métalline pierre dure* se fait en 10 à 15 minutes ; la maison peut aussi livrer des produits ayant une prise qui varie de 10 minutes à 6 heures.

La maison exposait des reproductions des cheminées des principaux châteaux de France.

Divers mastics sont employés dans les constructions.

*Mastic Dihl*. Le mastic Dihl se compose de 92 grammes de poudre de gazettes de fabrique de porcelaine ou de brique pilée et de 8 grammes d'oxyde de plomb. On fait le mélange avec de l'huile de lin. Il faut 23 litres d'huile pour un quintal de mastic. Ce mastic sert pour les rejointements dans les ouvrages en pierre. Il sert à enduire le fer, le bois, le plâtre. Il préserve les matériaux de l'action de l'air.

*Mastic Machabée*. Ce mastic comprend les matières suivantes :

Poix grasse . . . . .	60
Gallipot . . . . .	2
Bitume de Bastennes. . . . .	19
Cire vierge . . . . .	4
Suif de Russie . . . . .	3
Chaux hydraulique. . . . .	6
Ciment de Vassy . . . . .	6
Total. . . . .	100

On l'applique sur les parties humides des murs, sur les bois, exposés à l'humidité ; il préserve les fers de la rouille. Il convient pour le scellement de grilles et de tuyaux de fonte.

*Mastic albumineux.* Il comprend de la chaux en poudre et du blanc d'œuf. Il sert à recoller les pièces en marbre, en porcelaine et en faïence.

*Mastic des tailleurs de pierre.* On l'obtient en faisant fondre ensemble une partie de cire, une partie de soufre et deux parties de résine, auquel mélange on ajoute une portion plus ou moins forte de pierre pilée. Il sert à boucher les ébréchures et les défauts de la pierre.

*Mastic des menuisiers.* Il est formé d'ocre, de céruse ou de blanc d'Espagne et d'huile de lin. On y mêle aussi un peu de sable fin ou de poudre de tuileaux. On l'emploie pour réparer les défauts du bois : trous, gerçures, etc.

*Mastic des vitriers.* Se compose de craie et d'huile de lin ou de céruse et d'huile de lin.

Il a la composition suivante : 20 décagrammes d'huile pour 1 kg. de blanc ou de céruse.

On bat le mélange par morceaux de 2 à 3 kg.

*Mastic pour le scellement du fer dans la pierre.* Il est composé d'une partie de chaux hydraulique, 2 parties de poudre de tuileaux et de 1/2 partie de limaille de fer. Il est mis en pâte au moyen d'huile de lin.

### 6° Sable.

On désigne sous le nom de *sable* les fragments de rochers réduits en particules très petites et parmi lesquels domine la silice.

Outre les sables qu'on trouve sur les bords de la mer et dans les lits des rivières, il est des sables *fossiles* apportés par les eaux dans les grandes révolutions du globe et abandonnés par elles, et des sables *arènes* qui n'ont point été charriés et qui résultent de la décomposition spontanée de certaines roches arénacées, feldspathiques ou argileuses.

Les sables sont généralement blancs, gris, jaunes, rouges ou verts ; ces colorations sont dues à la présence d'oxydes métalliques.

Le grain des sables de rivière est moins anguleux que celui des sables fossiles ou de plaine.

Comme les roches d'où ils proviennent, les sables se divisent en *sables calcaires* et *sables siliceux*.

Les *graviers* sont des sables dont les grains plus ou moins réguliers ont la grosseur d'une lentille ou d'un petit pois.

On donne le nom de *sables* proprement dits à ceux dont les grains sont très petits, sphériques et réguliers.

Les *arènes* sont des sables qui tiennent le milieu entre les deux espèces déjà nommées. Ces derniers sont remarquables en ce sens qu'ils jouent le rôle de pouzzolanes naturelles vis-à-vis la chaux grasse avec laquelle ils forment des mortiers hydrauliques.

Les sables *siliceux* sont préférables lorsqu'on veut faire des mortiers, parce que la silice qu'ils contiennent fixe la chaux libre qui se forme lorsque le mortier est mis en contact de l'eau, et empêche ainsi la destruction des ouvrages que cette chaux amènerait infailliblement si elle restait libre.

Les sables s'emploient dans les constructions, pour former des mortiers, pour établir le lit et remplir les interstices des pavés, et asseoir les fondations; ils servent au balastage des chemins de fer. Ils servent aussi dans les verreries, au polissage des glaces, à la fabrication de briques blanches de sable usé des fabriques de glaces, et à la fabrication du sablier mortier coloré.

Voici les différents poids du mètre cube des divers sables employés :

Sable fin et sec. . . . .	1.400 à 1.430 kg.
Sable fin et humide. . . .	1.900 kg.
Sable fossile argileux . . .	1.710 à 1.800 kg.
Sable de rivière humide . .	1.770 à 1.880 kg.

La Société des Briques et Pierres Blanches de Marpent, près Jeumont (Nord), utilise industriellement le sable usé des fabriques de glaces avec lequel elle fait des briques et pierres blanches de tous modèles qui servent à la décoration intérieure et extérieures des édifices.

On sait que pour dresser des glaces, on fait frotter sur leurs surfaces, des plateaux en bois garnis de fonte, en interposant, entre la glace et le plateau, du grès fin ou du sable blanc quartzueux avec addition d'eau. Cette eau en s'échappant, entre les parties frottantes, entraîne avec elle le sable usé mélangé de verre et de la poussière de fonte provenant du frottement du sable intercepté. La proportion du verre en poudre impalpable est d'environ 13 0/0 du poids du sable, et celle de la fonte 3 0/0.

L'eau boueuse est décantée; les sables sont recueillis et accumulés; ils retiennent pas moins de 30 0/0 d'eau. Au bout d'un certain temps,

d'exposition à l'air ils se couvrent d'efflorescences blanches provenant de la soude en excès, qui, par suite d'une température insuffisante, n'est pas entrée en combinaison avec la silice dans la fusion des glaces et qui forme, sous l'influence de l'air et de l'humidité, des combinaisons solubles. Ce résultat peut provenir encore d'une dissociation des éléments constitutifs des glaces par le frottement.

On se rend compte par ce qui précède que ces sables très humides, ne renferment aucun élément plastique et ne peuvent s'agglomérer que sous l'effet d'une très haute pression, laquelle élimine en même temps l'excès d'eau.

Les sables sont séchés au degré de siccité convenable, broyés, malaxés et mis dans des moules de forme appropriée, puis, comprimés à une pression supérieure à 300 kg. par centimètre carré.

Les pièces, ainsi moulées, sont séchées et cuites dans des fours à une température supérieure à celle de la fusion des glaces, environ 1.500 degrés.

La proportion des silicates de soude fusibles, dans ces sables usés, est suffisante pour cimenter les particules siliceuses, et donner la consistance nécessaire aux objets façonnés.

À la température élevée à laquelle les pièces sont cuites, le feu est réduit et on obtient un produit parfaitement blanc, auquel on a donné le nom de Briques et Pierres Blanches. Ce produit constitue un nouveau mode de construction et possède des qualités toutes particulières.

Ce produit est léger; sa densité est de 1,15 à 1,45, selon l'usage auquel on le destine, soit moins des  $\frac{4}{5}$  de celle de la brique d'argile. Sa composition, silice et verre, montre qu'il est inaltérable aux acides; aussi est-il employé utilement dans les fabriques de produits chimiques.

Ces briques servent à la garniture intérieure des tours de Glover, des fours à sulfates, pour faire des supports dans les conduites d'acide chaud. En contact avec l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique chauds, elles résistent très bien et ne présentent aucune trace d'altération après quelques mois.

Elles résistent également bien à l'acide sulfureux, au chlorure de chaux, etc., ce qui en permet un emploi utile en papeterie.

Dans cette industrie, ce produit est utilisé pour le garnissage intérieur d'appareils de blanchiment et aussi sous forme de plaques filtrantes pour pâtes à papier. Ces briques présentent l'avantage de filtrer plus rapidement par suite de leur porosité naturelle et de ne pas être altérées par les acides employés pour les pâtes de bois et de paille.

Ces briques, selon l'usage auquel elles sont destinées, sont plus ou moins comprimées, d'où il résulte une puissance d'absorption plus ou moins grande, 20 à 40 0/0, *ad libitum*.

Cette grande faculté d'absorption a permis de faire des plaques de grandes dimensions et de faible épaisseur qui servent à la construction de vases poreux pour accumulateurs d'électricité et qui sont d'un prix bien inférieur à celui des plaques en porcelaine.

Les briques blanches ne sont pas gélives; des essais souvent répétés l'ont prouvé. C'est une matière qui respire, pour ainsi dire, c'est-à-dire prend et rend l'eau avec la même facilité.

En effet, les briques ne sont pas comprimées de telle façon que l'eau qui a été absorbée ne puisse s'en échapper, et comme le grain en est très fin et régulier, la masse est composée, pour ainsi dire, d'une infinité de tubes capillaires dans lesquels la circulation de l'air est très facile; il en résulte qu'il suffit d'un vent violent ou qu'il fasse froid, pour qu'elles soient sèches peu de temps après.

On sait que la gélivité s'explique par l'eau qui, en se congelant, désagrège les parties. Mais cela n'arrive que lorsque l'eau ne peut s'échapper facilement ou se trouve localisée dans un point sans issue; or la nature même de la brique blanche prévient cet inconvénient, l'eau pouvant sortir aussi facilement qu'elle peut entrer.

Pendant l'hiver de 1881-1882, ces briques blanches restèrent absolument inaltérables. Elles faisaient partie du château de *Lodelinsart*, près Charleroi, où elles servaient à la décoration. Elles sont restées les mêmes, malgré les émanations des usines de produits chimiques et des charbonnages des environs. Cela tient à la finesse du grain de la brique sur laquelle les poussières ne peuvent s'attacher.

En mélange, les sables usés permettent d'obtenir, avec certaines terres et du granit, un grès cérame très beau ou un pavé résistant qui présente le grand avantage de ne jamais devenir glissant et qui ne demande aucun entretien.

Si on mélange ces sables usés avec des terres cuisant blanc, on obtient, par l'émaillage, des carreaux de revêtement de toute beauté.

Dans la construction des usines, on mélange la brique blanche avec la brique rouge, avec la pierre bleue, etc., et on obtient une ornementation des façades et des cheminées.

Enfin la brique blanche se prête bien au moulage et remplace avantageusement la pierre taillée dont le prix est de beaucoup plus élevé.

Les essais officiels faits au Conservatoire des Arts et Métiers, ont

prouvé que ces briques résistent à l'écrasement complet sous des charges variant de 384 à 430 kg. par centimètre carré.

Pendant la cuisson, un certain nombre de pièces se fendent, de sorte qu'un nouveau déchet se produit. En broyant à nouveau ces déchets, et en tamisant le produit du broyage, on obtient une poudre. Cette poudre, en mélange avec un ciment de bonne qualité, en proportions déterminées, donne un ciment d'une belle teinte blanche pour rejointoiements, revêtements et enduits.

En moulant et en cuisant à nouveau cette poudre, on fabrique des pierres ponces artificielles.

Les matières premières qui entrent dans cette préparation sont du sable blanc, du feldspath et de la terre réfractaire; cette dernière, dans la proportion de 50/0, sert de matière agglutinante; un excès nuirait à la qualité de la pierre.

Le feldspath est employé à l'état calciné et en poudre presque impalpable. Le sable est blanc, très fin et contient une forte quantité de matières vitrifiables. La terre réfractaire est très pure et ne contient guère de sable palpable. On ajoute au sable 60 0/0 de feldspath en poudre et 50/0 de terre réfractaire délayée. Le tout est mélangé sous des meules en fonte tournant dans une auge de même métal. Puis on ajoute la quantité d'eau nécessaire, et on coule la pâte dans des moules en pâte.

Les pierres retirées des moules au bout de quelques heures sont ensuite exposées au séchage à l'air pendant quelques jours, et finalement logées délicatement dans des gazettes en terre réfractaire dont chacune reçoit quatre pierres.

L'espace vide entre les pierres est rempli de morceaux de feldspath que l'on calcine ainsi sans frais.

Les fours servant à la cuisson sont à deux étages. Dans la chambre supérieure, on fait cuire les objets les plus divers, tels que petites meules, pierres à repasser, etc., ayant à peu près la même composition que les pierres enfournées dans la chambre inférieure.

Chaque chambre a 1<sup>m</sup>,80 de large sur 3 m de long et 2 m de haut. Il y a quatre foyers ordinaires. La cuisson, faite à la houille, dure environ trente heures. Il y a toujours quelques pièces de rebut. Les pierres trop cuites sont broyées, et rentrent dans la composition de la pâte.

Le meilleur sable est celui qui permet d'en tirer, par un simple tamisage, le plus de numéros possible.

Si le sable ne contient pas de grains assez fins pour servir aux n<sup>os</sup> 6, 7 et 8 des pierres, on devra recourir à une calcination préalable du sable, soit dans les gazettes, soit en formant des briques avec 90 0/0 de sable et 10 0/0 de terre réfractaire que l'on fera cuire au four et pulvériser ensuite.

Le feldspath peut être remplacé par du verre pulvérisé. On mélange alors du sable blanc avec un volume égal de verre pulvérisé et passé au tamis 120, et on ajoute à ces matières 5 à 8 0/0 de terre réfractaire. La pierre obtenue est aussi belle qu'avec l'emploi du feldspath.

Tout le secret de la fabrication consiste à faire entrer dans la composition de la pâte assez de matières vitrifiables pour que la cuisson puisse s'opérer à une température relativement peu élevée, à peu près pareille à celle que nécessite la cuisson de la faïence. Le sable usé employé par la Société, ne présente pas d'arêtes coupantes et ne raye pas, tout en présentant un mordant suffisant pour les numéros fins.

Les pierres sont présentées sous forme de briquettes de dimensions commodes et variables. Le grain est régulier et uniforme. Chacun des deuxièmes numéros fabriqués a un degré particulier de recordant et de finesse de grain. Elles ont une très grande force de polissage, même dans les plus fins numéros. Leur texture est tellement serrée qu'elles ne s'usent que très lentement et très difficilement.

Voici les différentes espèces de pierres ponces fabriquées :

Gros grains n° 1 . . . . .	{ I tendre
	{ II dur
Grains moyens n° 2. . . . .	{ I tendre
	{ II dur
Grains fins n° 3 . . . . .	{ I tendre
	{ II demi-dur
	{ III dur
	{ IV très dur
Grains très fins n° 4. . . . .	{ I tendre
	{ II demi-dur
— superfins n° 5 . . . . .	{ III dur
	{ IV très dur

En matière de construction, les menuisiers emploient les n<sup>os</sup> 1, II ou le n° 2, II pour enlever les rugosités du bois.

Pour le *nettoyage* du bois, on sert du n° 3, I, à sec. Afin d'éviter l'obstruction des pores de la pierre, lorsqu'on s'en sert pour polir du

bois vert ou résineux, on la frotte de temps en temps avec une autre pierre à grains plus gros et plus durs. La poudre qui résulte de ce frottement est très utile pour accélérer le travail. On peut aussi saupoudrer l'objet à polir avec de la poudre de pierre ponce fournie en trois grains, ce qui facilite le travail. Pour le *polissage*, on emploie une pierre fine, le n° 3, II ou le n° 4, II. Pour empêcher l'absorption de l'huile, on trempe la pierre, au préalable, dans une solution de sel.

Pour le polissage des pierres, on emploie le n° 4, IV. L'ouvrage s'exécute rapidement, et on évite tout bouchage de pierre.

### 7° Conservation des Matériaux.

Diverses solutions ont été proposées pour transformer la surface des pierres calcaires en une espèce de marbre dur, brillant, inattaquable à l'air, sans changer les ornements.

M. Kulhmann imprègne le plus profondément possible les pierres avec un silicate double de potasse. Il se forme un silicate insoluble de chaux et un carbonate de potasse soluble. La liqueur de silicate de potasse est de 35°, et au moment de l'emploi, elle est étendue d'une fois et demie son volume d'eau.

Le *Silexore Mignot* s'applique de la même manière, il donne aux enduits en plâtre ou en ciment l'aspect que l'on désire. La couche est transparente lorsqu'on veut conserver aux matériaux leur aspect naturel, leur caractère et leur ton. Elle est couvrante lorsqu'on veut changer l'aspect naturel des matériaux. Elle a l'épaisseur d'une pellicule. Elle laisse néanmoins partir les vapeurs d'eau qui se forment dans la pierre au moment de la silicification, mais elle est inattaquable à l'humidité.

La *fluatation* de MM. Faure et Kessler de Clermont-Ferrand, consiste à employer des fluosilicates dont les plus usités sont:

- 1° le fluosilicate double ;
- 2° — de magnésie ;
- 3° — de zinc ;

Au contact des calcaires dans lesquels ils pénètrent, ils se décomposent en produits insolubles (silice, spath fluor, etc.) et en produits volatils (acide carbonique.)

Par un lissage rapide, on ne laisse à la surface de la pierre aucune cavité ou vide apparents, on bouche les fentes et on répare les petites avaries.

La pierre est ensuite poncée et polie. Elle n'est plus entamée par l'angle, et devient imperméable à l'eau. Elle reste propre et facile à nettoyer. En employant des fluosilicates colorés, il se fait dans la pierre une sélection qui répartit la couleur et en décèle l'anatomie intime en dessins d'un effet artistique.

Signalons aussi la *peinture siliceuse*, le *silicate* et l'*oxyde pierreux* de M. Caron.

### 8° Asphaltes et Bitumes.

On donne le nom d'*asphalte* à un calcaire dur imprégné de bitume, dans la proportion de 70/0. Le bitume se présente dans la nature, soit mélangé au calcaire, soit mélangé à des sables fins ou molasses, soit enfin à l'état natif, surnageant à la surface des lacs comme dans la mer morte, ou les comblant tout à fait comme on le voit dans l'île de Trinidad (Antilles.)

L'*Allemagne* présentait à l'Exposition les bitumes de *Lobsaum* ; la *Colombie*, ceux de *Murindo* près Choca, et la *France*, ceux de *Bastennes*, de Seyssel et de Puy de la Poix.

Le bitume de Bastennes a la composition suivante :

1,31	pétrole
2,11	eau
7,89	bitume
88,16	gangue.
<hr/>	
Total...	99.47

Le bitume est une substance composée de carbone, oxygène et hydrogène. Sa densité est de 1.16. Il fond à la température de l'eau bouillante. Il y a des bitumes solubles, et d'autres insolubles. La plupart sont attaqués par l'éther ou l'essence de térébenthine.

Le bitume de Murindo est noir brunâtre, à cassure terreuse. Il a une saveur acide, brûle avec une odeur de vanille, et il contient une certaine quantité d'acide benzoïque.

Le bitume d'Aniches est noir, très fusible et mou; il brûle avec flamme; on en extrait une matière grasse qui peut être saponifiée avec les alcalis.

La Compagnie générale des Asphaltes de France exposait un spécimen d'asphalte en roche, un spécimen de poudre et de mastic des usines de Seyssel, et de bitume naturel épuré pour travaux publics.

L'extraction de l'asphalte de Seyssel se fait souterrainement et aussi à ciel ouvert. On emploie la tarière et exceptionnellement la barre à mine. On se sert de la poudre pour les parties compactes, de la dynamite pour les parties humides.

La matière ainsi extraite comprend :

- 1° du carbonate de chaux
- 2° du bitume

Elle a une couleur brune foncée, tirant sur le noir. Le bitume qui entoure la gangue calcaire a la composition chimique suivante :

C. . . . .	87,00
A. . . . .	11,38
O. . . . .	1,80

L'asphalte a l'aspect d'une roche tendre l'été, dure l'hiver. Texture à grains fins. Se laisse écraser entre les doigts à 60°. Cassure grenue et irrégulière. Poids spécifique moyen à 2 kg,235.

Une partie du minerai est concassée en morceaux de 3 à 4 mm de côté, mise dans des tonneaux et livrée au commerce. L'autre partie est réduite en poudre, dont les  $\frac{4}{5}$  sont livrés au commerce dans des tonneaux, et l'autre cinquième réduit en *mastic bitumineux* par une addition de 2,5 à 4,5 0/0 de son poids de bitume ductile. Le mélange se compose, en moyenne, de 845 parties de calcaire et 15,5 de bitume. On l'opère à chaud dans une chaudière d'où on le tire pour le mettre en pains à l'aide de moules. Refroidis, ces pains se solidifient et sont ainsi livrés au commerce.

*L'asphalte en poudre* sert à faire les chaussées. Elle est chauffée à une température de 120 à 140° dans des cylindres tournants. La poudre chaude est portée sur le tas au moyen de tombereaux en fer ordinaires. Il faut que le sol qui doit recevoir l'asphalte soit bien macadamisé ou mieux bétonné, et bien sec. La poudre est étendue sur une épaisseur plus forte de  $\frac{2}{5}$  que celle que l'on veut obtenir après la compression. Cette dernière se fait au pilon ou au rouleau. Pour les grandes surfaces les pilons sont d'abord chauffés dans un brasero, les rouleaux comportent un petit foyer intérieur, pour que l'asphalte n'adhère pas à leur surface. Le lissage se fait ensuite au moyen d'un fer chauffé appelé lisseur.

Le *mastic d'asphalte* coulé sert pour les trottoirs. Le sol doit être bien pilonné et bétonné. Les pains ronds de 23 à 25 kg. sont concassés

et fondus dans des chaudières, à une température supérieure à  $150^{\circ}$  et inférieure à  $170^{\circ}$ . On met dans la chaudière une partie de bitume égale à la moitié de la quantité totale nécessaire pour recouvrir le trottoir (5 à 6 0/0 du poids du mastic). Un quart est mis de côté pour graisser la matière à la fin de l'opération ; le dernier quart est ajouté par tiers à chacune des charges de mastic. Après fusion et brassage, on ajoute la moitié des sables à employer (qui doit être en totalité de 60 0/0 du mastic), on laisse réchauffer un peu et on procède à l'étendage. Celui-ci se fait à l'aide d'une palette en bois, en ayant soin de régler l'épaisseur à l'aide d'une règle en bois. On termine par le *sablage* qui empêche le bitume de se ramollir sous l'action du soleil. On remplace quelquefois le sablage par le *talochage* qui consiste à répandre à la surface une poudre fine de vieilles ardoises ou de silex, avec laquelle, au moyen d'une botte en bois, on frotte vivement et d'une manière continue le dallage en asphalte.

La *roche d'asphalte* simplement concassée dont nous avons parlé plus haut est expédiée aux applicateurs d'asphalte qui possèdent les appareils nécessaires au broyage de la roche et à sa mise en poudre. Mais le plus souvent la roche est expédiée toute réduite en poudre ; elle a la propriété de se tasser dans le wagon, et il n'y a pas lieu à un emballage spécial.

La Compagnie des Asphaltes de France fait aussi des dalles en asphalte avec le mastic naturel de Seyssel, préparé absolument comme pour les trottoirs. Le sol doit être bien dressé avec du sablon et un lait de chaux ; le mieux est d'employer encore du béton recouvert d'un mortier très serré. Les dalles sont posées, l'une contre l'autre, de manière à ne se toucher que par la partie inférieure. On réchauffe les plaques, avant emploi, en les plongeant dans une bassine d'eau chaude.

Quand les plaques sont toutes en place, on procède à la soudure entre elles au moyen du mastic concassé et rendu pâteux après l'avoir placé sur le feu. On coule le mastic dans les rainures, après avoir eu soin de nettoyer ces dernières. Les épaisseurs des dalles varient de 0<sup>m</sup>,015 à 0<sup>m</sup>,045.

L'asphalte est employé aussi pour faire des terrasses. La fente doit être supérieure à 0<sup>m</sup>,02 par mètre et inférieure à 0<sup>m</sup>,05. On dresse une surface en béton avec chape en mortier sur laquelle on met une première couche d'asphalte gras de 0<sup>m</sup>,003 à 0<sup>m</sup>,008 d'épaisseur dont voici la composition :

Par mètre carré	{	Mastic ordinaire de Seyssel. .	7 <sup>k</sup> , 400
		Bitume libre . . . . .	0 <sup>k</sup> , 600
		Gravier fin de rivière bien lavé	5 <sup>k</sup> , 000

On met ensuite une deuxième couche de 0<sup>m</sup>,012 à 0<sup>m</sup>,01 d'épaisseur. Cette couche doit être chargée de graviers et granitée en sable blanc.

Pour les *terrasses sur charpentes*, la charpente doit être rigide, supporter un plancher résistant, sur lequel on coule un lit de béton avec chape en mortier de chaux hydraulique.

Pour les *toitures en asphalte*, on fait un voligeage jointif sur lequel on fixe du papier gris et on coule l'asphalte sec sur une épaisseur de 12 mm. La pente ne doit pas dépasser 20 à 30 mm. par mètre. On saupoudre de sable blanc. On passe deux couches d'asphalte, en ayant soin que les joints soient perpendiculaires à ceux de la volige. Le poids de l'asphalte est de 45 cm par mètre carré.

L'asphalte sert encore aux fondations de mur pour les garantir de l'humidité, aux chapes de ponts et voûtes de tous genres, aux ponts, canaux, bassins réservoirs, aux revêtements sur murs humides, etc., etc.

Une des applications les plus nouvelles de l'asphalte est celle des fondations en béton pour machines de toutes sortes, depuis celles à grands chocs, jusqu'à celles à mouvements doux.

Pour obtenir le *béton d'asphalte*, on fait chauffer 100 kg. de mastic dans une chaudière ; on y jette 50 kg. de pierres cassées ou de galets de la grosseur d'un œuf. On brasse. Le mélange comprend :

Bitume pur. . . . .	5 kg.
Mastic d'asphalte . . . .	95 »
Pierres cassées ou galets	120 »
	<hr/>
	220 kg.

Une demi-heure après complet rechange, le béton est prêt à être coulé. On coule dans un moule. Au bout de dix jours, on démoule et on peut se servir du bloc. Les dimensions de ces blocs sont de toutes grandeurs.

Pour les *fondations de machines*, on se sert de moules à béton ordinaires ; on procède par plusieurs assises s'enchevêtrant les unes dans les autres. On coule le mastic dans les intervalles des moellons. On laisse refroidir la masse, on démoule. Pour que la chaleur ne ramollisse pas la couche d'asphalte, on interpose une couche de ciment.

Pour les *fondations maritimes*, les blocs sont mixtes et comprennent :

1° Un noyau en maçonnerie de chaux grasse,

2° Une enveloppe en béton d'asphalte, de 0<sup>m</sup>,15,

le tout donnant un cube de 9 m<sup>3</sup>. On fait une plateforme en madriers bien juxtaposés les uns contre les autres. Les pavés de 0<sup>m</sup>,100×0<sup>m</sup>,20 se posent à joints croisés, en employant des demi-pavés de 0<sup>m</sup>,10 × 0<sup>m</sup>,10 pour les côtés de la chaussée.

Lorsque la pose est terminée, on garnit les interstices entre pavés en coulant sur toute la surface un lait de ciment ou de chaux hydraulique qu'on étend au moyen d'un balai de jonc. Ensuite on verse de l'eau à la surface pour enlever l'excès de chaux ou de ciment avant que la chaux ou le ciment ait fait prise.

Dans les chaussées bombées, on se sert d'un gabarit, et on n'enfonce définitivement les pavés dans le mortier qu'après le passage de ce gabarit.

Lorsqu'on se sert de pavés ou carreaux de 0<sup>m</sup>,14×0<sup>m</sup>,14, on ne croise par les joints; les rangées sont en diagonale ou parallèles aux cotés de la surface à couvrir.

Nous donnons ci-contre un extrait des essais de résistance des pavés d'asphalte, faits au laboratoire de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

# Echantillons de Carreaux et Pavés

EN ASPHALTE COMPRIMÉ

Adressés par M. Bachy, Ingénieur des Ponts et Chaussées  
et de la Compagnie des Chemins de Paris-Lyon-Méditerranée, à Clermont-Ferrand.

Les échantillons provenaient de l'usine de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme) expédiés par la Société civile des Mines de bitume et d'asphalte du Centre.

Il s'agissait d'apprécier leur résistance à l'écrasement et à l'usure, dans les conditions suivantes :

- 1° A la température ordinaire
- 2° Après immersion dans l'eau chaude à 50°.
- 3° — — — — — bouillante;
- 4° — — — — — l'huile.

Les essais de résistance à la compression ont été faits en posant sur la face supérieure des pavés, au centre, un petit bloc en acier de 3 cm de côté et en déterminant la pression nécessaire sur le bloc, pour produire l'écrasement du pavé.

Les essais de résistance à l'usure ont été faits en découpant dans les pavés de petits blocs prismatiques de 4 cm × 6 cm de côté, qu'on a essayés à l'usure avec la machine Dorry. Nous joignons au présent procès-verbal un relevé des résultats constatés dans les mêmes conditions sur divers matériaux employés comme pavés ou dallages.

Les résultats obtenus dans les essais sont consignés dans les tableaux ci-après.

## 1° Résistance à l'écrasement.

(Interposition d'un petit bloc d'acier de 3 c. de côté au centre de la face supérieure des carreaux ou briques).

Désignation des échantillons		Carreaux de 10 <sup>e</sup> × 10 <sup>e</sup> × 5 <sup>e</sup>	Carreaux de 10 <sup>e</sup> × 10 <sup>e</sup> × 2 <sup>e</sup> ,5	Pavés de 20 <sup>e</sup> × 10 <sup>e</sup> × 5 <sup>e</sup>	Pavés de 20 <sup>e</sup> × 10 <sup>e</sup> × 3 <sup>e</sup>
Echantillons conservés à l'air la température de 12 à 15°.	1	8 894 <sup>h</sup>	6.167	8.718	7.939
	2	8 931	5.883	9.718	7.797
	3	8 931	6.379	7.797	7 797
Moyenne des trois essais . . . . .		8.918,7	6.143	8.811,0	7.844,3
Echantillons immergés pendant 3 heures dans l'eau à la température de + 50° . . . . .	1	2.268	1.559	1.630	2.481
	2	2.552	1.489	1.489	2.197
	3	2.056	2.263	1.772	2.481
Moyenne . . . . .		2.292	1.772	1.630,3	2.386
Echantillons immergés pendant 3 h. dans l'eau bouillante.	3	921	425	354	993
	2	780	354	425	1.205
	1	993	354	425	780
Moyenne . . . . .		898	377,7	401,3	992,7
Echantillons } 1 <sup>re</sup> semaine d'immersion. immergés } dans l'huile } 2 <sup>e</sup> — — — 3 <sup>e</sup> — — —	1 <sup>re</sup>	6.633	3.544	6 734	5.671
	2 <sup>e</sup>	6.946	4.040	7.320	4.749
	3 <sup>e</sup>	6.734	2.410	6.308	4.820

## OBSERVATIONS

En moyenne, avant de produire l'écrasement ou l'éclatement des carreaux ou briques expérimentés, le petit bloc en acier s'était enfoncé de 0<sup>mm</sup>,7, pour les pavés conservés à l'air à la température ambiante, de 1<sup>mm</sup>,5 pour les pavés immergés dans l'eau à 50°, de 1 mm environ

pour les pavés immergés à l'eau bouillante; ces derniers échantillons s'étaient d'ailleurs amollis et boursoufflés.

Pour les pavés immergés dans l'huile, l'enfoncement a été variable (0<sup>mm</sup>,5 à 2 mm), suivant les variations d'imprégnation.

## 2° Résistance à l'usure par frottement.

Désignation des échantillons			Carreaux de 1 × 10 × 50		Carreaux de 10 × 10 × 2,5		Briques de 20 × 10 × 5,7		Briques de 20 × 10 × 3	
			Pertes 1		Pertes 2		Pertes 3		Pertes 4	
			Hauteur	Poids	Hauteur	Poids	Hauteur	Poids	Hauteur	Poids
Echantillons conservés à l'air et à la température ambiante (12 à 15°)	1 <sup>er</sup> carreau	1 <sup>er</sup> mille .	0,78	40,89	0,86	42,77	0,72	38,10	0,77	37,90
		2 <sup>e</sup> mille .	0,78	40,25	0,83	40,20	0,80	40,82	0,80	39,30
		Moyenne.	0,78	40,57	0,845	41,48	0,76	39,46	0,785	38,30
	2 <sup>e</sup> carreau	1 <sup>er</sup> mille .	0,86	44,95	0,80	39,65	0,68	35,10	0,75	36,75
		2 <sup>e</sup> mille .	0,84	43,05	0,76	40,90	0,67	34,70	0,74	39,35
		Moyenne.	0,85	44,00	0,78	40,27	0,675	34,90	0,745	38,05
	3 <sup>e</sup> carreau	1 <sup>er</sup> mille .	0,90	47,38	0,78	38,90	0,64	32,80	0,75	38,17
		2 <sup>e</sup> mille .	0,89	44,85	0,78	39,80	0,66	34,25	0,73	38,45
		Moyenne.	0,895	46,12	0,78	39,95	0,65	33,52	0,74	38,31
	Moyenne générale de 6 essais.		0,842	43,56	0,802	40,37	0,695	35,96	0,757	38,22
Echantillons immergés pendant deux heures dans l'eau à la température de 50°	1 <sup>er</sup> carreau	1 <sup>er</sup> mille .	0,73	38,90	0,85	41,10	0,71	42,25	0,94	49,90
		2 <sup>e</sup> mille .	0,85	42,80	» »	» »	0,69	37,00	» »	» »
		Moyenne.	0,79	40,85	0,85	41,10	0,70	39,62	0,94	49,90
	2 <sup>e</sup> carreau	1 <sup>er</sup> mille .	0,90	45,45	0,93	47,40	0,67	38,30	0,80	47,45
		2 <sup>e</sup> mille .	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »
		Moyenne.	0,90	45,45	0,93	47,40	0,67	38,30	0,80	47,45
	3 <sup>e</sup> carreau	1 <sup>er</sup> mille .	0,85	44,20	0,87	46,35	0,62	33,65	0,79	46,85
		2 <sup>e</sup> mille .	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »
		Moyenne.	0,85	44,20	0,87	46,35	0,62	33,65	0,79	46,85
	Moyenne générale de 6 essais.		0,847	43,50	0,803	44,95	0,663	37,19	0,843	48,07
Après 7 jours d'immersion dans l'huile de 12 à 15°	1 <sup>er</sup> carreau	1 <sup>er</sup> mille .	0,91	48,77	1,04	53,10	0,89	45,25	1,08	55,38
		2 <sup>e</sup> mille .	0,88	45,55	» »	» »	0,81	43,50	» »	» »
		Moyenne.	0,895	47,16	1,04	53,10	0,85	44,37	1,08	55,38
	2 <sup>e</sup> carreau	1 <sup>er</sup> mille .	1,05	55,78	1,06	54,40	0,81	41,87	0,91	46,95
		2 <sup>e</sup> mille .	1,00	51,00	» »	» »	0,74	37,95	» »	» »
		Moyenne.	1,025	53,39	1,06	54,40	0,775	39,91	0,91	46,95
	3 <sup>e</sup> carreau	1 <sup>er</sup> mille .	1,23	64,67	1,06	53,80	0,79	40,70	0,96	50,45
		2 <sup>e</sup> mille .	1,08	56,23	» »	» »	0,73	37,00	» »	» »
		3 <sup>e</sup> mille .	» »	» »	» »	» »	0,71	37,10	» »	» »
	Moyenne.		1,115	60,45	1,06	53,80	0,743	38,26	0,96	50,45
Moyenne générale.		1,025	53,67	1,053	50,77	0,789	40,85	0,983	50,95	

Paris, le 9 décembre 1889.

Vu et vérifié par l'Ingénieur en chef,  
directeur du laboratoire,Signé : **DURAND-CLAYE**L'Ingénieur des Ponts et Chaussées  
directeur adjoint du laboratoire,Signé : **DEBRAY**

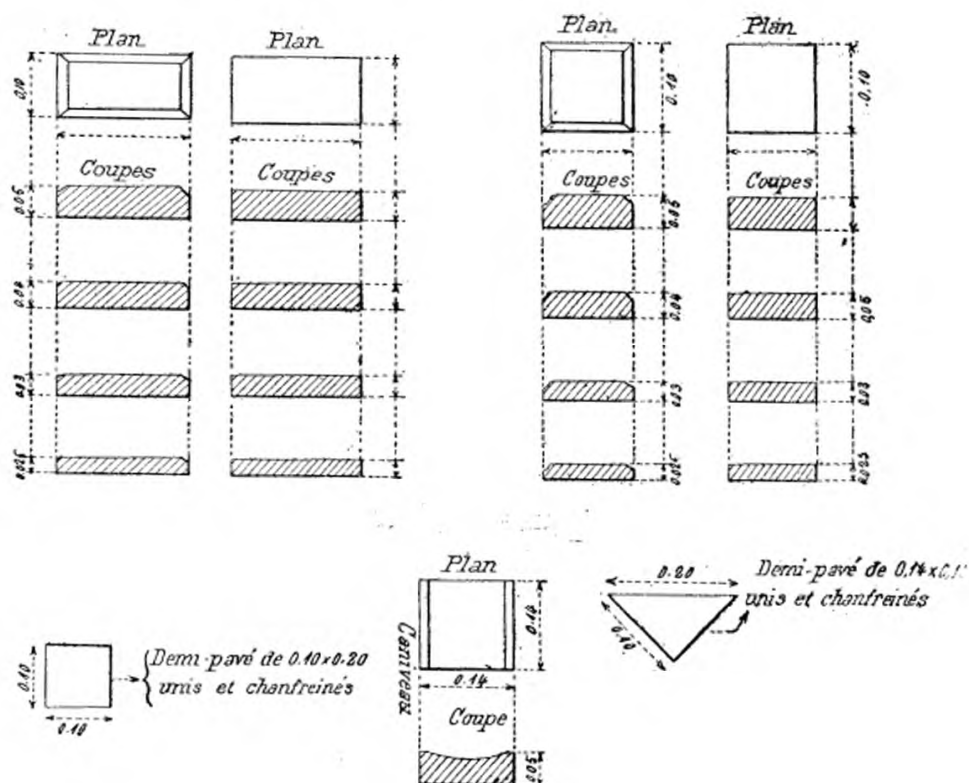


Fig. 300

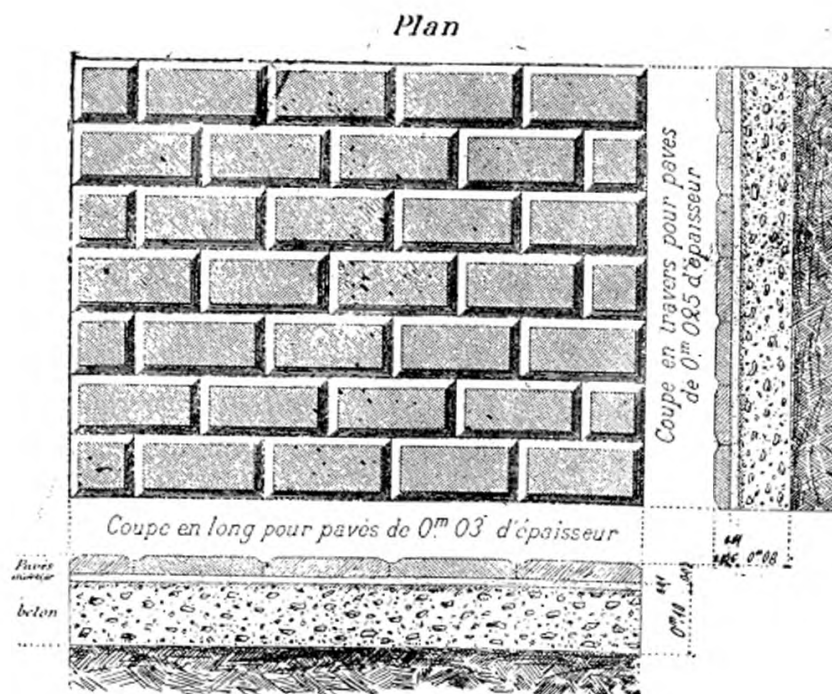


Fig. 301.

Citons encore parmi les exposants: la Société de pavage et des asphaltes de Paris, qui est concessionnaire du *Val de Travers* et propriétaire des mines de *Douattes* (Haute-Savoie), la Société des Schistes bitumineux, les tuyaux en tôle bitumée de M. Singly.

Dans le palais du Génie civil, on remarquait les pavés d'asphalte comprimé de la Société des Usines de Bitume et d'Asphalte du Centre (fig. 300 à 305).

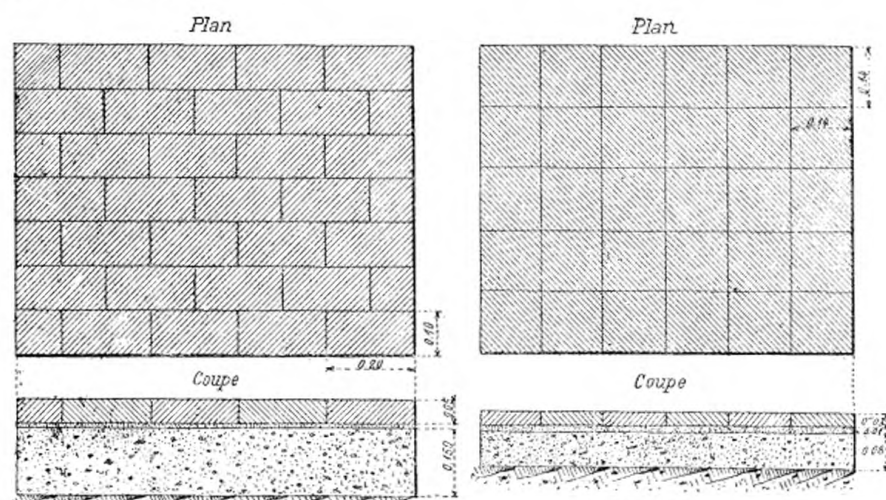


Fig. 302.

Fig. 303.

Le pavé d'asphalte comprimé est fabriqué à l'usine de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme), au moyen d'engins puissants, sous une pression de 400 kg. par centimètre carré. Il possède une assez grande élasticité et est insonore. Les pavés que l'on fabrique sont de deux formes :

1° 0<sup>m</sup>,10  $\times$  0<sup>m</sup>,20 chaussées.

2° 0<sup>m</sup>,14  $\times$  0<sup>m</sup>,14 cours d'habitation et passage de portes cochères.

Les épaisseurs varient de 0<sup>m</sup>,025 à 0<sup>m</sup>,05.

Ils se font unis ou chanfreinés.

On emploie pour le pavage des écuries le pavé 0<sup>m</sup>,10  $\times$  0<sup>m</sup>,20  $\times$  0<sup>m</sup>,03 chanfreiné.

Le carreau de 0<sup>m</sup>,14  $\times$  0<sup>m</sup>,14 uni sur une épaisseur de 0<sup>m</sup>,025 à 0<sup>m</sup>,030 s'emploie pour dallage de trottoirs, ateliers, etc.

Le carreau de 0<sup>m</sup>,14  $\times$  0<sup>m</sup>,14 chanfreiné, trouve son application dans les vestibules, salles de bains, etc.

Le calcaire bitumineux est extrait de la mine du Champ-des-Pois dont la richesse en bitume est de 12 0/0. Le calcaire est broyé. La

poudre asphaltique obtenue est chauffée à une température de  $120^{\circ}$  dans des torrificateurs animés d'un mouvement de rotation. Elle est ainsi débarrassée des huiles légères et de son humidité ; puis on la soumet à l'action de presses spéciales, munies de moules dont la forme correspond à celle des pavés à obtenir. La pression est de 120000 kg. par pavé soit 600 kg. par centimètre carré. Le démoulage se fait par le jeu même des presses.

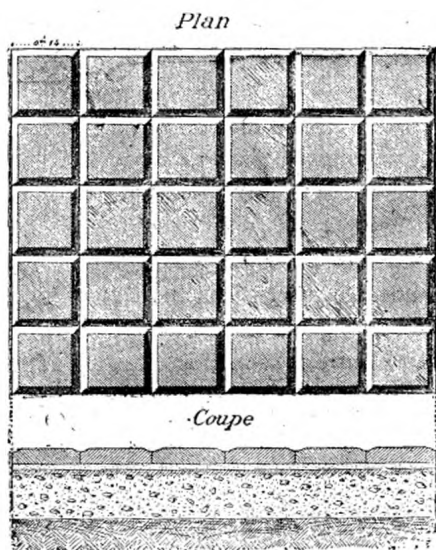


Fig. 304.

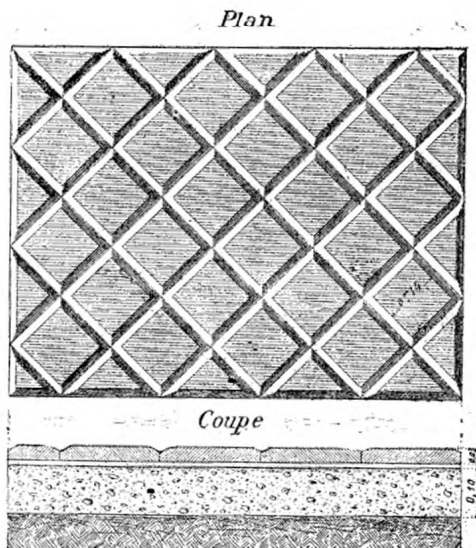


Fig. 305.

Les pavés se posent sur une fondation de béton d'épaisseur variable. Le ciment doit être préféré à la chaux hydraulique. On fait ensuite une charge de mortier de ciment ou de chaux hydraulique.

On met sous chaque pavé la quantité de mortier nécessaire pour que celui-ci dépasse de 5 mm la hauteur à laquelle il devra se trouver définitivement, et on l'enfonce à sa place en le frappant avec un maillet en bois. Il reste sous le pavé une épaisseur de mortier de 1 cm environ pour éviter toute espèce de porte-à-faux.

La première ligne de pavés doit être établie perpendiculairement à la direction de la longueur de l'aire à recouvrir. Les pavés doivent être soutenus par des solives reposant sur le sol. On monte un châssis à mouler et on forme une caisse cubant  $9^{\text{m}^3},00$ . Au fond de cette caisse on dispose en quinconces, à  $0^{\text{m}},50$  les uns des autres, des moellons à longue queue. Ces moellons sont piqués sur une de leur face et reposent des-

sus. On coule le béton d'asphalte dans l'intervalle de ces pierres. On pilonne avec des pilons en fer de 0<sup>m</sup>,08 de côté, pesant environ 10 kg. On forme ainsi une couche d'asphalte de 0<sup>m</sup>,15 d'épaisseur, on répand des gros cailloux cassés que l'on dame fortement et que l'on pénètre dans la moitié de l'épaisseur du mastic. Après refroidissement on enlève les quatre ais du moule. On monte le noyau. Sur la couche de béton d'asphalte, on construit un bloc en maçonnerie de médiocre qualité ayant les dimensions du bloc futur, moins 0<sup>m</sup>,15 sur chaque face. Les parements de ce noyau sont abrupts et irréguliers, les joints dégradés. On brosse le noyau avec soin et on remonte les quatre ais, après séchage du dit. Dans l'intervalle entre les ais et le noyau on coule du béton d'asphalte jusqu'au-dessus du moule. Au-dessus du noyau et jusqu'à l'extrémité supérieure du moule, on coule du béton d'asphalte. Le noyau est donc enveloppé de toutes parts d'une couche d'asphalte de 0<sup>m</sup>,15.

Le béton bitumineux exposé au soleil s'écrase sur une charge relativement faible. Entre 10 et 12°, un mélange de mastic d'asphalte et de cailloux cassés s'écrase sous une charge de 3 à 4 kg. par centimètre carré. La matière se fend et les fragments restent encore adhérents les uns aux autres. La résistance est d'autant plus grande que la matière a une température de cuisson plus élevée. Pour des fondations de machines, où il faut surtout de l'élasticité, cette température doit être de 225 à 230° ; pour des soubassements d'édifices, on peut la pousser jusqu'à 250 et 270°.

L'asphalte de Seyssel a la composition suivante :

Eau perdue à l'étuve à 90° . . . . .	1,90
Produits solubles dans le sulfure de carbone (bitume) . . . . .	8,00
Matières minérales insolubles dans les acides.	0,10
Alumine de peroxyde de fer . . . . .	0,15
Carbonate de chaux. . . . .	89,55
Carbonate de magnésie . . . . .	0,10
Produits non dosés et perte. . . . .	0,20
	<hr/> 100,00

#### 9° Ardoises.

L'ardoise, variété de schiste argileux du groupe des roches silicatées, se débite en feuillets minces, légers, très droits et faciles à séparer. Elle a une apparence homogène ; elle rend un son clair

lorsqu'on la frappe avec un corps dur, et sa couleur est d'un gris bleuâtre foncé, tirant sur le noir. On la trouve dans la nature en couches verticales ou très inclinées, et on y rencontre des empreintes d'animaux. Elle a peu d'affinité pour l'eau, résiste bien aux influences atmosphériques, à l'humidité et à la chaleur.

L'industrie ardoisière était représentée à l'Exposition universelle par les *ardoisières de Rimognes*, de *Rochefort*, de la *Renaissance*, de la *Labassère*, par la *Société des ardoisières de l'Anjou*, par celle des *ardoisières de l'ouest* et par la *Commission des ardoisières d'Angers*.

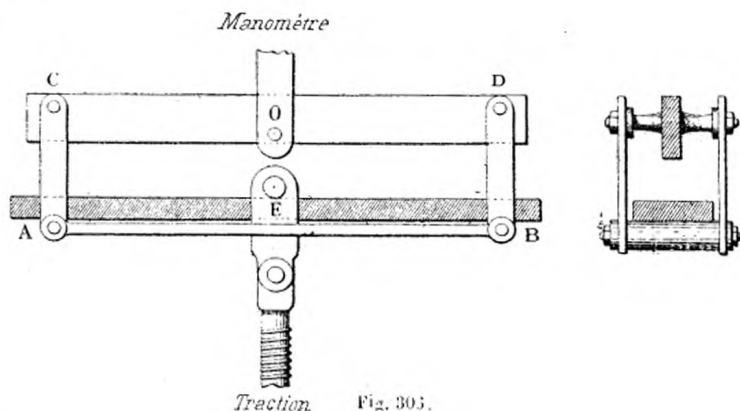


Fig. 305.

MM. Brossard de Corbigny et Blavier ont fait des expériences pour établir les conditions de résistance à la rupture du schiste ardoisier d'Angers dans les différentes applications qu'il comporte pour le dallage ou pour la couverture. Ces expériences ont été reprises et complétées par M. Pierre Larrivière, ingénieur des mines. Elles ont fait l'objet, de la part de M. Blavier, d'une note dont nous donnons un extrait.

On a opéré sur des plaques de un mètre environ de longueur, de 3 à 15 cm de largeur, et d'épaisseurs comprises entre 10 et 70 mm. Les plaques étaient soutenues (fig. 306) par deux rouleaux en bois dur formant les semelles de deux étriers A et B. Ces étriers étaient fixés symétriquement aux deux extrémités d'une barre G D, dont les dimensions avaient été calculées de manière à éviter toute flexion sous la charge maxima qu'on devait atteindre.

Cette barre était elle-même maintenue en son milieu O au lieu et place de l'une des pinces de la machine servant à essayer les fils

métalliques employés à la corderie mécanique de la Commission des ardoisières d'Angers.

Deux entretoises maintenaient les étriers de manière que la distance A B fut bien égale à C D. La force fléchissante était appliquée au milieu de A B par l'intermédiaire de la vis de traction de la machine et d'un troisième étrier E disposé comme les précédents.

Des repères placés sur les entretoises et l'étrier E permettaient, au moment de la mise en charge, de s'assurer que la ligne O E était bien perpendiculaire à A B. La mesure de l'effort produit par la vis, à chaque instant, se faisait, soit à l'aide du manomètre à mercure, préalablement contrôlé, soit à l'aide de la romaine pour les charges supérieures à 900 kg.

Le principal avantage du système employé consistait dans la facilité de la mise en charge, tout en évitant les chocs brusques pouvant fausser l'appréciation de la résistance à la rupture. Les dimensions de la plaque et la charge de rupture étant connues, on en a déduit par le calcul le coefficient de résistance à la rupture, en employant la formule :

$$R = \frac{3 P l}{2 b c^2}$$

Dans laquelle : P = charge de rupture ;

l = longueur de la dalle, ou l'écartement des supports ;

b = largeur de la dalle ;

c = épaisseur id.

R = Coefficient de résistance à la rupture.

On n'a pas tenu compte de la largeur des tasseaux, car on a constaté que pour la charge maxima le contact de la dalle avec les rouleaux ne dépassait jamais 4 mm.

Nous donnons ci-dessous :

1° Un tableau des essais à la flexion du schiste ardoisier des *Fresnais*. (Veine de l'extrême Sud. Schiste en long.)

2° Un tableau des essais à la flexion du schiste ardoisier des *Grands-Cerreaux*. Veine du Sud. Schiste en long.

3° Un tableau des essais à la flexion du schiste ardoisier des *Petits-Cerreaux*. Veine du Sud. Schiste en long.

4° Un tableau des essais à la flexion du schiste ardoisier de la *Panerie*. Veine du Nord. Schiste en long.

*Essai à la flexion du schiste ardoisier des « Fresnais »  
Veine de l'Extrême Sud. — Schiste en long.*

	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>p</i>	$\frac{R}{10^6}$
Ardoises en long essayées sur leur plat. Valeur moyenne de : $\frac{R}{10^6} = 7.374$	m0.900	m0.120	m0.012	103 k.	8.047
	0.900	0.102	0.012	84	8.089
	0.900	0.082	0.012	65	7.433
	0.900	0.072	0.012	49	6.382
	0.900	0.061	0.012	43	6.608
	0.900	0.060	0.031	316	7.399
	0.900	0.081	0.030	406	7.518
	0.900	0.072	0.030	343	7.145
	0.900	0.091	0.030	450	7.417
	0.900	0.082	0.042	746	6.964
	0.900	0.113	0.049	1.502	7.474
	0.900	0.101	0.041	1.075	8.549
	0.900	0.103	0.049	1.470	8.024
	0.900	0.092	0.049	940	5.745
	0.900	0.122	0.049	1.810	8.342
	0.900	0.131	0.053	1.870	6.860
Ardoises en long essayées sur le champ. Valeur moyenne de : $\frac{R}{10^6} = 7.328$	0.900	0.052	0.030	460	7.657
	0.900	0.052	0.052	695	6.673
	0.900	0.061	0.052	1.180	8.234
	0.900	0.062	0.042	875	7.316
	0.900	0.072	0.053	1.455	7.149
	0.900	0.052	0.042	584	6.948

*Essai à la flexion du schiste ardoisier des « Grands Carreaux »  
Veine du Sud. — Schiste en long.*

	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>p</i>	$\frac{R}{10^6}$
Ardoises en long essayées sur leur plat. Valeur moyenne de : $\frac{R}{10^6} = 7.423$	m1.000	m0.107	m0.050	1 415 k.	7.934
	1.000	0.111	0.039	800	7.109
	1.000	0.113	0.030	435	6.415
	1.000	0.113	0.020	257	8.528
	1.000	0.111	0.011	80	8.935
	1.000	0.125	0.031	574	7.169
	1.000	0.124	0.020	237	7.167
	1.000	0.126	0.011	76	7.477
	1.000	0.146	0.020	251	6.459
	0.900	0.133	0.032	768	7.613
	0.900	0.143	0.051	2.030	7.368
	0.900	0.136	0.051	1.835	7.003
	0.900	0.126	0.052	1.660	6.577
	0.900	0.145	0.041	1.200	6.646
	0.900	0.134	0.041	780	4.675
	0.900	0.144	0.030	825	8.593
	0.900	0.103	0.011	48	5.199
	0.900	0.164	0.010	39	8.226
	0.900	0.100	0.041	900	7.228
	0.900	0.098	0.031	436	6.252
	0.900	0.089	0.031	445	7.024
Ardoises en long essayées sur le champ. Valeur moyenne de : $\frac{R}{10^6} = 7.474$	0.900	0.050	0.067	1.190	9.591
	0.900	0.076	0.052	1.900	8.539
	0.900	0.076	0.041	1.155	6.584
	0.900	0.085	0.039	1.480	7.090
	0.900	0.080	0.048	1.630	7.161
	0.900	0.097	0.049	2.847	8.336
	0.900	0.091	0.042	1.600	6.210
	0.900	0.065	0.030	590	6.284

*Essai à la flexion du schiste ardoisier des « Petits Carreaux »  
Veine du Sud. — Schiste en long.*

	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>p</i>	$\frac{R}{10^6}$
Ardoises en long essayées sur leur plat. Valeur moyenne de : $\frac{R}{10^6} = 7.359$	<sup>m</sup> 0 900	<sup>m</sup> 0.130	<sup>m</sup> 0.030	755 <sup>k</sup>	8.674
	0 900	0.137	0 040	1.235	7 602
	0 900	0.132	0.051	2.045	8 041
	0.900	0.121	0.051	1.200	5.147
	0.900	0 140	0 050	1.855	7 155
	0.900	0.142	0.020	304	7.225
	0 900	0.132	0 020	234	5.983
	0.900	0.122	0 020	264	7.303
	0 900	0.083	0.021	208	7.671
	0.900	0.063	0.021	158	7 678
	0.900	0.052	0.021	119	7.006
	0 900	0.132	0 011	108	9.129
	0.900	0.122	0.012	97	7.455
	0.900	0.102	0.012	80	7.354
	0 900	0.082	0.012	69	7.890
	0.900	0.053	0.012	45	7.962
	0.900	0.072	0.021	146	6 207
	0.900	0.072	0.012	58	7.552
	0.900	0.091	0.020	196	7 406
	0 900	0.080	0.030	360	6 750
Ardoises en long essayées sur le champ.	0.900	0 060	0.031	500	5 665
Valeur moyenne de :	0.900	0.051	0.031	410	6.867
$\frac{R}{10^6} = 6.775$	0.900	0.053	0.052	745	6.885
	0.900	0.049	0.052	656	7.093
	0.900	0.051	0.051	724	7.368

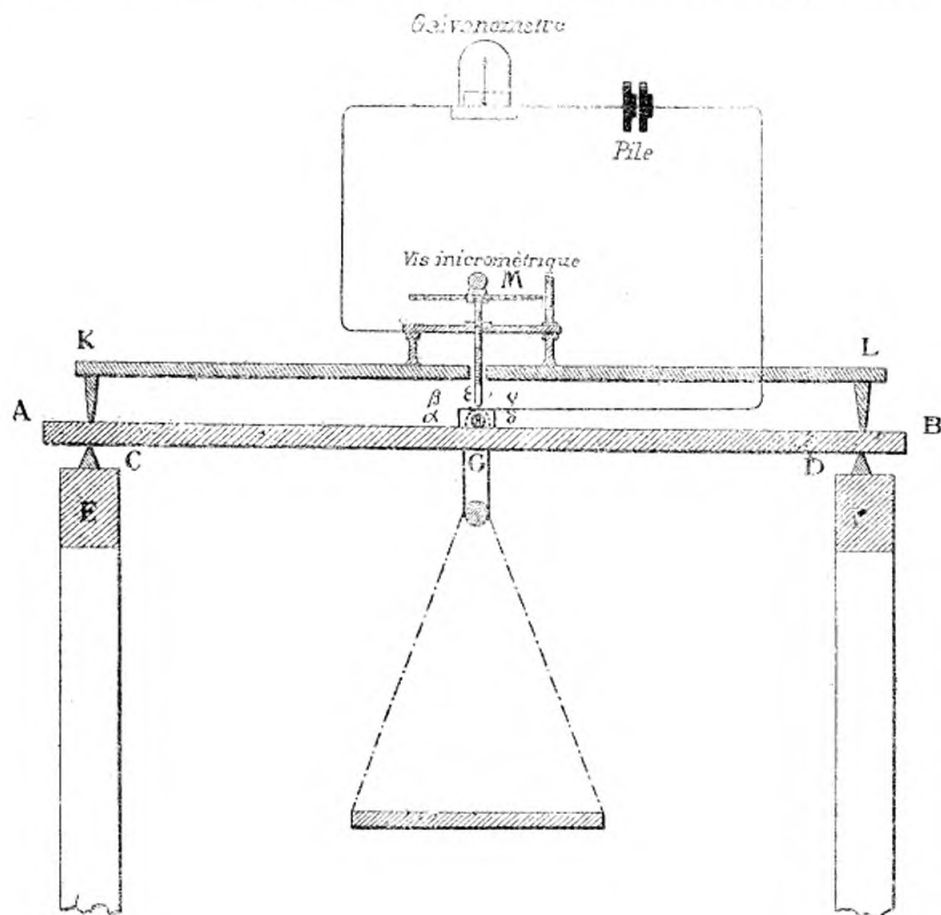
*Essai à la flexion du schiste ardoisier de la « Paperie ».  
Veine du Nord. — Schiste en long.*

	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>p</i>	$\frac{R}{10^6}$
Ardoises en long essayées sur le plat. Valeur moyenne de : $\frac{R}{10^6} = 6.329$	<sup>m</sup> 0.900	<sup>m</sup> 0.064	<sup>m</sup> 0 021	122 <sup>k</sup>	5.836
	0.900	0.100	0.021	202	6.183
	0.900	0.121	0.022	301	6.940
	0.900	0 130	0.023	300	5 890
	0.900	0.100	0 035	402	4.983
	0.900	0.107	0.032	523	6 445
	0.900	0.127	0.032	616	6.396
	0 900	0.119	0 032	564	6.248
	0.900	0.110	0.040	987	7 570
	0.900	0.121	0 042	1.080	6.832
	0.900	0.092	0 039	683	6.590
	0.900	0.103	0.039	724	6.239
	0.900	0.130	0.036	722	5 786
	0.900	0.090	0.032	484	7 089
	0.900	0.100	0.013	74	5 911

Résumé des moyennes obtenues pour  $\frac{R}{10^6}$

	Sur plat	Sur champ
<i>Fresnais.</i> — Veine de l'extrême Sud. . . . .	7.374	7.328
<i>Grands-Carreaux.</i> — Veine du Sud . . . . .	8.823	7.474
<i>Petits-Carreaux.</i> — Veine du Sud . . . . .	7.359	6.775
<i>Papierie.</i> — Veine du Nord . . . . .	6 120	»
Moyennes . . . . .	7.046	7 191

Pour les expériences sur l'élasticité du schiste, on a eu recours à un appareil spécial (fig. 307). La plaque en expérience était supportée par



Croquis de l'appareil employé pour déterminer le coefficient d'élasticité du schiste

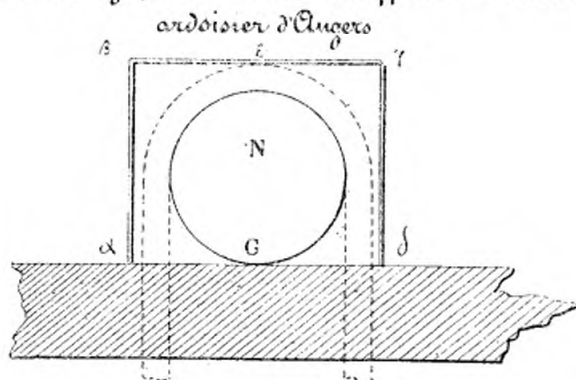


Fig. 307.

2 tasseaux de niveau C et D fixés sur des supports inébranlables E et F. Un étrier G reposait par son couteau supérieur sur la plaque A B,

exactement au milieu de la distance C D, et était muni, à sa partie inférieure, d'un plateau sur lequel on empilait des poids. L'ensemble de l'étrier G et du plateau avait été préalablement taré.

Pour mesurer la flexion produite pour une charge déterminée, on avait installé au-dessus de A B une barre d'acier rigide K L reposant sur deux tasseaux terminés par une arête mousse exactement à l'aplomb de l'axe des appuis C et D. Une vis micrométrique, munie d'un limbe et d'un curseur, traversait cette barre en son milieu de manière que sa pointe, en s'abaissant, vint rencontrer l'arête supérieure de l'étrier.

Pour que la lecture de la flèche ne fut pas entachée d'erreur provenant de la pénétration du couteau de cet étrier dans l'ardoise sous l'action de la charge, on avait installé, au-dessus du rouleau N formant la semelle un petit pont métallique  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ , de sorte qu'en réalité la pointe de la vis venant toucher en  $\varepsilon$ , on déterminait la flèche, non pas au point G, milieu de A B, mais aux points  $\alpha, \delta$ , très voisins. Pour déterminer le contact, on avait intercalé la vis micrométrique et le petit pont métallique dans un circuit avec une pile faible et un galvanomètre très sensible.

Dans chaque expérience on commençait par établir le contact en supprimant le plateau et l'étrier, puis on déterminait le nombre de tours de vis et de fractions de tours nécessaires pour rétablir le contact après avoir remis en place l'étrier et chargé le plateau. Les flèches correspondant à chaque observation étaient vérifiées à nouveau, ainsi que le point de départ, au fur et à mesure qu'on déchargeait le plateau.

Grâce à la sensibilité extrême de l'appareil, les flèches ont pu être mesurées à  $\frac{2}{1000}$  de millimètre près. La proportionnalité de la flèche aux charges indiquées par la théorie de l'élasticité était d'ailleurs vérifiée, pour chaque observation, à l'aide d'un graphique ; la courbe obtenue en prenant pour abscisses les charges et pour ordonnées les flèches correspondantes s'est toujours réduite sensiblement à une droite.

Connaissant la flèche Y correspondant à la charge P, on déduisait le coefficient d'élasticité E à l'aide de la formule :

$$E = \frac{2 P l^3}{y b c^3}$$

Dans laquelle :  $l$  == demi écartement des supports ;

$b$  == largeur de la dalle ;

$c$  == épaisseur id.

Nous donnons ci-après différents tableaux des essais pour la détermination du coefficient d'élasticité.

*Expériences pour la détermination du coefficient d'élasticité du schiste de la Papirerie. — Veine du Nord. — Schiste en long essayé sur le plat.*

l	b	c	P	y	$\frac{E}{10^9}$
m.	m.	m.	kgs.	mil.	
1, 134	0, 090	0, 032	51, 5	0, 548	»
			71, 5	0, 991	8, 9
			91, 5	1, 433	7, 8
1, 134	0, 110	0, 012	11, 5	1, 591	13, 8
			20, 5	3, 051	»
			31, 5	4, 885	12, 3
1, 134	0, 132	0, 012	31, 5	5, 159	9, 7
			36, 5	6, 066	9, 6
1, 134	0, 120	0, 012	31, 5	5, 017	11, 0
			40, 5	6, 582	10, 8
			11, 5	1, 491	»
1, 134	0, 100	0, 012	31, 5	4, 659	14, 2
			36, 5	5, 444	14, 1

Valeur moyenne  $\frac{10^9}{E} = 11,22$

*Expériences pour la détermination du coefficient d'élasticité du schiste des Grands-Carreaux. — Veine du Sud. — Schiste en long essayé sur le plat.*

l	b	c	P	y	$\frac{E}{10^9}$
m.	m.	m.	kgs.	mil.	
1, 134	0, 076	0, 030	31, 5	0, 443	12, 6
			51, 5	0, 738	»
			71, 5	1, 028	12, 5
1, 134	0, 087	0, 030	31, 5	0, 395	12, 3
			51, 5	0, 613	»
			71, 5	0, 880	12, 6
			11, 5	3, 133	»
1, 134	0, 074	0, 012	13, 5	3, 723	10, 3
			15, 5	4, 322	»
			20, 5	5, 837	10, 0
1, 134	0, 084	0, 022	31, 5	1, 033	12, 4
			51, 5	1, 718	12, 2
			56, 5	1, 910	»
1, 134	1, 134	0, 011	16, 5	4, 533	12, 0
			31, 5	8, 733	11, 5

Valeur moyenne  $\frac{E}{10^9} = 11,84$

*Expériences pour la détermination du coefficient d'élasticité du schiste des Petits-Carreaux. — Veine du Sud. — Schiste en long essayé sur le plat.*

l	b	c	P	y	$\frac{E}{10^9}$
m.	m.	m.	kgs.	mil.	
1, 134	0, 091	0, 021	11, 5	0, 395	»
			31, 5	1, 165	11, 7
			51, 5	1, 923	11, 5
			31, 5	0, 401	»
1, 134	0, 080	0, 030	71, 5	0, 938	12, 8
			111, 5	1, 470	12, 8
			16, 5	1, 755	»
1, 134	0, 141	0, 012	31, 5	3, 578	13, 1
			40, 5	4, 701	12, 8
			16, 5	2, 746	12, 8
1, 134	0, 091	0, 012	31, 5	5, 607	»
			36, 5	6, 582	12, 8
1, 134	0, 031	0, 041	31, 5	1, 070	11, 6
			36, 5	1, 249	11, 5
Le même que le précédent mais sur le champ.					
1, 134	0, 031	0, 031	31, 5	1, 017	12, 2
			36, 5	1, 196	12, 0

$$\text{Valeur moyenne } \frac{E}{10^9} = 12,34$$

*Expériences pour la détermination du coefficient d'élasticité du schiste des Fresnais. — Veine de l'extrême sud. — Schiste en long essayé sur le plat.*

l	b	b	P	y	$\frac{E}{10^9}$
m.	m.	m.	kgs.	mil.	
1, 134	0, 092	0, 042	31, 5	0, 153	11
			71, 5	0, 332	»
			131, 5	0, 601	11, 7
			171, 5	0, 775	»
			31, 5	0, 169	12, 8
1, 134	0, 072	0, 042	71, 5	0, 379	»
			91, 5	0, 611	13, 5
			11, 5	2, 100	12, 5
1, 134	0, 092	0, 012	16, 5	3, 659	»
			31, 5	6, 090	11, 8
			16, 5	1, 932	13, 6
1, 134	0, 132	0, 012	31, 5	3, 842	»
			36, 5	4, 485	13
			16, 5	2, 369	13, 1
1, 134	0, 112	0, 012	31, 5	4, 764	»
			40, 5	6, 227	12, 2

$$\text{Valeur moyenne } \frac{E}{10^9} = 12,52$$

*Résumé des valeurs moyennes obtenues pour  $\frac{E}{10^9}$*

<b>Papierie.</b> — Veine du Nord. . . . .	11,3
<b>Grands-Carreaux.</b> — Veine du Sud . . . . .	11,8
<b>Petits-Carreaux.</b> — Veine du Sud . . . . .	12,3
<b>Fresnais.</b> — Veine de l'extrême Sud. . . . .	12,5

Ainsi, le coefficient d'élasticité du schiste est sensiblement le même que celui d'une fonte de qualité moyenne.

La méthode employée pour la détermination de la résistance à l'écrasement du schiste consistait à comprimer des cubes de cette pierre ayant 5 à 6 cm de côtés, entre les plateaux bien parallèles d'une presse hydraulique, jusqu'à ce que rupture s'en suivit. La compression produite était mesurée à l'aide d'un manomètre Desgoffes, préalablement contrôlé.

Les expériences ont été faites en comprimant les cubes parallèlement à leur stratification et perpendiculairement à ce plan.

*Schiste ardoisier des Fresnais. — Veine de l'extrême Sud.*

	Dimensions des cubes			Résistance observée		Moyenne par cm <sup>2</sup>
	Face écrasée			Totale	par cm <sup>2</sup>	
Compression perpendiculaire à la stratification.	m.	m.	m.	k.	k.	1.391
	0,050	0,051	0,051	38.000	1.490	
	0,050	0,051	0,051	34.000	1.333	
	0,050	0,051	0,051	35.400	1.388	
	0,050	0,051	0,051	33.500	1.313	
	0,060	0,061	0,062	54.600	1.491	
	0,060	0,062	0,062	48.600	1.306	
	0,060	0,062	0,062	52.000	1.397	
	0,060	0,062	0,062	52.500	1.411	
Compression parallèle à la stratification.	0,051	0,051	0,051	21.400	823	876
	0,051	0,051	0,051	19.300	742	
	0,051	0,051	0,051	23.100	888	
	0,061	0,061	0,061	45.500	1.222	
	0,061	0,062	0,062	27.000	713	
	0,061	0,062	0,061	26.000	687	
	0,061	0,062	0,062	39.400	1.058	

*Schiste ardoisier des « Grands-Carreux ». — Veine du Sud*

	DIMENSIONS DES CUBES			Résistance observée		Moyenne par $c/c^2$
	Face écrasée			Totale	par $c/c^2$	
	m.	m.	m.	k.	k.	k.
Compression perpendiculaire à la stratification.	0.049	0.051	0.051	35.600	1.254	1.414
	0.051	0.051	0.050	31.300	1.200	
	0.050	0.051	0.051	33.600	1.317	
	0.050	0.051	0.051	34.000	1.333	
	0.060	0.062	0.061	48.400	1.300	
	0.059	0.061	0.061	55.000	1.528	
	0.059	0.061	0.062	62.400	1.733	
	0.060	0.061	0.062	54.100	1.477	
Compression parallèle à la stratification.	0.051	0.051	0.051	23.300	896	1.100
	0.050	0.051	0.050	35.000	1.372	
	0.050	0.051	0.051	33.200	1.301	
	0.050	0.051	0.051	29.200	1.145	
	0.060	0.061	0.062	41.800	1.142	
	0.061	0.062	0.062	41.900	1.107	
	0.060	0.060	0.060	31.300	869	
	0.060	0.062	0.062	36.000	967	

*Schiste ardoisier de « l'Hermitage ». — Veine du Sud.*

	DIMENSIONS DES CUBES			Résistance observée		Moyenne par $c/c^2$
	Face écrasée			Totale	par $c/c^2$	
	m.	m.	m.	k.	k.	k.
Compression perpendiculaire à la stratification.	0.050	0.051	0.051	28.500	1.117	1.298
	0.050	0.051	0.051	35.500	1.392	
	0.050	0.051	0.051	32.300	1.266	
	0.050	0.051	0.051	32.000	1.255	
	0.060	0.061	0.061	42.100	1.150	
	0.059	0.061	0.062	45.200	1.255	
	0.059	0.062	0.062	57.600	1.574	
	0.059	0.061	0.062	47.800	1.328	
Compression parallèle à la stratification.	0.050	0.051	0.051	26.500	1.039	895
	0.051	0.051	0.051	16.100	619	
	0.051	0.051	0.051	20.000	769	
	0.051	0.050	0.051	23.700	929	
	0.061	0.060	0.061	46.900	1.281	
	0.060	0.062	0.061	32.000	860	
	0.061	0.062	0.062	23.900	626	
	0.061	0.061	0.062	36.400	961	

*Schiste ardoisier des « Petits-Carreaux ». — Veine du Sud.*

	DIMENSIONS DES CUBES			Résistance observée		Moyenne
	Face écrasée			Totale	par c/c²	
	m.	m.	m.	k.	k.	k.
Compression perpendiculaire à la stratification.	0 050	0 050	0 050	32 000	1 254	1 248
	0 050	0 051	0 051	34 500	1 380	
	0 050	0 051	0 051	36 800	1 472	
	0 050	0 051	0 051	31 500	1 285	
	0 060	0 061	0 061	45 600	1 266	
	0 060	0 060	0 060	38 600	1 054	
	0 060	0 062	0 062	42 600	1 183	
	0 060	0 061	0 061	39 900	1 090	
Compression parallèle à la stratification,	0 050	0 050	0 050	25 300	973	875
	0 050	0 052	0 052	27 600	1 082	
	0 050	0 052	0 052	20 500	820	
	0 051	0 052	0 052	17 000	666	
	0 061	0 061	0 061	30 000	819	
	0 060	0 060	0 060	37 800	1 015	
	0 060	0 062	0 062	26 400	716	
	0 061	0 061	0 061	33 400	912	

*Schiste ardoisier de la « Paperie ». — Veine du Nord.*

	DIMENSIONS DES CUBES			Résistance observée		Moyenne
	Face écrasée			Totale	par c/c²	
	m.	m.	m.	m.	k.	k.
Compression perpendiculaire à la stratification.	0 059	0 061	0 061	43 500	1 208	1 068
	0 059	0 061	0 061	35 000	972	
	0 059	0 061	0 061	41 500	1 153	
	0 059	0 062	0 061	34 400	940	
Compression parallèle à la stratification.	0 061	0 061	0 059	26 600	717	652
	0 061	0 061	0 059	26 900	725	
	0 061	0 061	0 059	23 400	629	
	0 061	0 061	0 058	20 000	537	

Résumé des moyennes obtenues par la charge d'écrasement par centimètre carré :

	Compression perpendiculaire à la stratification	Compression parallèle à la stratification	Par centimètre carré.
	—	—	
Grands Carreaux. — Veine du Sud.	1 414	1 100	}
Fresnais. — Veine de l'extrême Sud.	1 398	876	
Hermitage. — Veine du Sud. . . .	1 298	885	
Petits-Carreaux. — Veine du Sud. . .	1 248	852	
Papierie. — Veine du Nord . . . .	1 068	852	
Moyennes . . . . .	1 285	877	

4<sup>e</sup> Détermination de la résistance à l'écrasement des principaux matériaux de construction employés dans le département de Maine-et-Loire, autres que le schiste ardoisier.

	DIMENSION DES CUBES			Résistance observée		Moyenne par $c/c^2$
	Face écrasée			Totale	par $c/c^2$	
<b>Granite bleu de Bécon</b>	m. 0.061 0.061	m. 0.069 0.067	m. 0.067 0.067	k. 44.500 48.600	k. 1.057 1.189	k. 1.123
<b>Granite blanc de Bécon.</b>	0.062 0.061	0.067 0.067	0.064 0.064	39.000 36.100	938 896	912
<b>Liais de Tonnerre</b> — Terrain jurassique ou sordien supérieur.	0.050 0.050 0.040 0.049 0.050	0.052 0.055 0.049 0.053 0.055	0.052 0.052 0.053 0.052 0.051	16.500 18.500 12.800 20.700 19.300	634 672 522 797 701	665
<b>Lavoux.</b>	0.060 0.060 0.061	0.060 0.060 0.061	0.060 0.060 0.060	7.000 10.000 8.300	194 286 226	235
<b>Pierre des Rairies</b> — Terrain jurassique oolithe inférieur.	0.062 0.061 0.062 0.061 0.062	0.062 0.062 0.063 0.061 0.062	0.062 0.052 0.061 0.062 0.062	9.400 5.800 6.300 6.200 7.500	244 153 161 166 195	183
<b>Tuffeau de Saumoussay</b> — Terrain crétacé, craie marneuse.	0.061 0.062 0.061 0.061 0.061	0.071 0.068 0.062 0.059 0.060	0.060 0.061 0.060 0.061 0.063	3.200 3.100 2.200 2.400 2.600	86 83 58 67 71	73
<b>Tuffeau gris.</b>	0.062 0.062 0.062 0.061 0.062	0.062 0.062 0.062 0.062 0.062	0.062 0.062 0.063 0.063 0.061	1.100 1.400 1.400 1.600 1.300	29 36 36 42 34	73
<b>Château-Gaillard (Vienne)</b> Terrain jurassique collorien.	0.060 0.060 0.060	0.062 0.060 0.061	0.052 0.061 0.061	4.400 4.300 4.000	118 119 109	112
<b>Tuffeau Saint-Cyr.</b>	0.061 0.061 0.062 0.061 0.061	0.060 0.062 0.062 0.061 0.061	0.062 0.062 0.062 0.061 0.061	2.200 1.700 1.900 1.900 2.100	60 44 49 51 56	52

TABLEAU A. — Ardoises de la Commission des Ardoisières d'Angers.

DÉNOMINATIONS		DIMENSIONS EN MILLIMÈTRES		POIDS moyens approx- matifs du mille d'ardoises	Pureaux, ou partie visible de chaque ardoise sur le toit; pour les ardoises ordinaires au re- couvrement de 1/3 de la hauteur pour les modèles anglais au recouvrement uniforme de 0 <sup>m</sup> .08	NOMBRE d'ardoises entrant dans un mètre carré de couverture aux pureaux ci-contre	NOMBRE de mètres carrés de couverture par mille d'ardoises	NOMBRE d'ardoises formant le chargement d'un wagon de 5.000 kilog.
DES		Hauteur	Largeur					
ARDOISES								
ARDOISES ORDINAIRES	1 <sup>re</sup> carrée, grand modèle.	0,324 × 0,222	0,0027 à 0,0035	520	m. c. 11 à m. c. 42	42 environ	23,80	9.000
	1 <sup>re</sup> carrée, 1/2 forte	0,297 × 0,216	0,0027 à 0,0030	410	» 10 à » 11	47 id.	21,27	12.000
	1 <sup>re</sup> carrée, forte	0,297 × 0,216	0,0028 à 0,0040	540	» 10 à » 11	47 id.	21,27	9.000
	2 <sup>e</sup> carrée, id.	0,297 × 0,195	0,0027 à 0,0035	410	» 10 à » 11	52 id.	19,23	12.000
	Grande moyenne forte.	0,297 × 0,180	0,0027 à 0,0035	380	» 10 à » 11	55 id.	18,18	13.000
	Petite moyenne id.	0,297 × 0,162	0,0027 à 0,0035	330	» 10 à » 11	62 id.	16,12	14.000
	Moyenne.	0,270 × 0,180	0,0027 à 0,0035	355	» 09	61	16,40	14.000
	Flamande n° 1.	0,270 × 0,162	0,0027 à 0,0035	320	» 09	69	14,49	15.000
	Flamande n° 2.	0,270 × 0,150	0,0027 à 0,0035	300	» 09	74	13,50	16.000
	3 <sup>e</sup> carrée n° 1.	0,243 — 0,180	0,0027 à 0,0035	310	» 08	72	13,88	16.000
	3 <sup>e</sup> carrée n° 2.	0,243 — 0,150	0,0027 à 0,0035	265	» 08	82	12,20	18.000
	4 <sup>e</sup> carrée ou cartelette n° 1	0,216 — 0,162	0,0027 à 0,0035	260	» 07	88	11,36	18.000
	id. ou cartelette n° 2.	0,216 — 0,122	0,0027 à 0,0040	200	» 07	114	8,77	17.000
	id. ou cartelette n° 3.	0,216 — 0,095	0,0027 à 0,0040	150	» 07	146	6,84	9.000
	Ardoises non échan- tillonnées	Poil taché. . . . . au moins au moins 0,270 — 0,141 au moins au moins Héridelle . . . . . 0,380 — 0,108 au moins au moins	0,0027 à 0,0040 0,0027 à 0,0040 0,0027 à 0,0040	400 300 480	» 09 moyen. » 09 id. variable	70 en moy. 80 id. » »	14,30 12,50 » »	12.000 16.000 10.000
	MODÈLES ANGLAIS	Ardoises taillées à la mécanique	Grande écaille. . . . . Petite écaille. . . . . Ardoise découpée. . . . . 0,296 — 0,198 0,230 — 0,132 0,300 — 0,170	0,0028 à 0,0040 0,0027 à 0,0035 0,0027 à 0,0035	500 240 300	» 10 » 08 » 10	50 94 60	20 » 10,63 16,66
Nos 1.		0,640 — 0,360	0,0045 à 0,0060	3.100	» 280 m/m	9,92	100,20	1.600
2.		0,608 — 0,360	0,0045 à 0,0060	2.900	» 265	10,48	95,41	1.700
3.		0,608 — 0,304	0,0045 à 0,0060	2.450	» 265	12,40	80,64	2.100
4.		0,558 — 0,279	0,0045 à 0,0060	2.020	» 240	14,92	67,02	2.500
5.		0,508 — 0,254	0,0038 à 0,0050	1.460	» 215	18,31	54,61	3.400
6.		0,458 — 0,254	0,0038 à 0,0050	1.330	» 190	20,70	48,30	3.800
7.		0,406 — 0,203	0,0038 à 0,0050	860	» 165	29,85	33,50	5.700
8.		0,355 — 0,203	0,0038 à 0,0050	710	» 140	35,21	28,40	7.000
9.		0,355 — 0,177	0,0038 à 0,0050	630	» 140	40,32	24,80	7.700
10.		0,305 — 0,165	0,0038 à 0,0050	470	» 115	52,63	19 »	10.500
11.		0,360 — 0,254	0,0038 à 0,0050	960	» 140	28,12	33,56	5.200
12.		0,304 — 0,203	0,0038 à 0,0050	620	» 115	42,83	23,34	8.000

TABLEAU B. — Dimensions, poids, prix et sous-détails d'emplois des Ardoises d'Angers, modèle anglais.

Numéros d'ordre	DIMENSIONS					POIDS moyen des 104 ardoises	PRIX		PUREAU ou surface visible de chaque ardoise au recouvre- ment de 8 centimètres	NOMBRE						NOMBRE moyen de mètres carrés de couverture exécutable par compagnon et aide en une journée.
	en pouces anglais		en millimètres				du cent d'ardoises			d'Ardoises par mètre carré au recouvrement 0 <sup>m</sup> ,08 cent.	de clous ou agrafes par mètre carré au recouvrement de 0 <sup>m</sup> ,08 cent.		de mètres de voliges par m <sup>2</sup> au recouvre- ment de 0 <sup>m</sup> ,08	de pointes à voliges par m <sup>2</sup> deux par chevron.		
	hauteur	largeur	hauteur	largeur	épaisseur		à Angers	sous vergues à Nantes			clous.	agrafes				
1	25	14	640	360		kilog. 310	Voir prix courant du jour.		0 <sup>m</sup> ,280 <sup>m</sup> /m	9,92	20	10	3 <sup>m</sup> ,60	18	18	
2	24	14	608	350	4,5 à 6	290			0,265 »	10,48	21	11	3 <sup>m</sup> ,80	19	18	
3	24	12	608	304		245			0,265 »	12,40	25	13	3 <sup>m</sup> ,80	19	18	
4	22	11	558	279		202			0,240 »	14,92	30	15	4 <sup>m</sup> ,20	21	16	
5	20	10	508	254		15			0,215 »	18,31	37	19	4 <sup>m</sup> ,65	24	16	
6	18	10	458	254		133			0,190 »	20,70	41	21	5 <sup>m</sup> ,30	27	14	
7	16	8	400	203		92			0,155 »	29,85	60	30	6 <sup>m</sup> ,10	31	14	
8	14	8	355	203	3,8 à 5	71			0,140 »	35,21	70	36	7 <sup>m</sup> ,15	36	12	
9	14	7	355	177		63			0,140 »	40,32	81	41	7 <sup>m</sup> ,15	36	12	
10	12	6 1/2	305	165		47			0,115 »	52,63	105	53	8 <sup>m</sup> ,70	44	10	
11	14	10	360	254		90			0,140 »	28,12	50	29	7 <sup>m</sup> ,15	36	14	
12	12	8	304	203		62			0,115 »	42,83	85	43	8 <sup>m</sup> ,70	44	11	

Augmentation pour les N<sup>os</sup> 1, 2, 3, 4 et 5 de 4 fr. 60 par cent. pour la taille en ogive et 3 fr. 60 par cent. pour la taille en losange.  
— Nos 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12 de 1 fr. 10 par cent. — et 3 fr. —

Le tableau A donne les dimensions des ardoises d'Angers, modèles ordinaires et modèles anglais, avec les poids moyens approximatifs du mille d'ardoises, les pureaux et le nombre d'ardoises entrant dans un mètre carré de couverture.

Le tableau B est spécial aux ardoises, modèle anglais, d'Angers, qui complète les renseignements donnés au commencement de ce paragraphe.

Dans ce tableau, on donne pour chaque numéro le pureau correspondant à un recouvrement de 0<sup>m</sup>,08 et par mètre carré le nombre d'ardoises, de clous ou agrafes, le métrage de la volige, etc.

TABLEAU C.

Dénomination des ardoises		Dimensions en millimètres		
		Hauteur	Largeur	Epaisseurs approximatives
Ardoises ordinaires	1 <sup>re</sup> Carrée, grand modèle. . . . .	0,324	0,222	0,0025 à 0,0035
	1 <sup>re</sup> Carrée, forte . . . . .	0,297	0,216	0,0030
	2 <sup>e</sup> Carrée, forte. . . . .	0,297	0,195	0,0025 à 0,0027
	Grande moyenne, forte . . . . .	0,297	0,180	0,0025 à 0,0027
	Petite moyenne, forte. . . . .	0,297	0,162	0,0025 à 0,0027
	3 <sup>e</sup> Carrée, flamande . . . . .	0,270	0,162	0,0025 à 0,0027
	3 <sup>e</sup> Carrée, ordinaire . . . . .	0,243	0,180	0,0025 à 0,0027
	4 <sup>e</sup> Carrée } n <sup>os</sup> 1 . . . . .	0,216	0,162	0,0022 à 0,0035
	ou } — 2 . . . . .	0,216	0,122	0,0022 à 0,0027
	cartelette } — 3 . . . . .	0,216	0,095	0,0022 à 0,0025
	Grande Ecaille . . . . .	0,296	0,198	0,0025 à 0,0027
	Petite Ecaille . . . . .	0,250	0,132	0,0025 à 0,0027
Ardoises Anglaises	N <sup>os</sup> 1 . . . . .	0,640	0,300	0,0045 à 0,0060
	— 2 . . . . .	0,608	0,300	0,0045 à 0,0060
	— 3 . . . . .	0,608	0,304	0,0045 à 0,0060
	— 4 . . . . .	0,558	0,279	0,0045 à 0,0060
	— 5 . . . . .	0,508	0,254	0,0035 à 0,0050
	— 6 . . . . .	0,458	0,251	0,0035 à 0,0050
	— 7 . . . . .	0,406	0,203	0,0035 à 0,0050
	— 8 . . . . .	0,355	0,203	0,0035 à 0,0050
	— 9 . . . . .	0,355	0,177	0,0035 à 0,0050
	— 10 . . . . .	0,305	0,105	0,0035 à 0,0050

Les tableaux C, D, E, F, G, H donnent les dimensions des ardoises de Riadan (Sarthe), des Ardennes, de Bretagne et de Savoie, d'Angleterre, de Belgique et de Suède. Les figures 308 à 310 donnent des vues des principales ardoises employées dans le bâtiment.

TABLEAU D. — Ardoises des Ardennes.

Lieux de production	Dénomination des ardoises	Dimensions			Poids moyen des 1036 ardoises	Pureaux	Nombre d'ardoises dans 1 m <sup>2</sup> de couverture
		Hauteur	Largeur	Épaisseur			
Sainte-Barbe	Grande carrée. . . . .	m. 0,30	m. 0,22	mm. 2 1/2	kg. 450	m. 0,10	46
	Grand Saint-Louis. . . . .	0,30	0,19	2 1/2	400	0,10	53
	Grande écaïlle. . . . .	0,33	0,24	4 à 5	850	0,12	35
	Moyenne écaïlle. . . . .	0,30	0,22	4 à 5	600	0,11	42
	Petite écaïlle. . . . .	0,27	0,19	3	450	0,095	56
	Hexagone, grand modèle. . . . .	0,33	0,24	5	900	0,12	35
	» petit modèle. . . . .	0,30	0,22	5	600	0,11	42
Moulin Ste-Anne	Couleur verte ou violette						
	G <sup>de</sup> carrée (forme Angers) . . . . .	0,30	0,22	2 1/2	420	0,10	46
	Grand Saint-Louis. . . . .	0,30	0,19 1/2	2 1/2	350	0,10	52
	Flamande. . . . .	0,27	0,16 1/2	2 1/2	275	0,085	70
	Bloque. . . . .	0,27	0,16 1/2	3 à 4	385	0,085	70
	Commune. . . . .	0,26	0,2 à 0,14	2 1/2	225	0,08	98
	Anglaise. . . . .	0,33	0,18	3 à 4	680	0,12	47
Rimogne	1 <sup>re</sup> Carrée, grand modèle . . . . .	0,32	0,22	»	500	110	»
	1 <sup>re</sup> Carrée, demi-forte . . . . .	0,30	0,22	»	420	100	»
	2 <sup>e</sup> Carrée, » . . . . .	0,30	0,20	»	390	100	»
	3 <sup>e</sup> Carrée, g <sup>de</sup> moyenne . . . . .	0,30	0,18	»	360	100	»
	Ecaïlle. . . . .	0,30	0,20	»	390	100	»
	Saint-Louis bleu. . . . .	0,30	0,19	»	340	95	»
	» grenu. . . . .	0,30	0,19	»	340	95	»
	Démêlée bleue-veinée . . . . .	0,30	0,165	»	300	90	»
	» grenue . . . . .	0,30	0,165	»	300	90	»
	Flamande. . . . .	0,28	0,17	»	260	90	»
	Commune. . . . .	0,28	0,14	»	215	80	»
	Modèles anglais n <sup>os</sup> 1 . . . . .	0,64	0,36	»	3500	0,28	»
	(Carrés ou à ogive) 2 . . . . .	0,60	0,36	»	3250	0,26	»
	» 3 . . . . .	0,60	0,60	»	3000	0,26	»

TABLEAU E. — Ardoises de Bretagne et de Savoie.

Lieux de production	Désignation des Ardoises	Dimensions			Poids moyen des 1040 ardoises	Pureaux	Nombre d'ardoises dans 1 m <sup>2</sup> de couverture
		Hauteur	Largeur	Épaisseur			
Chattémone	1 <sup>re</sup> Carrée . . . . .	m. 0,305	m. 0,22	mm. 3 à 3 1/2	kg. 440 à 500	m. c. 0,11	42
	2 <sup>me</sup> » . . . . .	0,290	0,21	3 à 3 1/2	380 à 440	0,10	48
	3 <sup>me</sup> » . . . . .	0,280	0,195	3 à 3 1/2	340 à 390	0,10	52
	4 <sup>me</sup> » . . . . .	0,260	0,180	3 à 3 1/2	300 à 350	0,09	62
	5 <sup>me</sup> » . . . . .	0,250	0,175	3 à 3 1/2	200 à 305	0,085	68
	Mêlées . . . . .	»	»	3 1/2 à 4 1/2	250 à 300	»	»
Renazé	1 <sup>re</sup> Carrée forte . . . . .	0,297	0,216	2 1/2 à 3	La densité du schiste est la même qu'à Angers	0,10	47
	2 <sup>me</sup> Carrée demi-forte . . . . .	0,297	0,216	2 1/2 à 3		0,10	47
	Grand poil taché. . . . .	0,280	0,180	2 1/2 à 3		0,095	58
	Petit poil taché . . . . .	0,250	0,155	2 1/2 à 3		0,085	79
	Parisienne. . . . .	0,220	0,69	2 1/2 à 3		0,075	149
	Héridelle (en moyenne) . . . . .	0,270	0,120	2 1/2 à 3		Variable	»
Port-Launay	Rouane. . . . .	0,40	0,23	2 1/2 à 3	La densité du schiste est la même qu'à Angers	0,15	29
	Carrée. . . . .	0,30	0,22	2 1/2 à 3		0,10	46
	Cartelette. . . . .	0,33	0,18	2 1/2 à 3		0,11	51
	Pièce . . . . .	0,29	0,155	2 1/2 à 3		0,10	65
	Mar- chande ( dite Parisienne fine	0,23	0,12	2 1/2 à 3		0,08	105
	( dite Bretonne fine. . . . .	0,23	0,12	2 1/2 à 3		0,08	105
St-Julien en Maurienne	1 <sup>re</sup> équerre, dite Témo- nenche . . . . .	0,46	0,30	6	»	0,19	18
	2 <sup>me</sup> équerre, dite Davy . . . . .	0,30	0,20	5	»	0,10	50
	3 <sup>me</sup> équerre, dite commune . . . . .	0,23	0,17	4	»	0,08	74

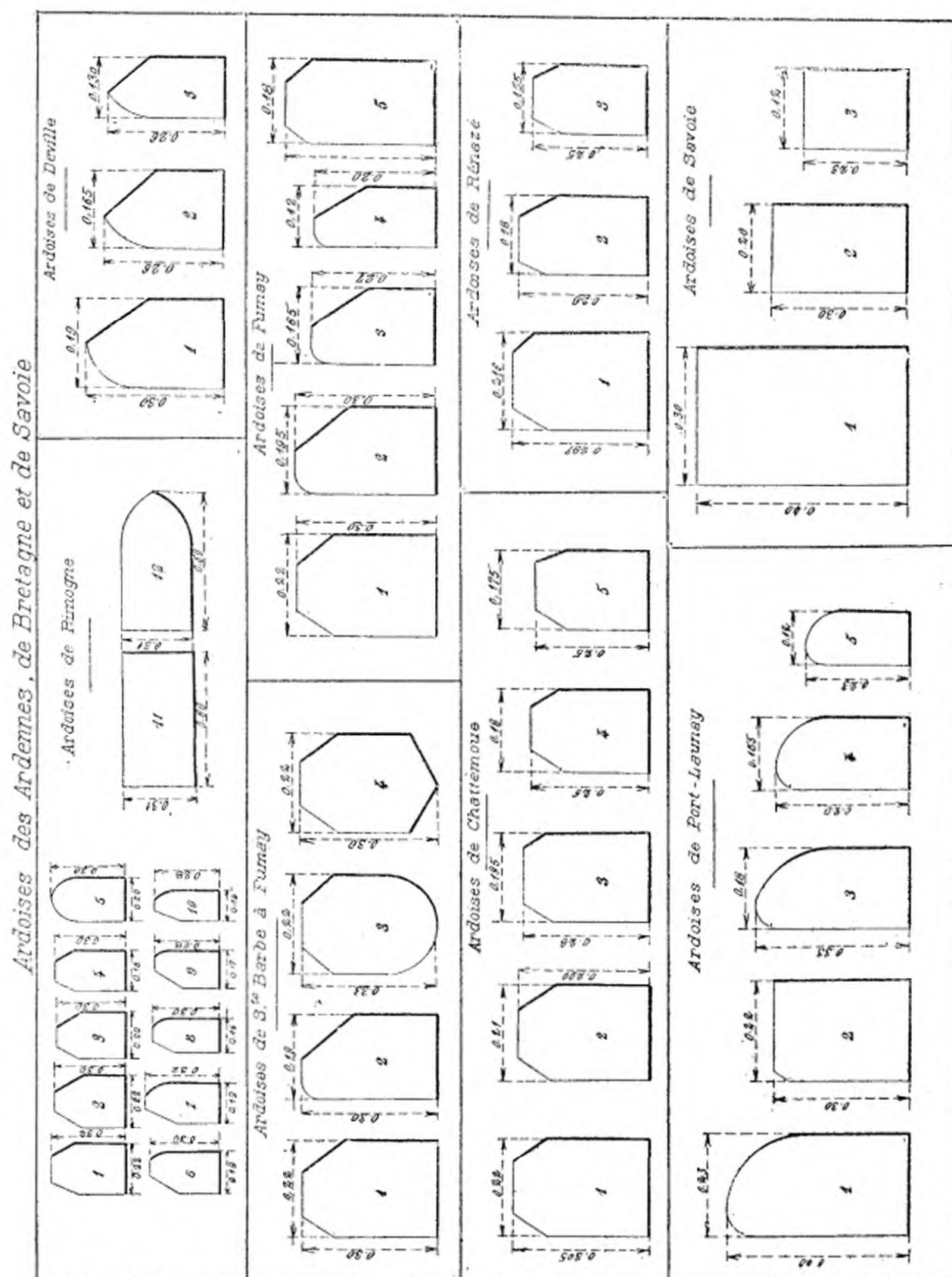


Fig. 308.

TABLEAU F. — *Ardoises d'Angleterre.*

DIMENSIONS		Poids de 1,200 ardoises	DIMENSIONS		Poids de 1,200 ardoises
Longueur	Largeur		Longueur	Largeur	
Pouces	Pouces	Tonnes	Pouces	Pouces	Tonnes
24	14	3	16	10	1
24	12	3	16	8	1
22	12	2	14	8	1
22	11	2	14	7	1
20	10	2	13	6 1/2	0
18	10	1	14	12	1
18	9	1	14	10	1

TABLEAU G. — *Ardoises Belges.*

Noms des Ardoises	Longueur	Largeur	Nombre au mètre carré	Nombre de m <sup>2</sup> couverts par 1 mille	Poids approx- matif du mille
	m.	m.		m <sup>2</sup>	kg.
Sans mesure. . . . .	0,30 à 0,33	0,22 à 0,25	45	22,75 à 24	350 à 400
Carré fin (modèle d'Angers) . . . . .	0,30	0,22	»	»	»
Grandes St-Louis. . . . .	0,30	0,19	54	»	»
Grandes voisines. . . . .	0,285	0,175	»	»	350 à 400
Grandes communes. . . . .	0,27	0,19	68	15 à 15,50	325
Flamandes et blocs. . . . .	0,27	0,16	85	13,12	245 à 250
Moyennes voisines. . . . .	0,23	0,15	80	»	»
Grandes et petites flamandes. . . . .	0,24	0,13	110	8 à 9	»
Petites communes. . . . .	0,24	0,14	»	»	»
Petites . . . . .	0,22 à 0,23	0,10 à 0,11	135	7 à 8	»
Petites voisines. . . . .	0,185	0,125	128	»	»

TABLEAU H. — *Ardoises Suédoises*

ARDOISES CARRÉES			ARDOISES RECTANGULAIRES			OBSERVATIONS
Dimensions	Nombre d'ardoises nécessaires pour couvrir quatre pieds carrés	Poids de 4.000 ardoises	Dimensions	Nombre d'ardoises couvrant quatre pieds carrés	Poids de 1.000 ardoises	
0 <sup>m</sup> , 43	2,50	4.300 kil.	0,37 0,25	9,00	1.700	Un pied suédois vaut 1 1/2 du pied français.
0 <sup>m</sup> , 41	3,33	3.700 »	0,32 0,22	11,75	1.400	
0 <sup>m</sup> , 37	3,75	3.000 »	0,32 0,19	13,00	1.200	
0 <sup>m</sup> , 33	4,75	2.300 »	0,27 0,19	16,00	1.000	
0 <sup>m</sup> , 30	6,00	1.800 »	0,27 0,17	18,00	700	
0 <sup>m</sup> , 27	7,25	1.500 »	0,25 0,14	24,00	575	
0 <sup>m</sup> , 25	6,00	1.200 »	0,22 0,14	28,00	500	
0 <sup>m</sup> , 22	12,00	800 »	0,22 0,12	32,00	400	
0 <sup>m</sup> , 17	16,00	700 »	0,19 0,11	44,00	300	
0 <sup>m</sup> , 17	24,00	500 »				

# Ardoisières d'Angers

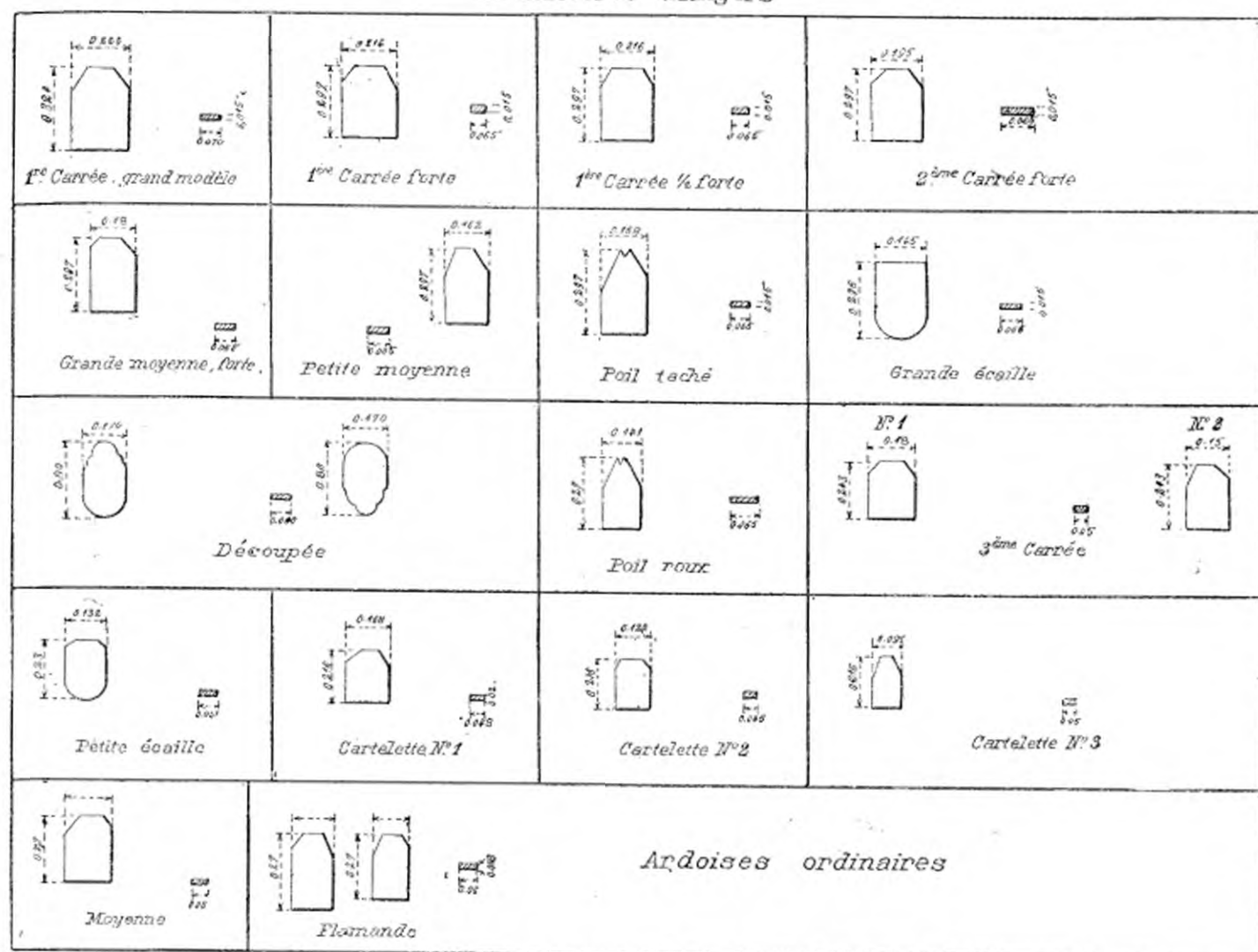


Fig. 309.

## Modèles Anglais

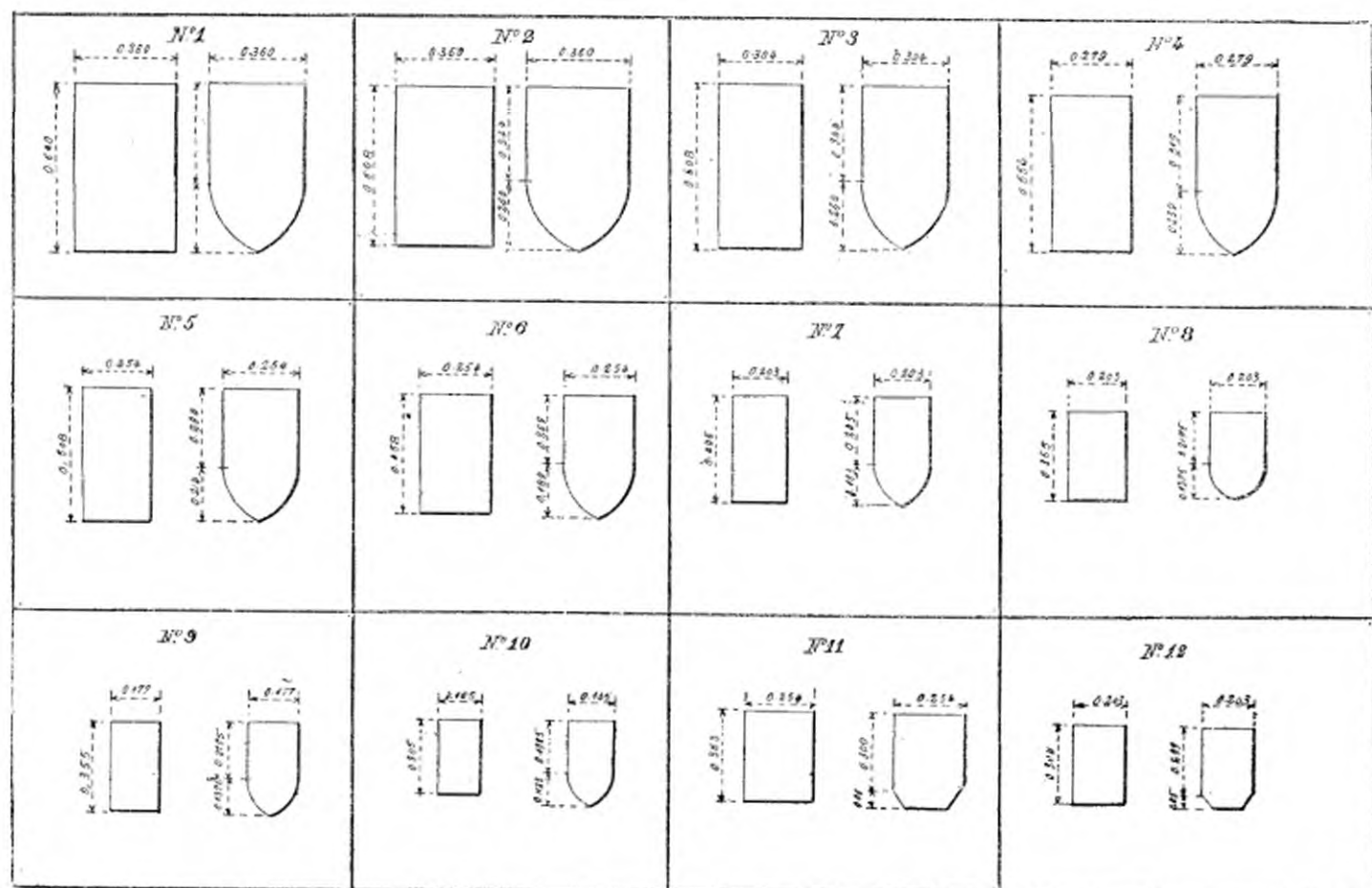


Fig. 310.

### 10° Plâtre

Le plâtre est une substance blanche ressemblant à la chaux, qui a la propriété de se prendre presque immédiatement en une masse solide, lorsque, après l'avoir réduit en poudre fine, on le gâche avec une certaine quantité d'eau. Il faut donc avoir soin de le tenir dans des endroits très secs, avant de l'employer.

Le plâtre craint donc l'humidité, de plus, il gonfle après l'emploi, puis se retraits d'une quantité assez considérable. Le plâtre ne doit donc s'employer que dans les intérieurs secs; on le gâche pur et sans mélange de sable. Il oxyde le fer, et ne peut servir pour les scellements importants.

Le plâtre se tire du gypse qui, soumis à la calcination à une certaine température, perd son eau de cristallisation et se transforme en une poudre fine. Le gypse se rencontre dans les parties supérieures des terrains secondaires et dans les terrains tertiaires. On le trouve beaucoup aux environs de Paris.

L'extraction de la pierre à plâtre se fait comme pour les pierres calcaires, soit à ciel ouvert, soit par galeries. Ce dernier mode est le plus en usage dans les carrières des départements de la Seine et de Seine-et-Oise.

La cuisson se fait dans des fours formés de murs parallèles entre eux et recouverts d'un toit à deux égouts dont les tuiles sont posées à claire-voie, afin de laisser dégager librement la fumée et les vapeurs.

La pierre à plâtre est déposée en tas entre les murs, en réservant des conduits par lesquels la flamme peut circuler. Sur le sol des conduits, on allume un feu de bois dont la flamme passe à travers les pierres à plâtre et les cuit. La durée de la cuisson dépend de la quantité de pierre mise au four, du degré de dessiccation du bois et de l'état de l'atmosphère.

Le broyage de la pierre cuite se fait à l'aide de moulins en fonte. La poudre passe à travers un crible et tombe dans les sacs préparés pour la recevoir.

Le plâtre s'emploie dans les constructions sous trois formes :

1° Le *plâtre au panier*, qui est dans l'état où l'entrepreneur le reçoit du fabricant; il sert pour les crépis ordinaires;

2° Le *plâtre au sac*, qui est passé dans un tamis de crin; il sert pour les enduits et les moulures;

3° Le *plâtre au tamis de soie*, qui est passé au tamis de ce nom; il sert pour les moulures et les beaux enduits.

On peut admettre les nombres suivants pour la résistance du plâtre à la compression :

Plâtre gâché à l'eau . . . . .	5 kg. par cm <sup>2</sup>
— au lait de chaux . . . . .	7 —

Le poids d'un mètre cube de plâtre varie suivant sa nature :

Plâtre cuit battu . . . . .	1200 à 1228 kg. le m <sup>3</sup>
— au panier . . . . .	1200 à 1227 —
— tamisé . . . . .	1242 à 1257 —
— gâché humide . . . . .	1579 à 1600 —
— — sec . . . . .	1400 à 1415 —

Outre les enduits, le plâtre sert encore à faire des briques carrées. Ces briques servent à faire des cloisons légères et sèches. On se sert à cet effet de débris grossiers de tous plâtras.

On fait aussi des carreaux de plâtre servant aux cloisons très légères, pans de bois ou pans de fer. Ces carreaux ont ordinairement 0<sup>m</sup>,48 de longueur sur 0<sup>m</sup>,32 de largeur et 0<sup>m</sup>,053 jusqu'à 0<sup>m</sup>,16 d'épaisseur. Les carreaux se posent de champ, les joints formant l'épaisseur sont creusés dans le milieu pour recevoir le plâtre qui sert à les lier. On fait également des carreaux en plâtre creux ayant à peu près les mêmes dimensions que les carreaux pleins.

On peut également mélanger au plâtre destiné à ces carreaux certaines matières comme le fer, etc., qui le rendent plus résistant et lui permettent de supporter l'humidité.

L'Exposition de 1889 renfermait d'assez curieux échantillons de ces nouveaux produits destinés à un bon avenir.

La maison Paupy a cherché à remplacer par des carreaux de plâtre d'une nature spéciale le remplissage des anciennes cloisons que l'on obtenait à l'aide de rebuts et de plâtras. En outre des difficultés de métier, ces cloisons avaient le grand inconvénient d'engendrer par la vétusté du bois une foule de parasites fort incommodes pour les habitants. M. Em. Paupy a doté l'industrie du bâtiment de nouveaux produits dont les architectes et les constructeurs ont pu apprécier les avantages en les examinant dans l'intéressante exposition de cette maison au Champ-de-Mars.

La maison Paupy fabrique un bardeau de 0<sup>m</sup>,33 × 0<sup>m</sup>,33 d'un poids de 5 kg. environ; scellé il résiste à une charge de 415 kg.

Son *insonore* est un hourdis à matelas d'air entre le plancher et le plafond. Il est utilisé pour les planchers en fer (fig. 311).

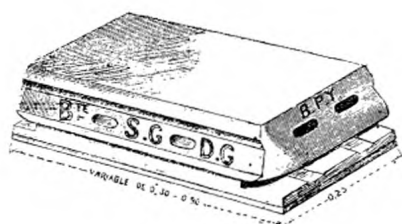
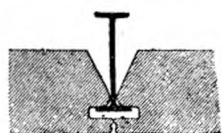


Fig. 311.



Coupe du hourdis reposant sur fer à plancher.



Coupe transversale.

Ce qui caractérise ce hourdis, c'est que le plafond est indépendant du plancher à proprement parler; il règne entre le plafond et les fers du plancher un matelas d'air permanent qui amortit les vibrations sonores et empêche leur transmission par le métal, bon conducteur du son.

Cette indépendance du plafond a de plus pour avantage d'éviter complètement la transparence des fers du plancher, inconvénient fort connu, et rarement évité jusqu'à ce jour, quelle que soit la charge appliquée sous les fers.

Ces hourdis ont la facilité de pouvoir se poser indistinctement avec ou sans fentons et entretoises. Ils suppriment, pour la mise en œuvre, tout échafaudage et cintrage.

Le hourdis est introduit dans la travée diagonalement aux fers du plancher, deux de ses angles, légèrement arrondis, permettent, en le faisant tourner dans le sens indiqué par la flèche, de le revêtir en le ramenant perpendiculairement aux fers. La partie destinée à recevoir le plafond se trouve ainsi isolée du plancher.

Quand un obstacle empêche de faire prendre au hourdis la position nécessaire à son revêtement, on pose des demi-hourdis, nommés claveaux, entre deux hourdis; les nervures ménagées à cet effet, s'agrafant par le rapprochement, maintiennent les claveaux, qui se trouvent complètement consolidés par le scellement.

*Dimensions et poids.* — Le hourdis-matelas d'air a une largeur uniforme de 0<sup>m</sup>,25. La longueur varie par 5 centimètres de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,90. On fait également, sur commande, « par centimètre », toutes les longueurs intermédiaires comprises entre 0<sup>m</sup>,30 et 0<sup>m</sup>,90.

D'une épaisseur de  $0^m,12$ , il pèse 90 kg. environ par mètre superficiel. Le même, à base de liège, pèse un tiers en moins.

*Résistance.* — Dans une travée de  $0^m,65$  d'écartement, sans fentons ni entretoises, ce hourdis résiste à une charge de 965 kg. Avec fentons et entretoises, à une charge de 1,365 kg.

Il porte, en bout, la marque B. P.-Y., avec l'indication de la largeur de la travée à laquelle il convient.

Le hourdis treillis pour planchers en fer, fabriqué par la même maison, garantit d'une façon absolue que le treillis sera toujours placé sous les solives, et que pour aucune autre cause il ne sera possible de le détourner de cet emploi qui est le plus économique et le plus rationnel de ces divers systèmes d'emploi de treillis appropriés à cet usage. Il assure la parfaite adhérence du plâtre sous les solives; il se pose avec ou sans fentons et entretoises. La mise en œuvre est la même que celle décrite plus haut.

La longueur du hourdis treillis peut varier par 5 cm de  $0^m,30$  à  $0^m,90$ .

D'une épaisseur de  $0^m,12$  il pèse 90 kg. le mètre superficiel.

— de  $0^m,09$  — 70 kg. —

Dans une travée de  $0^m,65$  d'écartement avec fentons et entretoises il résiste à une charge de 800 kg. (fig. 312).

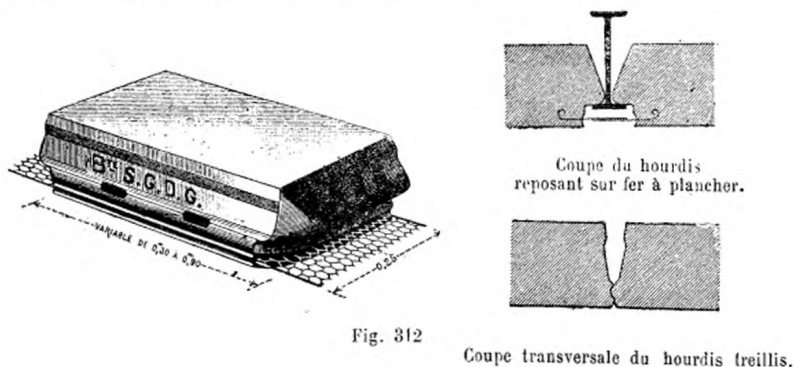


Fig. 312

Coupe transversale du hourdis treillis.

Enfin le hourdis simple de la même maison, pour planchers en fer, se pose aussi avec ou sans fentons et entretoises. Sa longueur varie de  $0^m,30$  à  $0^m,90$ . Pour la mise en œuvre, on fait reposer l'un des bouts du hourdis sur l'aile du fer et on laisse reposer l'autre extrémité sur l'aile du fer en regard. Il supprime pour sa pose, tout échafaudage et cintrage.

D'une épaisseur de 0<sup>m</sup>,12 il pèse 99 kg. le mètre superficiel.

— de 0<sup>m</sup>,09 — 70 kg. —

Scellé dans une travée de 0<sup>m</sup>,65 d'écartement, il résiste à une charge de 800 kg. (fig. 313).

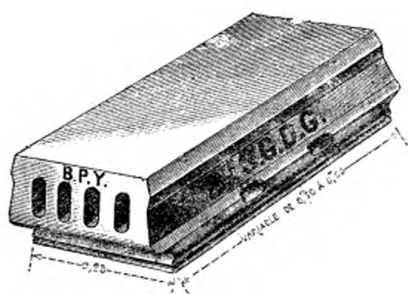
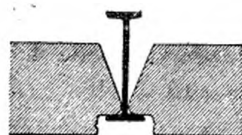
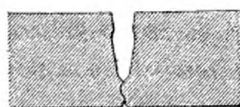


Fig. 313.



Coupe du hourdis simple reposant sur fer à plancher.



Coupe transversale des hourdis simples.

A la suite de la maison Paupy, citons aussi les expositions de la Société des Plâtriers de la Garenne et Livry, des établissements Paliet et Chausson, de la Société des Plâtriers réunies du bassin de Paris, de la Société anonyme des établissements G. Lelaire, etc.

## 11° Le Verre.

On désigne sous le nom de verre un silicate plus ou moins complexe, toujours assez fusible et peu altérable à l'air et à l'humidité. Les diverses sortes de verres diffèrent par leur composition chimique.

*Le verre ordinaire, le verre à vitres*, sont des silicates de soude et de chaux.

*Le verre à bouteilles* renferme en outre une petite proportion d'alumine et de sesquioxyde de fer.

*Le crown-glass* est un silicate de potasse et de chaux.

*Le flint-glass* est un silicate de potasse et d'oxyde de plomb.

*Le cristal et le strass* renferment les mêmes éléments, mais dans des proportions différentes.

*Les verres colorés* empruntent leur coloration à différents oxydes métalliques.

*Les émaux* doivent en général l'opacité qui les caractérise à un peu d'oxyde d'étain.

1° *Verre à vitres*. — La composition des mélanges qui, par leur réaction mutuelle et leur fusion, doivent finalement donner le verre, est extrêmement variable; voici deux exemples qui se rapportent au verre à vitres :

Silice (sable). . . . .	69,6	71,9
Chaux . . . . .	13,4	13,6
Soude . . . . .	13,2	13,1
Alumine . . . . .	1,8	0,6
Oxyde de fer. . . . .	traces	0,6
Bioxyde de manganèse. . . . .	traces	0,20
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Le mélange se fait dans un local spécial. La fusion s'opère dans de grands creusets en argile réfractaire. Ces creusets peuvent contenir de 5 à 600 kg. de verre fondu. Les fours les plus employés sont les fours Siemens, les fours Boëtius.

Le travail du verre se fait avec la canne du verrier. C'est un long tube de fer à l'extrémité duquel l'ouvrier cueille une masse de matière à l'état de demi fusion et à laquelle il donne différentes formes en insufflant graduellement de l'air dans son intérieur. Lorsque l'ouvrier a obtenu un manchon de verre, il le porte dans un four à étendage, après l'avoir fendu dans toute sa longueur. On développe le manchon dans ce four, dont la température est suffisante pour amollir le verre. L'étendage se fait sur une sole en terre réfractaire recouverte déjà d'une feuille de verre pour conserver le poli de la surface extérieure du manchon.

De là, la nouvelle feuille de verre est portée dans un four à refroidir et à recuire. Le refroidissement complet dure une demi-heure. La recuisson est suffisante et la coupe du verre très régulière.

La *coloration des verres à vitres* s'obtient par des oxydes métalliques. Les verres peuvent être colorés dans toute leur masse ou être formés d'un verre incolore recouvert d'une couche de verre coloré.

Les verres colorés dans toute la masse se font en mélangeant l'oxyde choisi aux autres éléments qui entrent dans la composition des matières mises dans les pots.

Les verres formés d'un verre incolore recouvert d'une couche de verre coloré, s'obtiennent en plongeant la masse de verre incolore, située au bout de la canne dans un creuset renfermant du verre coloré, et en procédant ensuite comme pour un verre ordinaire.

Pour le *verre cannelé*, on le souffle dans un moule à cannelures.

Le *dépolissage* du verre se fait au moyen du grès que, par une disposition spéciale, on fait passer sur les feuilles de verre.

2°. — *Pavés de verre. Tuiles, etc.* — Au nombre des produits spéciaux qui se sont introduits depuis quelques années dans les constructions, il y a lieu de signaler les *verres de toitures*, les *verres coulés à reliefs*. On emploie pour ces produits des verres demi-blancs. Ces verres présentent une face polie et une face à reliefs. On peut leur donner le ton coloré.

Tous ces verres sont coulés. L'expérience a démontré leur supériorité comme résistance sur les verres soufflés.

On obtient, par des moules appropriés dans lesquels on coule le verre fondu et teinté à la couleur voulue par un oxyde métallique bien choisi, soit des verres à petits ou grands losanges, des dalles quadrillées, des pavés en verres, et enfin des tuiles type Muller et type Montchanin.

3° *Glaces.* — Les glaces sont soufflées ou coulées. Les premières se font en Bohême et à Venise, et pour les former on procède comme pour le verre à vitres. Les glaces coulées se font surtout en France.

La composition des glaces est la suivante :

Sable . . . . .	270
Sulfate de soude . . . . .	100
Pierre calcaire . . . . .	100
Charbon . . . . .	6 à 8
Calcin . . . . .	300

Le mélange est mis dans de grands creusets et porté au four. On coule sur des tables roulantes que l'on pousse dans l'intérieur de fours à recuire.

La fusion des matières, l'affinage et la *braise* (refroidissement lent) durent 24 heures.

Les glaces sont ensuite *doucies* par le frotage avec du sable, puis *savonnées* avec de l'émeri très fin, et enfin *polies* à l'aide de feutres, avec interposition de colcotar.

L'étamage se fait à l'aide d'un amalgame d'étain qu'on pose sur l'une des faces de la glace.

On argente les glaces, en fixant sur l'une des faces une dissolution de nitrate d'argent dans de l'ammoniaque mélangée à de l'acide tartrique. Mais ce procédé réussit peu, la dissolution d'argent ne se fixant pas suffisamment sur la glace.

M. Lenoir a imaginé de réunir les deux procédés et d'amalgamer les glaces argentées au moyen d'une couche de mercure placé sur la couche d'argent. Ce procédé a donné de bons résultats.

M. Dodé a essayé de remettre à la mode le procédé de platinage de Ladershorff. On étend sur la glace, à l'aide d'un pinceau, une dissolution de chlorure de platine et d'essence de lavande. On passe au moufle pour la fixation de la dissolution. On laisse refroidir et on applique une deuxième couche contenant de l'essence de lavande, du chlorure de platine et du sous-nitrate de bismuth. Mais ce procédé n'est guère employé.

L'art de la verrerie était représenté d'une façon toute particulière à l'Exposition de 1900. On remarquait les produits de la Société anonyme des manufactures de Saint-Gobain, des manufactures de Jeumont et Aniche, de Jourdil, etc., les verreries de MM. Hug frères et Membéré à Brué (Nord), l'Association des verreries à vitres du Nord, à Valenciennes.

Les vieux verriers vénitiens nous ont légué des ouvrages d'un charme exquis, qui, pendant longtemps, ont fait le désespoir de ceux qui tentaient de retrouver leurs procédés et de suivre la voie ouverte par eux. Cependant les efforts ont été couronnés de succès. Il suffisait de visiter l'exposition de M. Candiani pour voir que la verrerie vénitienne moderne n'a rien à redouter d'une comparaison avec les travaux de ses devanciers.

On présentait en effet une série considérable de modèles qui se recommandaient à l'attention autant par le fini de l'exécution que par le goût et l'originalité du dessin. Il y avait là des objets de toute sorte, des petits baguiers et des vide-poches aussi bien que des pièces importantes. La variété des formes n'en était pas moins heureuse que celle des colorations, ambrées, bleuâtres, irisées, toute cette gamme de nuances délicates et gaies qui ont fait jadis la célébrité de la verrerie de Venise. Lorsque la lumière se joue dans ces objets délicats, c'est un véritable enchantement pour l'œil.

On exposait aussi quelques lustres en verreries de modèles d'une grande élégance et où les colorations étaient combinées avec un art remarquable. Ils sont d'un effet très décoratif dans un appartement, aussi bien à la clarté du jour que lorsque les lumières sont allumées, et ils donnent, à la pièce où ils sont placés, un caractère d'élégance artistique raffinée.

On trouvait aussi des statues décoratives, des glaces de Venise d'un

beau poli et d'une grande richesse d'encadrement, des mosaïques d'un goût exquis et des pièces de faïence qui contribuent le plus heureusement à la décoration des intérieurs.

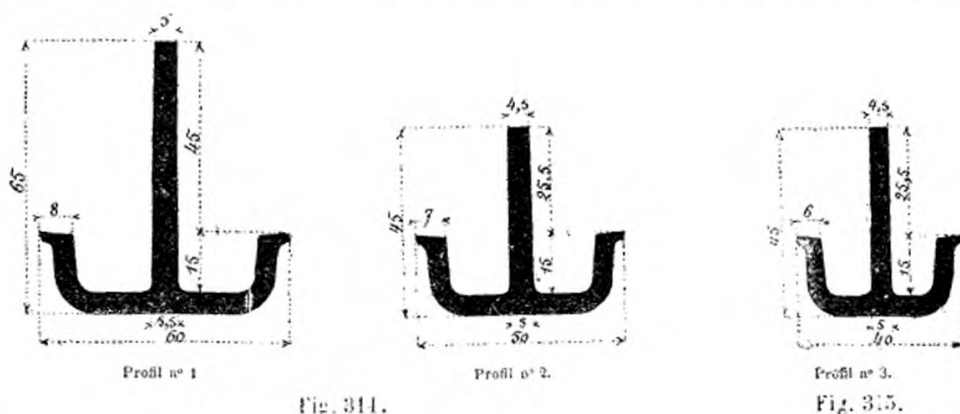
Une application intéressante du verre à la couverture des locaux est la vitrerie sans mastic, *système Murat*.

Le petit bois a un profil en acier à double gorge dont nous donnons fig. 314 et 315 une coupe. — Les gorges de ce fer servent de gouttières pour l'écoulement des eaux qui y pénètrent. — Dans la hauteur de la gorge entre le verre et le fond du fer, il y a un matelas d'air, qui empêche toute condensation intérieure de se produire. Nous donnons ci-dessous le tableau de résistance des fers ainsi profilés.

Charge totale par mètre carré de couverture	Nature du petit bois	Tension de sécurité admissible par millimètre carré	PROFIL N° 1			PROFIL N° 2			PROFIL N° 3		
			Haut. 65 <sup>mm</sup> . Larg. 60 <sup>mm</sup> . Poids = 5 <sup>k</sup> 330 $\frac{I}{n} = 0,00003500$			Haut. 45 <sup>mm</sup> . Larg. 50 <sup>mm</sup> . Poids = 4 <sup>k</sup> 190 $\frac{I}{n} = 0,000002470$			Haut. 45 <sup>mm</sup> . Larg. 40 <sup>mm</sup> . Poids = 3 <sup>k</sup> 730 $\frac{I}{n} = 0,000002310$		
			Écartement des fers à vitrage			Écartement des fers à vitrage			Écartement des fers à vitrage		
			0 <sup>m</sup> 380	0 <sup>m</sup> 495	0 <sup>m</sup> 615	0 <sup>m</sup> 380	0 <sup>m</sup> 495	0 <sup>m</sup> 615	0 <sup>m</sup> 380	0 <sup>m</sup> 495	0 <sup>m</sup> 615
PORTÉES CONVENABLES DU FER A VITRAGE Entre pannes suivant la charge admise, L'écartement et le coefficient de travail choisis											
kg.		kg.	m	m	m	m	m	m	m	m	m
50	Fer	8	4,31	3,77	3,38	2,88	2,52	2,27	2,79	2,44	2,19
	Acier	12	5,27	4,62	4,14	3,53	3,09	2,78	3,42	2,99	2,69
60	Fer	8	3,94	3,44	3,08	2,64	2,31	2,07	2,54	2,23	2,00
	Acier	12	4,82	4,21	3,77	3,23	2,83	2,53	3,12	2,74	2,46
70	Fer	8	3,64	3,19	2,86	2,44	2,14	1,91	2,36	2,07	1,86
	Acier	12	4,45	3,90	3,49	2,99	2,62	2,34	2,89	2,53	2,28
80	Fer	8	3,41	2,98	2,68	2,28	2,00	1,79	2,21	1,93	1,73
	Acier	12	4,16	3,64	3,27	2,80	2,45	2,20	2,70	2,37	2,13

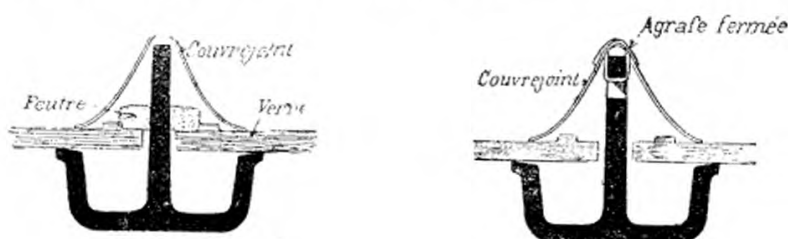
Le verre employé a une épaisseur de 4 à 6 mm ; il est muni de nervures intermédiaires espacées de 0,117 d'axe en axe. — Les

feuilles de verre ont trois largeurs : 0<sup>m</sup>,36, 0<sup>m</sup>,48 et 0<sup>m</sup>,60. Les nervures de rives D, dans la partie en feuillure, forment arrêt d'eau sous le



couvre-joint métallique dont nous parlerons plus loin. Celles intermédiaires simulent des filets parallèles aux fers, brisent les chasses d'eau latérales et donnent une plus grande ténacité au verre. La résistance de ce verre est de 50 0/0 plus considérable que celle du verre strié.

A cheval sur le fer à gorge, on place un couvre-joint en zinc (fig. 316) qui recouvre de chaque côté une certaine partie du verre en dehors de la nervure, de manière que l'eau avant d'arriver à la dite nervure, soit brisée et divisée par la rive du couvre-joint. Ce dernier s'infléchit, en recouvrant la nervure de rive pour arriver en contact du verre sur lequel il forme une pression élastique. La fixation est obtenue au moyen d'une agrafe en cuivre qui passe dans une mortaise pratiquée dans le fer à gorge. Elle sort au travers du couvre-joint, puis est rabattue de chaque côté de manière à former une ligature, et à assurer le contact des rives du couvre-joint avec le verre en faisant ressort sur celui-ci.



L'intervalle entre la nervure de rive et l'âme du fer à gorge est calfeutré au moyen d'une bande de feutre (fig. 317).

De distance en distance des presse-verre sont placés pour fixer le verre sur le petit bois et maintenir en place la bande de feutre.

Les feuilles de verre sont arrêtées, chacune à sa partie inférieure, par une goupille (fig. 318) pour éviter le glissement.

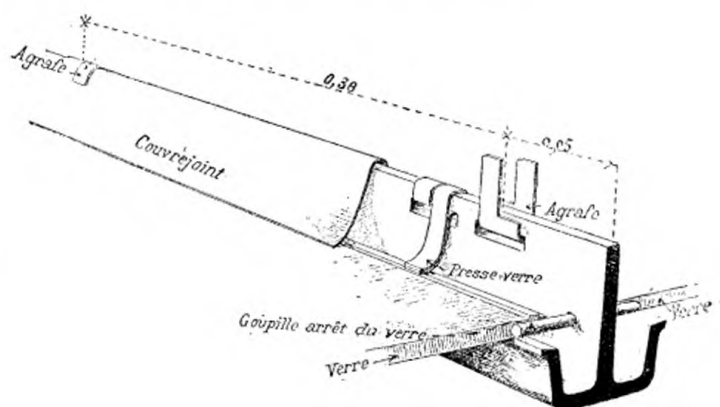


Fig. 318.

L'étanchéité des joints horizontaux est assurée, soit par les ressauts produits par les pannes, soit, dans le cas où celles-ci ne sont pas employées, par des tringles et métal et feutre cintré assurant entre les verres un espace réservoir où s'amassent les eaux de condensation avant de s'écouler à l'extérieur par un orifice *o* (fig. 319 et 320).

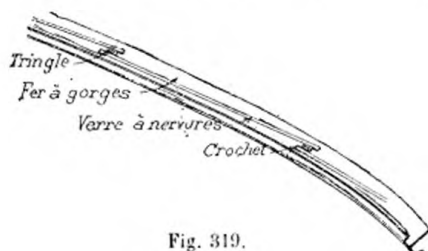


Fig. 319.



Fig. 321.



Fig. 320.

Dans le cas de fers à vitrage cintrés, les verres sont fractionnés par petites longueurs et maintenus en place l'un par l'autre au moyen de crochets (fig. 321). Les couvre-joints sont arrangés pour faire recouvrement les uns sur les autres. Le vide intérieur existant entre le verre et la nervure latérale du fer se calfeutre à l'aide d'une petite bande de liège découpée à la demande et fixée sur le champ de cette nervure à l'aide de crochets.

Une autre application intéressante du verre est dans la construction de réflecteurs pour l'éclairage des pièces obscures en utilisant la théorie physique de la réfraction. La société du *Luxfer Prisms* avait exposé son procédé d'éclairage des locaux sombres par la lumière du jour distribuée au moyen de vitraux prismatiques. Ce procédé repose sur des bases scientifiques. Les prismes recueillent la lumière au moment où elle frappe la fenêtre et la distribuent par une réfraction calculée dans les parties sombres d'un local. L'intensité de la lumière transmise varie entre 5 et 25 bougies par mètre carré. La Société fabrique différentes séries de prismes que nous allons passer rapidement en revue.

Les *carreaux à prismes* ont 0<sup>m</sup>,010 d'épaisseur et 0<sup>m</sup>,10 de côté. Ils portent sur un côté une série de prismes, de différentes tailles, formes et angles. — Tous ces prismes sont soudés ensemble par une étroite bande de cuivre fixée par un procédé spécial d'enchâssure galvanoplastique. — On introduit les châssis et prismes dans l'encadrement de la fenêtre, ou dans un châssis indépendant suivant les circonstances. Ces plaques peuvent être employées soit pour toute la fenêtre, soit pour un seul battant soit encore pour une partie du battant, ou pour une traverse sur le devant du magasin.

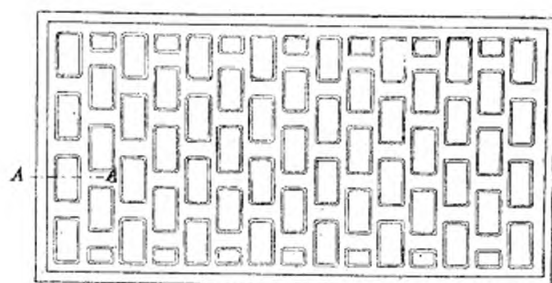
Le *forilux* est une plaque de prismes d'une taille déterminée, montée sur un châssis indépendant. — Ce châssis est fixé verticalement dans la fenêtre, face à la prise de lumière. Le *forilux major* est destiné à éclairer la plus grande partie de la chambre ; le *forilux minor*, a pour but d'éclairer seulement le devant de cette chambre.

Lorsque l'ouverture à éclairer est en face et bien au-dessous de la ligne de ciel des bâtiments les plus proches, on se sert de *prismes marquises* dont la face réceptrice est tournée vers le ciel. — Les prismes d'une marquise sont généralement arrangés en groupes ; les groupes *latéraux* sont placés de manière à ce que la ligne des prismes soit en diagonale envoyant la lumière vers un côté de la pièce.

Pour l'éclairage des sous-sols on emploie les *dalles à prismes* et le *lucidux* combiné avec ces dernières (fig. 322). La dalle est construite de façon à pouvoir présenter un grand développement de surface utile, et à renvoyer la lumière de la partie supérieure, tout en renvoyant la lumière de la partie inférieure par les prismes situés à la base de la dalle. — Le *lucidux* prend la lumière des dalles et la dirige dans la partie principale du sous-sol. On fait du lucidux une cloison. On obtient les meilleurs résultats quand les poutres à I supportant le plancher

sont montées à niveau du plafond du sous-sol. Les petites poutres qui

Plan



Coupe sur A A

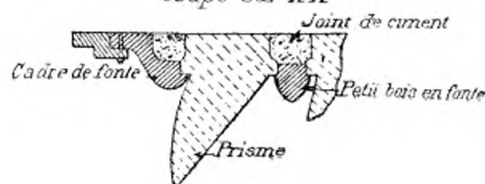


Fig. 122

supportent les châssis en fer formant prise de jour par les dalles doivent toujours être à angle droit avec la longueur du pavage. Tous les

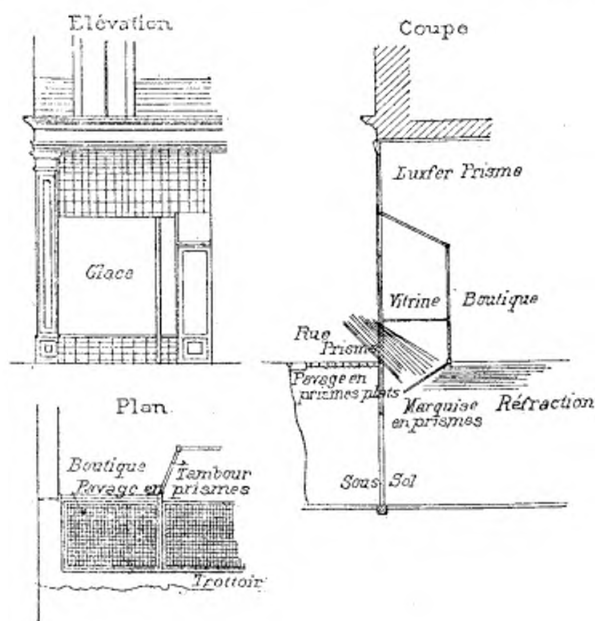


Fig. 323.

tuyaux dans le sous-sol doivent être placés de façon à ne pas intercepter la lumière venant des prises de jour par les dalles ou venant des

*lucidux*. — Si le sous-sol ne reçoit pas son jour par un dallage, il le prend par un tambour. Dans ce cas on doit éclairer au moyen d'un châssis incliné garni de verres prismatiques (fig. 323). Il faut alors que les vitrages de la fenêtre du tambour soient en verre ordinaire translucide, à l'exclusion du verre strié ou du verre cathédrale. — Le *lucidux* est en quelque sorte une plaque verticale de prismes que l'on suspend comme un écran entre le sous-sol et les dallages prismatiques du trottoir.

Voici la classification des diverses sortes de prismes fabriqués par la Compagnie des *Prismes Luxfer*.

I Prismes de fenêtres	<i>Mélangé</i> . .	Plaque composée de prismes <i>Taillés</i> et <i>Sridian</i> disposés de différentes manières.
	<i>Taillé</i> . .	plaques calibrées à la meule à 1/4 de millimètre près. — La partie recevant la lumière est polie. — Les plaques sont enchâssées dans leur cadre par le système de la galvanoplastie. — Les parties métalliques sont cuivrées, nickelées ou argentées.
	<i>Composé</i> . .	Plaques de prismes composées de plaques <i>Sridian</i> et <i>Commercial</i> .
	<i>Sridian</i> . .	Comme le <i>Taillé</i> . La face réceptrice est ornée d'une série de dessins moulés.
	<i>Commercial</i>	Plaques de prismes composées de plaques choisies, ni essayées, ni polies, et n'ayant pas les lignes <i>Sridian</i> sur leurs faces réceptrices.
	<i>Fabrique</i> . .	Plaques composées de prismes désignées sous le nom de <i>second</i> .
II Prismes de Dallages	<i>Multi-prisme</i>	Les prismes ont une partie supérieure oblongue de $12,5 \times 5,6$ cm, avec un seul pendentif prismatique, dont les deux côtés ont été établis de façon à produire une grande quantité d'éclairage. Les bords en sont prismatiques de façon à accaparer la lumière venant des deux côtés de la rue et à l'ajouter à la quantité de lumière déjà projetée dans le sous-sol.
	<i>Uni-prisme</i> .	Modèle rectangulaire en haut et d'environ $6,5 \times 7,5$ cm. avec pendentif prismatique.

Le tableau suivant donne l'emploi de ces différents prismes suivant les cas :

Plaques à prismes pour fenêtres	{	Taillé.	Plaques à prismes pour Forilux	{	Taillé.
		Sridian.			Sridian.
		Mélangé.			Mélangé.
		Composé.			Composé.
		Commercial.			Commercial.
Plaques à prismes pour marquises	{	Fabrique.	Plaques à prismes pour Lucidux	{	Fabrique.
		Taillé.			Taillé.
		Sridian.			Sridian.
		Mélangé.			Mélangé.
		Composé.			Composé.
		Commercial.			Commercial.
		Fabrique.			Fabrique.

Les dalles que l'on place dans une cour ou sur un trottoir doivent être solidement montées sur un châssis dont les fers doivent avoir une

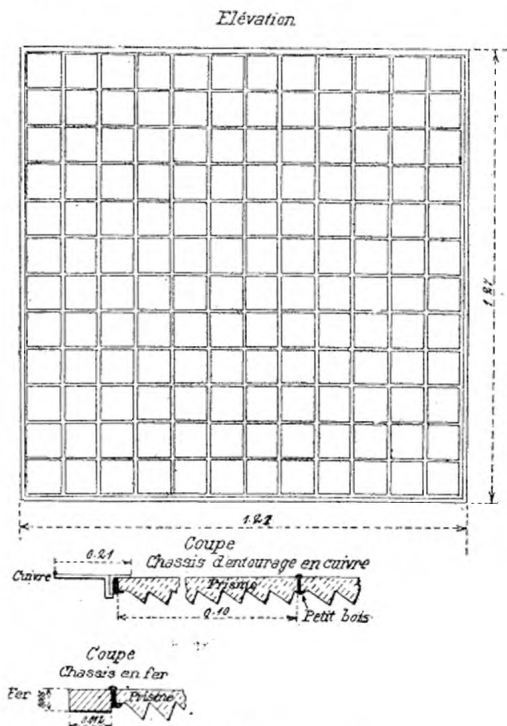


Fig. 324.

section suffisante pour supporter le poids du dallage et une charge supplémentaire variable (fig. 324). Les châssis doivent être en sections ne

dépassant pas 1,05 en largeur (mesuré parallèlement à la façade du bâtiment. Chaque dalle doit être bien mise en place et cimentée de façon à former une surface étanche. — Les joints entre les châssis sont calfeutrés à l'étoupe et garnis d'asphalte. — On peut faire aussi le montage au ciment. Dans ce cas, les prismes sont ajustés dans du mortier qui doit couvrir le châssis en fer et être mis de niveau avec la partie supérieure des prismes. — Le mortier doit se composer d'une partie de ciment Portland, première qualité, et de deux parties sable fin et propre. On le recouvre ensuite d'une couche de ciment Portland pur. — Tous les joints entre les plaques doivent être soigneusement faits, afin d'éviter les fêlures que pourraient produire les tassements et d'assurer l'étanchéité la plus complète.

Lorsque pour réduire l'intensité de la lumière, pendant l'été, on emploie des stores, ceux-ci doivent être blancs et placés de manière à couvrir toute la plaque de prismes, ils sont fixés avec le rouleau à la partie inférieure de cette plaque.

Les *prismes Luxfer* résistent au feu. L'expérience a été faite à *Chicago* sous la surveillance du chef des pompiers, M. Swenie. Le feu fit craqueler les petits prismes dans plusieurs directions, mais l'eau qu'on projeta ensuite ne fit tomber aucune plaque.

La manufacture des glaces de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, exposait des échantillons de verres blancs imprimés destinés au vitrage des appartements, bureaux, magasins, etc., etc. Ces modèles avaient été soigneusement étudiés, au double point de vue de l'effet décoratif et de la luminosité. Ils laissent passer plus de lumière que les verres dépolis, gravés ou mousselinés, tout en étant beaucoup plus résistants. Ils se prêtent aux mêmes emplois, ne gardent pas la poussière, ne se graissent pas et sont d'un nettoyage facile.

Les verres imprimés ont 3 à 4 mm d'épaisseur et pèsent 7 1/2 à 10 kg. par mètre carré. Ils sont fabriqués à toutes les dimensions, jusqu'à :

2 <sup>m</sup> , 40	de longueur et 0 <sup>m</sup> , 81	de largeur, pour le verres n <sup>os</sup> 3, 4 et 5.
2 <sup>m</sup> , 40	— et 0 <sup>m</sup> , 96	— — — n <sup>os</sup> 2, 6, 7, 9,
10, 11, 12, 13 et 14.		

On obtient de très jolis effets en décorant les verres imprimés au moyen d'émaux transparents.

Les verres imprimés se fabriquent à l'avance, aux mesures courantes suivantes :

69×66 cm	87×54 cm	108×42 cm	120×36 cm
72×63 —	90×51 —	108×60 —	120×54 —
75×60 —	96×48 —	114×39 —	126×51 —
81×57 —	102×45 —	114×57 —	130×48 —

La maison E. Muller, d'Ivry, dont nous avons déjà parlé, exposait aussi ses tuiles de verre, ses tuiles en terre, vitrées, etc., dont nous donnons un exemple (fig. 325).

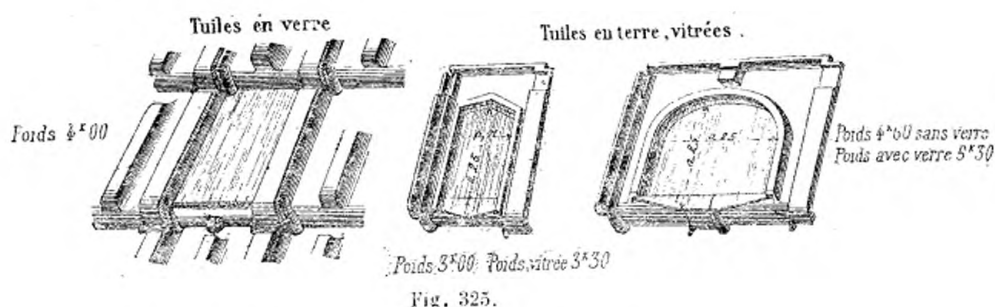


Fig. 325.

## 12° Peintures, tentures et papiers peints.

L'industrie de la peinture était représentée à l'Exposition par bon nombre de maisons.

La *Pastorine*, inventée en 1885 sous le nom de *peinture Email*, a été perfectionnée sous ce nom de *pastorine*; elle s'applique et se travaille comme du vernis, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur. Une seule couche de ce produit peut suffire pour les travaux et usages ordinaires.

Pour les objets poreux, bois, ciment, plâtre, pierre, deux couches sont nécessaires.

Pour les travaux soignés, la *pastorine* doit être appliquée sur un fond parfaitement sec, de peinture ordinaire, poussée à l'essence plutôt qu'à l'huile et autant que possible du même ton, surtout pour les nuances claires.

Pour les travaux très soignés, deux ou trois couches de *pastorine* en fonçant les premières donnent un travail parfait. La *pastorine* peut également s'appliquer sur les vieux fonds de peinture en bon état et au préalable bien lessivés. Sur les fonds en mauvais état, il importe de faire un nettoyage radical pour faire disparaître toute trace de vieille peinture ou de rouille.

La *pastorine* peut s'appliquer sur n'importe quelle matière ou surface, elle offre un brillant, une dureté, un poli, comparables à la porcelaine

et pouvant résister à toutes les intempéries. La pastorine peut ensuite subir, sans détérioration, tous les lavages à l'eau froide, chaude, alcaline ou phéniquée.

Le *Ripolin* de la Société des peintures laquées et des enduits sous-marins, est une peinture laquée, inaltérable; elle résiste au soleil et aux intempéries; elle s'emploie à l'extérieur et à l'intérieur, sur bois, métal, plâtre, pierre, ciment, etc.; elle donne aux objets un brillant analogue à celui de la porcelaine.

Il en est de même des produits de la *Société anonyme des Gommess nouvelles et vernis*. Le fond sur lequel on les applique doit être de même ton qu'eux. Pour les travaux très soignés, deux ou trois couches en ponçant les premières, donnent l'aspect de la laque, de l'émail et du stuc. Ces sortes de peintures sèchent vite, deviennent très dures, et restent brillantes même après des lavages fréquents, à l'eau chaude ou à des dissolutions alcalines ou phéniquées.

Depuis quelques années, la direction des chemins de fer allemands, section de Magdebourg, a utilisé à la suite de nombreuses recherches et observations, une préparation tirée des huiles de goudron comme enduit pour les ponts, remises, ouvrages métalliques, etc. D'après les expériences faites, cette couleur, grâce à sa grande force de pénétration absorbait la rouille. Comme cette préparation devait être employée à chaud, et qu'après l'avoir à diverses reprises réchauffée elle perdait une grande partie de son efficacité, il fallait trouver un moyen d'écartier ces défauts.

Après de nombreuses recherches, on est parvenu à trouver un procédé donnant un produit n'ayant aucun des inconvénients précités et présentant au contraire, dans une large mesure, les avantages de l'ancienne préparation. Ce nouveau produit, appelé *Sidérosthène*, lorsqu'on l'étend sur le fer, se combine intimement avec lui, et rend toute formation de rouille impossible. Un enduit de sidérosthène se compose de deux parties : une couche inférieure et une couche supérieure.

La dessiccation commence par la partie inférieure et se termine à la surface. La couche inférieure adhère très énergiquement au métal et ne peut en être détachée qu'en le raclant ou en le limant. La partie supérieure, à l'état sec, possède une élasticité qui lui permet de résister à toute mousse sans se crevasser ni s'écailler. Cette peinture résiste à la chaleur et à l'humidité.

Le Sidérosthène se passe comme les couleurs à l'huile avec un pinceau propre et sec, par un temps sec, sur une surface bien sèche. Avec 1 kg.

de cette couleur, on peut enduire une surface de 10 m<sup>2</sup>. Les pièces enduites de sidérosthène ont un ton bleu-noir. Si l'on veut obtenir un ton plus clair, il faut revêtir l'enduit d'une couche isolante. Cette couleur isolante se compose de 70 parties de laque de copal et de 30 parties d'huile de térébenthine dans laquelle on a broyé environ 300 à 400 parties de couleur de terre de Sienne rouge ou jaune. On peut peindre ensuite sur cet enduit isolant toute couleur à l'huile de n'importe quel ton. La couche de sidérosthène doit être complètement sèche et même durcie avant d'appliquer l'enduit isolant. — Pour la peinture intérieure des réservoirs ou des endroits obscurs, il faut se garder de se servir de lampes à air libre ; on emploiera des lampes de sûreté.

Pour étendre le sidérosthène épaissi, on emploie comme dissolvant l'huile de sidérosthène, dans la proportion de 5 à 10 kg. d'huile de sidérosthène pour 100 kg. de sidérosthène épaissi.

L'origine de l'industrie du **papier peint** remonte au XVI<sup>e</sup> siècle. Elle se développa très rapidement et l'outillage, très grossier d'abord, se perfectionna très vite. L'une des premières et des plus importantes améliorations fut la substitution de la planche gravée au pochoir C'est surtout au choix des modèles et dessins que les industriels consacrèrent leurs soins.

Déjà au XVIII<sup>e</sup> siècle la maison Réveillon, la plus importante de l'époque, faisait des créations remarquables et l'industrie du papier peint en prit un nouveau développement. Vers 1851, les maisons Delcourt, Dubert et Desfossés commencèrent à produire des panneaux décoratifs dont la composition avait un caractère artistique. A cette époque la fabrication française de papiers peints occupait la première place dans le monde.

C'est de 1852 que date l'invention de la machine à imprimer, mais elle ne fit faire que peu de progrès à l'industrie pendant les premières années jusqu'en 1860, où les traités de commerce firent pénétrer en France les premiers papiers peints anglais imprimés à la machine. La fabrication de ces papiers était défectueuse, les tons criards.

Quelques maisons françaises s'organisèrent sans retard pour l'application des nouveaux procédés, et en quelques années, elles apportèrent dans leur industrie de grands perfectionnements.

Depuis nombre d'années, les fabricants français se sont appliqués à reproduire les cuirs de Cordoue, les étoffes, velours, lampas, broderies, etc. L'usage des plaques gravées et des balanciers pour l'estampage a permis d'améliorer considérablement les procédés de fabrication. Les

imitations de velours de Gênes et de peluches de soie sont venues ensuite, marquant des progrès nouveaux dans une industrie où les fabricants français font preuve chaque jour d'initiative et d'ingéniosité.

Rien ne peut mieux donner l'idée de ce que peuvent réaliser les industriels français que les produits de la maison Le Mardelé. On admirait dans son exposition les papiers cuir de Cordoue, des panneaux dessins broderies en relief dont les uns imitaient la soierie, des dessins peluche Louis XVI imitant le velours de Gênes avec des châtolements de lumière du plus gracieux effet, d'élégantes figurines, et de beaux panneaux imitant la tapisserie flamande, enfin une autre série de panneaux de cuir estampé décorés à la main d'une vigueur de coloris remarquable.

Les maisons Duchesne, Barlès et Deshayes exposaient aussi des papiers peints avec de nouvelles décorations *modern style*.

L'exposition renfermait aussi de nombreux échantillons de *Linoléum*. Ce produit est fabriqué avec de la poudre de liège et de l'huile de lin oxydée; il se fait en teintes unies, couleur bois, marron, etc., avec dessins variés. Les couleurs sont appliquées sur la pâte chaude et incrustées. Le linoléum s'emploie sur les murs humides, comme tentures, panneaux décoratifs, etc.

On remarquait aussi une matière particulière appelée la *lincrusta Walton*. Ce produit peut prendre tous reliefs comme le bois sculpté, les cuirs repoussés, le carton pierre. Il est inaltérable à l'humidité et absolument imperméable à l'eau. Il ne se dilate, ni ne se fend sous l'influence de la chaleur, et résiste également bien au froid. Il n'a aucune odeur, et est très hygiénique. Il se fixe au moyen d'un tiers de colle double de peau et de deux tiers de pâte de froment, le tout aussi épais que possible.

### 13° Voûtes légères.

Remplacer les claveaux en pierre des arcs doubleaux, nervures et formerets par des claveaux en briques dans la construction des voûtes gothiques, romanes ou autres, a été la constante préoccupation des constructeurs.

Après de longues études, la maison Fabre et C<sup>ie</sup> employa, avec grand succès, son système de voûtes légères sans poussée. Les arcs et les voûtes bâtis de cette façon peuvent reposer sur des murs de 0<sup>m</sup>,45 avec

de simples contreforts de 0<sup>m</sup>,20, supprimant tous arcs-boutants et toutes amatures en fer ou en bois (fig. 326.)

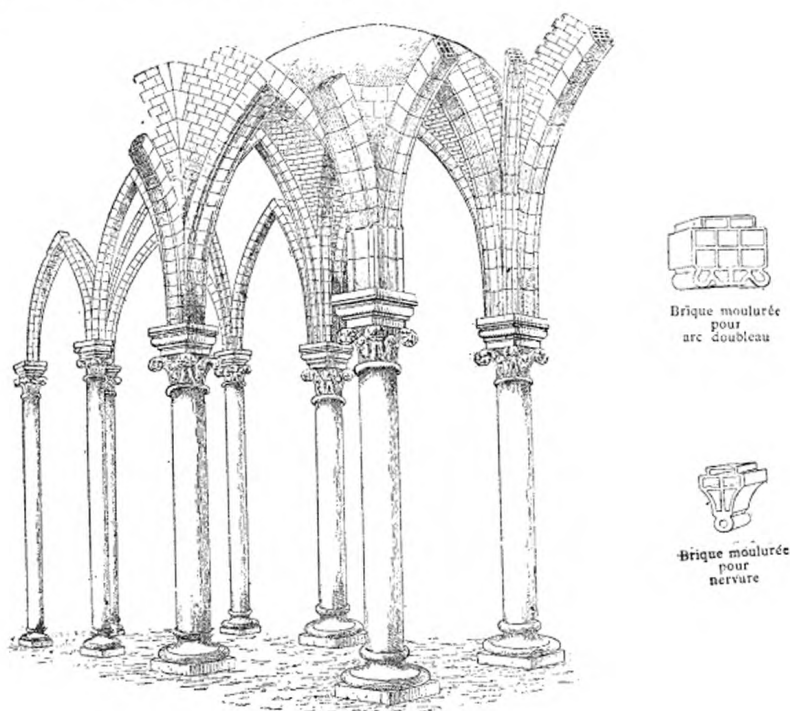


Fig. 326.

Le système de construction de ces voûtes, pourvu de nouvelles améliorations, se compose d'arcs doubleaux, nervures, liernes, tiercerons, etc., en briques spéciales qui peuvent être moulées suivant le profil désiré et de remplissages légers en briques creuses plates, le tout construit avec un mode spécial de clavages des briques, sans cintre ni armature quelconque. Les voûtes des grand et petit palais des Beaux-Arts, du palais du mobilier, de celui de la faïence, de ceux de la mécanique, des colonies portugaises, etc., etc., ont été construites de cette façon par la maison Fabre.

M. Fabre a inventé un nouveau système de voûte consistant en arcs doubleaux et diagonaux en ciment armé creux (fig. 327). L'armature treillis des arcs se relie à l'armature de la chape d'extrados des tympans en terre cuite et forme, de l'ensemble, un tout absolument homogène qui devient pour ainsi dire indépendant du gros œuvre. L'écoulement

des eaux peut être ménagé à l'extérieur par des gargouilles ou des tuyaux de descente.

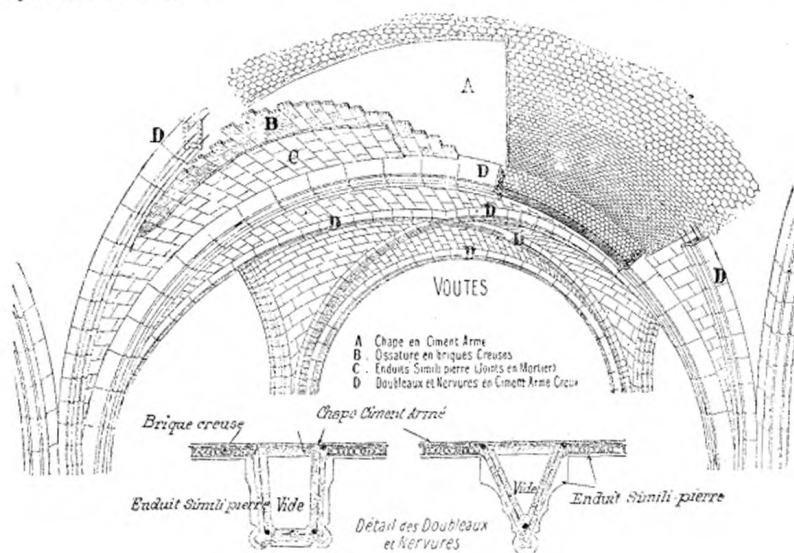


Fig. 327.

La résistance de ces différentes voûtes atteint 2300 kg par mètre carré.

#### 14° Carton cuir.

La maison *Desfeux* exposait différents échantillons du *carton cuir* qu'elle fabrique pour toitures. Ce produit est fabriqué avec des matières solides, nerveuses, combinées avec un enduit chimique très onctueux. Il pèse 3 kg. par mètre carré.

Les rouleaux carton cuir se placent parallèlement à la ligne du faitage, en commençant par la gouttière et en leur faisant faire les uns sur les autres un recouvrement de 10 cm.

La première bande doit dépasser la volige, au bord de la gouttière et de chaque côté de la toiture de 10 cm, de façon à former un rabattement qui empêche l'action. Un côté du carton cuir est sablé, et c'est ce côté qui doit être exposé à l'air.

Les bandes de carton cuir sont d'abord fixées avec des clous à ardoises à larges têtes (23/15), placés seulement sur la bordure supérieure. Cette bordure est cachée ensuite par le recouvrement de la bande du dessus. On procède ainsi de chaque côté du toit jusqu'au faitage, où se

place une bande à cheval formant recouvrement de 10 cm de chaque côté sur deux bandes inférieures. On fixe ensuite la couverture de haut en bas, avec des tringles en bois de sapin de 2 cm de largeur sur 5 mm d'épaisseur clouées sur les chevrons en plein bois au moyen de pointes longues et minces (35/13) à 15 cm les unes des autres. On place ensuite la tringle de bord fixant les abattements de la première bande le long de la gouttière. Si la toiture a plus de 12 cm de long, on réunit les rouleaux par un recouvrement de 50 cm, c'est-à-dire d'une tringle à l'autre.

La couverture étant posée et clouée, on l'enduit, au moyen de grandes tresses à longs manches, de goudron de gaz bouillant qu'on saupoudre, s'il est possible, de sable fin et sec de rivière ou de plaine bien lavé. Il faut que ce sable tombe sur le goudron encore chaud, dès que ce dernier est étendu sur le toit. L'entretien consiste à renouveler, suivant les besoins, cette couche de goudron, en sablant comme précédemment.

Lorsqu'il s'agit de hangars sans voliges, les chevrons peuvent être placés à 30, 40 ou même 50 cm d'axe en axe. On déroule sur chaque rampant de la toiture la première bande de carton cuir verticalement sur les chevrons, du faitage à la gouttière, en la faisant déborder de 10 cm, de façon à former un rabattement, puis on la fixe avec des pointes. La deuxième bande et les suivantes se posent avec des recouvrements de 7 à 8 cm sur la bande inférieure. Ensuite on déroule dans le sens de la longueur de la toiture une bande à cheval de 50 cm de largeur; cette bande forme faitage. On place enfin des couvre-joints de 3 ou 4 cm de largeur sur 1 cm d'épaisseur, cloués sur chaque chevron.

Le carton cuir peut être placé sous la tuile. On le dispose comme dans le cas précédent. On le fixe avec des lattes sapin de  $0,005 \times 0,02$ , clouées sur chaque chevron. On pose ensuite la tuile.

Pour les planchers, on fixe le carton cuir sur les lambourdes, le côté sablé en dessous. On place les bandes parallèlement à la ligne des lambourdes, sans recouvrement, et on les cloue sur ces dernières.

Lorsqu'on emploie le carton cuir comme revêtement des murs, on pose les bandes verticalement, en les fixant chacune dans le haut avec une latte. Chaque bande recouvre de 7 à 8 cm la précédente. On fixe ensuite des lattes sur chaque joint. Il est bon de doubler les lattes et de les placer tous les 50 cm.

## 15° Hourdis perfectionnés.

M. Pain-Goré, inspecteur de travaux publics a imaginé des hourdis à canaux d'air et crémaillons qui suppriment l'humidité latente existant sous les planches et qui augmentent l'épaisseur des entrevous, des lambris, des combles et des faux planchers. Les canaux d'air traversent les hourdis dans toute leur épaisseur, les canaux allègent les hourdis, en les rendant insonores, grâce à la circulation d'air qui s'y effectue. Les crémaillons sont disposés de façon à assurer la pose sans tâtonnements et à permettre d'accrocher le plâtre solidement dans la liaison des hourdis, en divisant la charge des plâtres qui s'opère en tous sens. Ces hourdis pèsent, en moyenne, 100 kg. par mètre carré ; ils se font à sec.

On fait aussi un hourdis spécial en béton d'ardoises pour blocs isolateurs des passages de fils électriques.

Nous donnons différentes figures représentant les applications diverses de ces hourdis spéciaux dans les plafonds à solives apparentes ou cachées, soit en bois, soit en fer.

Fig. 328.

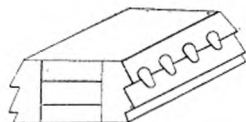


Fig. 329.

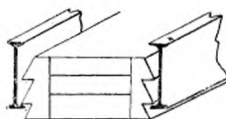


Fig. 330.

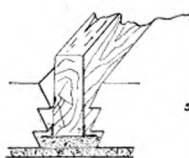
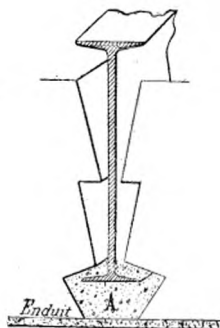


Fig. 331.

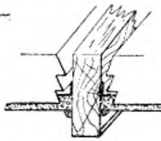


Fig. 332.

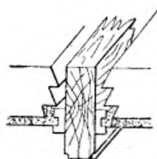


Fig. 333.

Fig. 328. — Type de hourdis à canaux ovoïdes.

Fig. 329. — Hourdis en position sur les ailes, des solives, en fer cachées ;

Fig. 330. — Section du plâtre, qui embrasse le dessous de la solive, en contournant ses ailes, de manière que la partie du plâtre A, sous la solive forme clé entre les queues d'aronde des bases des hourdis latéraux, ce qui oblige à la charge rigoureuse et réglementaire, que l'on ne peut éviter.

Fig. 331. — Hourdis en repos sur des fers cornières ;

Fig. 332. — Le hourdis repose sur des fers plats fixés sur des équerres placées de manière à permettre au plâtre de s'accrocher sur le fer plat. Pour les chevrons en bois ce fer plat repose sur des plates-bandes en fer mouluré dont la forme est donnée pour accrocher le plâtre contre le bois.

Fig. 333. — Le hourdis repose sur des tasseaux simples ou moulurés ; pour le tasseau simple, une baguette en quart de rond cache le joint du plâtre ; pour le tasseau mouluré l'enduit en plâtre est amorti dans une rainure ménagée pour marquer le joint.

Nous terminons ici cet exposé des matériaux de construction et de leur emploi à l'Exposition universelle de 1900, sans parler de la fonte, du fer, de l'acier, etc., et en général des métaux qui jouent un rôle important dans la construction moderne, car les différentes industries qui ont pour objet leur extraction, leur fabrication et leur emploi, ont été étudiées dans d'autres parties de la *Revue technique*.

---

