

Le Génie civil. Revue générale des industries françaises et étrangères...

Source galicalabs.bnf.fr / Ecole nationale des ponts et chaussées

Le Génie civil. Revue générale des industries françaises et étrangères.... 1938/12/24.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. 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 et notamment du maintien de la mention de source.

*La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

Cliquer [ici](#) pour accéder aux tarifs et à la licence

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

*des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

*des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica 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.

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

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter reutilisation@bnf.fr.

LE GÉNIE CIVIL

REVUE GÉNÉRALE HEBDOMADAIRE DES INDUSTRIES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Abonnement annuel : France et Colonies, 180 fr. — Étranger : pays à tarif postal réduit, 230 fr. ; autres pays, 280 fr. — Le numéro : 5 fr.

Administration et Rédaction : 5, rue Jules-Lefebvre, Paris (9^e).

SOMMAIRE. — **Constructions civiles** : Le marché de Pnom-Penh (Cambodge), p. 533; W. KANDAOUROFF. — **Métallurgie** : Les alliages légers et leur classification, p. 537; Léon GUILLET. — **Aéronautique** : La XVI^e Exposition internationale de l'Aéronautique (Paris, 25 novembre-11 décembre 1938) (*suite et fin*), p. 542; R. J. DE MAROLLES. — **Congrès** : Journées internationales de la lutte contre la corrosion (Paris, 21-23 novembre 1938) (*suite et fin*), p. 546. — **Variétés** : Pompe pour liquides boueux, système Le Clézio, p. 548; — L'assemblée annuelle de l'Association des Sidérurgistes allemands (Düsseldorf, 4-6 novembre 1938), p. 549; — Les bauxites

de Riouw (Indes néerlandaises), p. 550; — L'érosion des métaux par cavitation et par choc de gouttelettes liquides, p. 550.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET INDUSTRIELLES : Académie des Sciences (5 décembre 1938), p. 552; — Société des Ingénieurs civils (2 décembre 1938), p. 552; — Institution of civil Engineers (Londres) (1^{er} et 15 novembre 1938), p. 553.

BIBLIOGRAPHIE : Revue des principales publications techniques, p. 554; — Ouvrages récemment parus, p. 556.

ANNONCES : Informations diverses.

CONSTRUCTIONS CIVILES

LE MARCHÉ DE PNOM-PENH (CAMBODGE)

La ville de Pnom-Penh, capitale du Cambodge, s'agrandissant sans cesse (sa population est d'environ 90 600 habitants), la municipalité a décidé, en 1934, la construction d'un

M. Chauchon et présenté par la Société Indochinoise d'Étude et de Construction (S.I.D.E.C.), de Saïgon, qui en assura l'exécution.

DESCRIPTION GÉNÉRALE. — Sur le plan en croix du bâtiment (fig. 1 et 2) s'élève une coupole de 26 mètres de hauteur couvrant le hall central, autour duquel s'étendent quatre galeries portées par des arcs de 19 m et terminés par

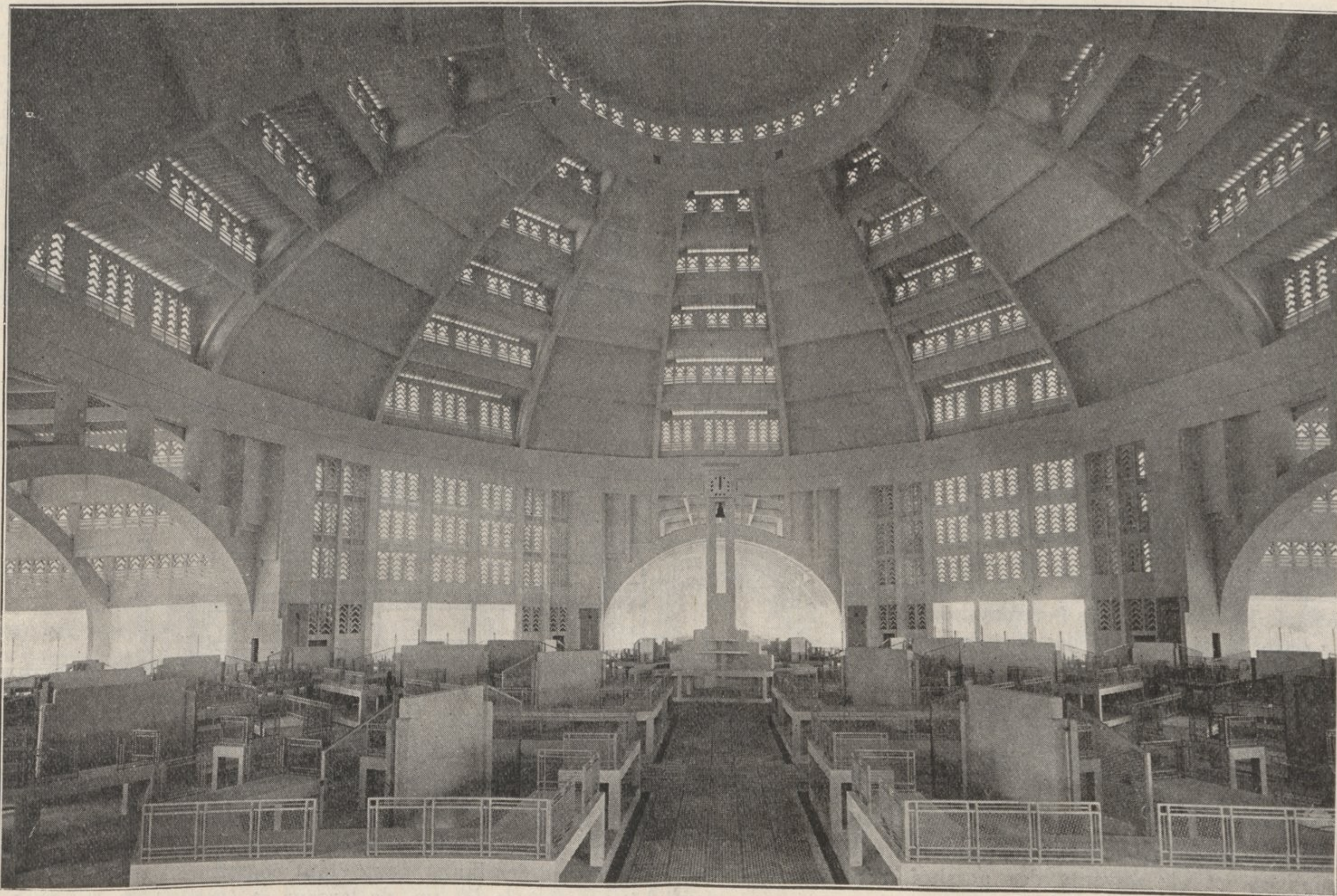


FIG. 1. — LE MARCHÉ DE PNOM-PENH (CAMBODGE) : Vue intérieure, montrant la coupole centrale.

nouveau marché central, destiné à faciliter l'approvisionnement des habitants en denrées de toutes sortes.

Un avant-projet fut établi par l'architecte de la ville de Pnom-Penh, M. Dubois, fixant les dispositions générales de l'édifice à construire; cet avant-projet comportait un hall central de 45 mètres de diamètre et quatre ailes de 44 mètres de longueur chacune, disposées en croix : il servit de base au concours ouvert en octobre 1934 entre les constructeurs. Le projet adopté à ce concours fut celui établi par l'architecte

des demi-rotondes. Un auvent de 4 m de largeur court autour du bâtiment et procure un espace utile supplémentaire.

L'idée maîtresse du projet a été de chercher la meilleure protection possible contre le soleil et la pluie et la plus grande perméabilité possible au vent, ces conditions étant imposées par le climat de la région. Elles ont été réalisées par les mêmes méthodes que celles utilisées pour les marchés indochinois construits précédemment : marché de Thandin, inauguré le 14 juillet 1927, marché de Battambang (construits par la

S. I. D. E. C.) (1), et marché de Cholon, près de Saïgon, inauguré en septembre 1929 (2).

Dans le nouveau marché, la ventilation et l'éclairage sont assurés par trois rangées de lanterneaux courant tout le long des ailes (fig. 3), par cinq rangées de lanterneaux superposés dont sont garnis huit des seize secteurs de la coupole, et par un lanterneau circulaire la couronnant. Les lanterneaux ventilent par des persiennes en béton dont ils sont garnis sur la moitié inférieure de leur hauteur et éclairent par leur partie supérieure, qui est garnie de claustras en béton et verre cathédrale jaune. Enfin, la couverture elle-même, constituée en grande partie par des tuiles en béton armé, est perméable à l'air et contribue à la ventilation du bâtiment. La protection

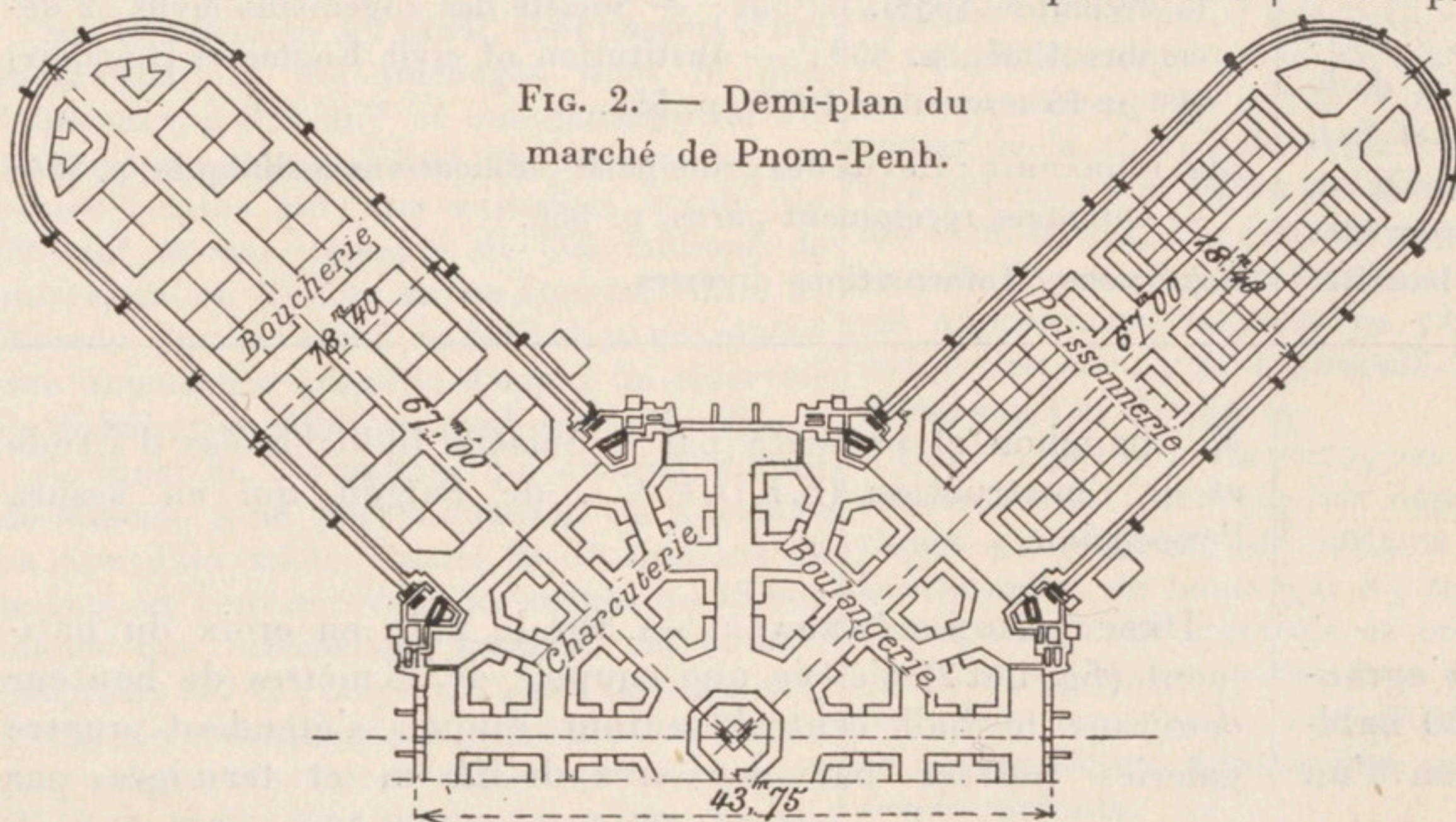


FIG. 2. — Demi-plan du marché de Pnom-Penh.

contre le soleil est assurée par des auvents dépassant de 1^m 20 tous les lanterneaux et par les auvents extérieurs. Le soleil ne pénètre directement dans le bâtiment que lorsqu'il est à moins de 30° au-dessus de l'horizon, c'est-à-dire à des heures où il n'est pas dangereux.

Le bâtiment n'est clôturé que par des grilles, ne présentant évidemment aucun obstacle au vent. L'ensemble des précautions prises fait que la température dans le marché est très inférieure à la température extérieure et que l'impression de fraîcheur et de lumière douce qu'on éprouve en y entrant pendant les heures chaudes de la journée est saisissante.

La décoration du bâtiment est très sobre, puisqu'elle est uniquement constituée par les claustras et persiennes dont les lignes claires et nettement découpées s'opposent à la masse grise du béton armé; l'aspect général est cependant particulièrement réussi, comme le montrent les figures 1 et 7.

Les quatre entrées principales (fig. 7) situées sous la coupole montent d'un jet jusqu'à cette dernière et sont prolongées par les secteurs de la coupole garnis de lanterneaux. Ces entrées, protégées par de grands auvents de 5^m 25 de portée, sont épaulées par les lignes horizontales des ailes. Les retraits bien accusés des lanterneaux de la coupole et des ailes rappellent les motifs en escaliers de l'ancienne architecture khmer, particulièrement en honneur dans la capitale du Cambodge. La disposition verticale des lanterneaux avait également pour but de lutter contre la lourdeur qui peut résulter d'une coupole basse à anneaux concentriques. Ce but a été pleinement atteint, ainsi qu'on peut le voir sur la figure 1 montrant l'intérieur du marché. Enfin, les grands auvents des porches d'entrée soulignent leur caractère monumental et assurent la continuité des circulations autour du marché.

Charpente du bâtiment. — L'ossature du bâtiment est séparée en deux parties bien distinctes : la coupole avec son fût octogonal, et les ailes. Les ailes sont isolées du fût par un joint de dilatation qui coupe bâtiment et auvent et évite les effets dangereux de dilatation. D'ailleurs, étant donnée la différence du poids de la coupole et de celui des halles légères

qui couvrent les ailes, les fondations elles-mêmes sont différentes dans les deux parties.

Le sol sous le marché est constitué par un remblai en sable vieux de dix ans, lui-même exécuté sur des terrains alluvionnaires. Après essais et pour éviter toute possibilité de mouvement, il a été décidé que les semelles de la coupole seraient portées par des pieux octogonaux frettés, de 16 mètres de longueur, pouvant recevoir chacun une charge de 20 tonnes; les ailes étant beaucoup plus légères et étant portées par des arcs à deux rotules qui peuvent, sans inconvénient, subir un léger tassement, sont fondées sur des semelles mixtes qui font travailler le sol à 7 t/m², une partie de la charge de ces semelles étant prise par des pieux carrés en béton, de 12 × 12 cm de section et de 5 mètres de longueur, battus à raison de 4 par mètre carré.

Coupole. — La coupole est du type nervure, l'emploi des voûtes minces auto-porteuses étant prohibé par la nécessité de grandes ouvertures de ventilation décrites plus haut. De plus, les couvertures monolithes minces en béton armé sont loin d'avoir donné de bons résultats en Indochine, étant donnés les brusques et considérables écarts de température qui se produisent sous l'influence du soleil et de la pluie alternés. De nombreux désordres et fissures sont inévitables dans de telles structures et, étant données les températures atteintes (de l'ordre de 70° dans le béton directement exposé au soleil), les produits d'étanchéité tiennent mal.

La coupole est portée par 16 arcs en anse de panier, de 0^m 80 de hauteur (fig. 5 et 6); ces arcs prenant appui sur une ceinture supérieure 1, de 80 × 40 cm, et sur une ceinture inférieure 6, de 1^m 64 de hauteur totale. La ceinture supérieure est un cercle de 14^m 50 de diamètre et porte un remplissage en maçonnerie garnie, au-dessus de la toiture des lanterneaux adjacents, d'une rangée de claustras; le tout est couronné par une calotte sphérique de 30 mètres de rayon. La ceinture inférieure est un polygone à 16 côtés; elle supporte un effort normal d'environ 250 tonnes et transmet la charge de la coupole au fût vertical.

Chaque arc est adjacent à un secteur plein, couvert d'une dalle de 7 cm d'épaisseur, et à un secteur portant des lanter-

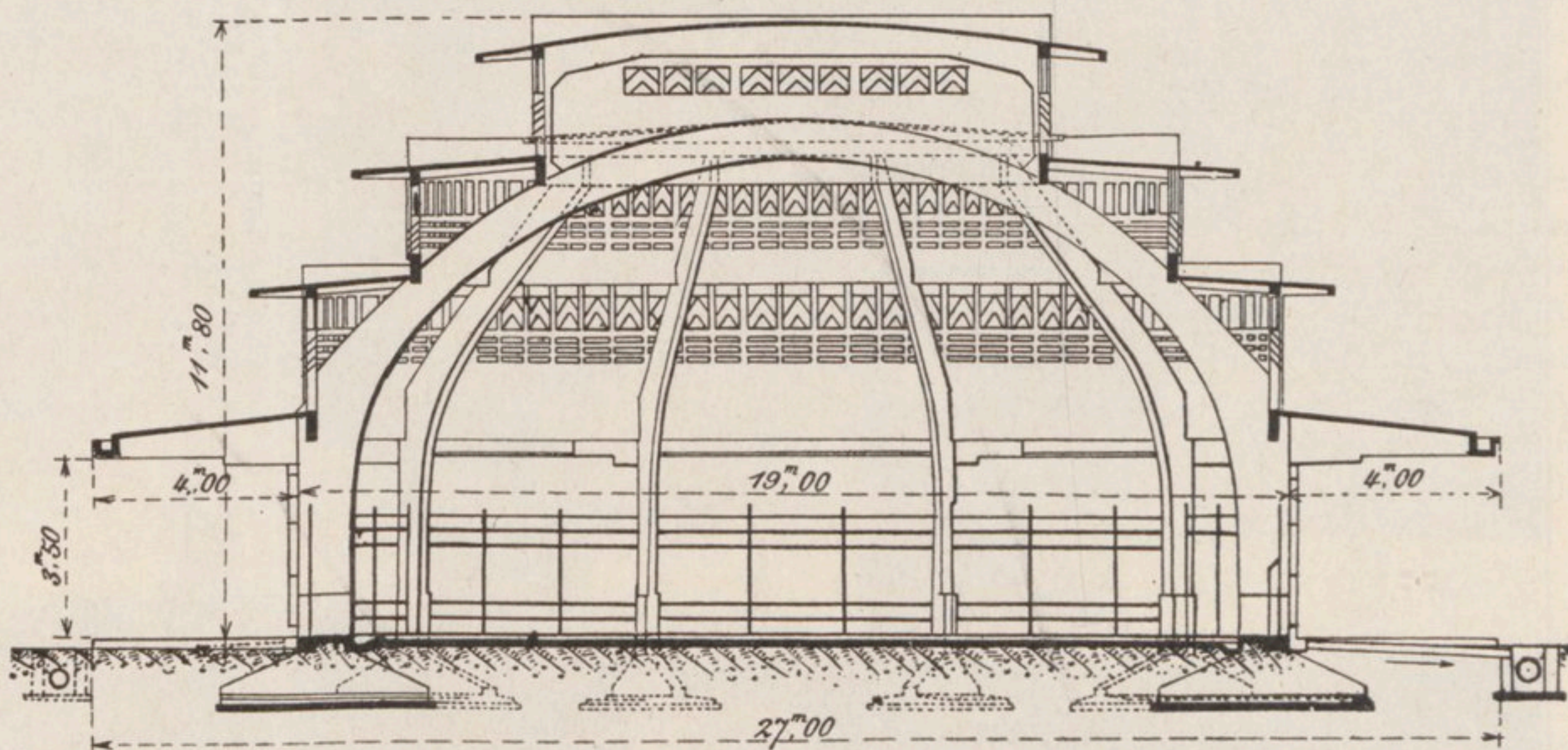


FIG. 3. — Coupe transversale d'une aile du marché.

neaux. Les arcs reçoivent quatre ceintures polygonales intermédiaires, chaque ceinture supportant, sur 16 de ses 32 côtés, le remplissage vertical et la couverture d'un lanterneau, ladite couverture des lanterneaux étant constituée par des tuiles en béton armé de 50 cm. de largeur et 4^m 10 de longueur. Les tuiles, portées par deux nervures de 5 × 8 cm, n'ont que 1^{cm} 5 d'épaisseur et sont coulées par terre; malgré leur faible épaisseur, elles sont parfaitement étanches, grâce à un procédé spécial de coulage et au fait que leur dilatation est parfaitement libre. Les quatre ceintures, dont les dimensions augmentent de la ceinture supérieure vers la ceinture inférieure, ont une section en T qui leur donne la rigidité dans les deux sens.

La coupole (fig. 5 et 6) est portée par 48 piliers divisés en trois groupes. Les 16 poteaux M₁ et M₂, de 1^m 30 de largeur, descendent jusqu'au sol à travers les entrées, par groupes de 4. Ils portent les consoles des grands auvents et

(1) Ces marchés ont été décrits par l'auteur dans le *Génie Civil* du 1^{er} janvier 1938.

(2) Ce marché a été décrit par M. Magnien dans le *Génie Civil* du 16 avril 1938.

sont pleins au-dessous de ces consoles, c'est-à-dire dans une région où ils sont soumis à un grand moment de flexion ; au-dessus, leur section est évidée, les évidements recevant un remplissage en brique. Les 8 poteaux de contreventement, C (fig. 9 et 10), descendent également jusqu'au sol et assurent la résistance à la composante horizontale du vent. Ils ont une section trapézoïdale de 2^m 05 de grand côté et sont évidés. A l'intérieur sont logés des réservoirs d'eau pour le service du marché. Les 24 poteaux P, portant les secteurs situés dans le prolongement des ailes, sont supportés par quatre arcs enjambant lesdites ailes. Ils ont, soit une section pleine, soit, pour les piliers P₃, les moins chargés, une section évidée avec remplissage en brique. Les arcs porteurs recevant les piliers P sont des arcs à 3 rotules (fig. 8) ; ils ont une épaisseur constante de 1 mètre et une hauteur variant de 0^m 90 à la clé à 1^m 60 aux reins. Leur intrados en anse de panier a la même courbure que les arcs des ailes, le dernier de ces arcs des ailes doublant d'ailleurs l'arc porteur correspondant. Les arcs porteurs ont des semelles communes avec les pylônes de contreventement, dont ils augmentent la résistance au renversement en apportant une charge supplémentaire. L'ensemble des piliers qu'on vient de

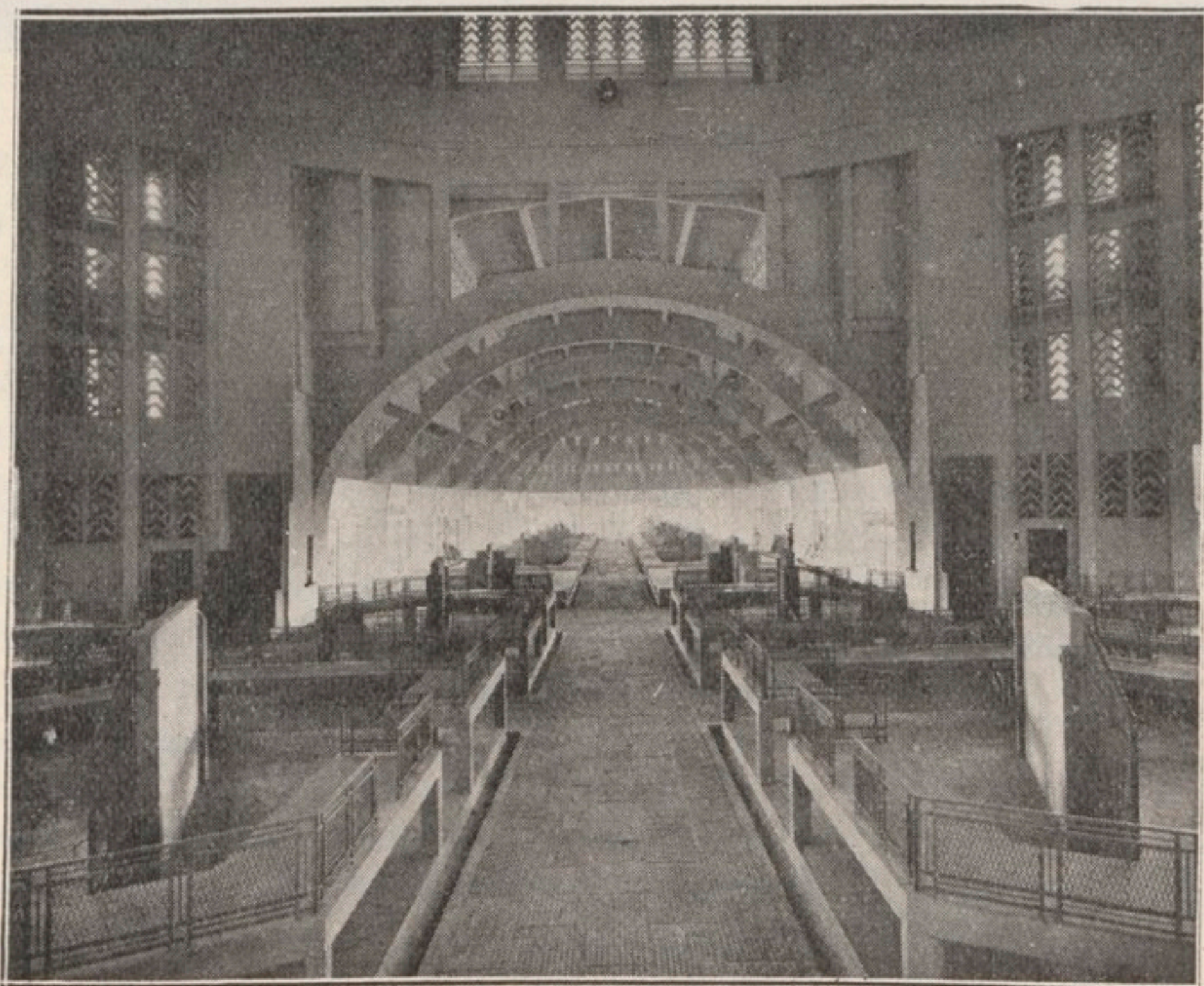


FIG. 4. — Vue prise du centre du marché, montrant la perspective d'une aile.

décrire constitue avec le remplissage de maçonnerie et de claustras, le fût visible de la coupole. L'étanchéité du raccord entre le fût et les ailes est assuré par une dalle mince en béton avec larmier, encastrée, suivant les cas, dans la maçonnerie ou dans le béton armé du fût et suivant les redents de la toiture des galeries. Les eaux pluviales de la coupole sont recueillies :

1° Par huit chéneaux placés au droit des pylônes des contreventements, qui recueillent les eaux des secteurs pleins (fig. 6). Ces chéneaux sont évacués par des tuyaux de descente dissimulés dans les pylônes.

2° Par les chéneaux des auvents des porches et des ailes, recueillant les eaux des secteurs avec lanterneaux. En effet, les débordements de toitures des lanterneaux permettent aux eaux pluviales de retomber sur les auvents ou sur la toiture des galeries sans mouiller les façades.

La libre dilatation de la coupole est assurée par des rotules placées entre la ceinture inférieure et les poteaux de support, et qui rendent la flexibilité des poteaux suffisante pour suivre les déformations dues à la température et au retrait. (La température de l'air abrité est presque invariable, et les variations de température des pièces épaisses sont relativement faibles, contrairement au cas signalé plus haut des pièces minces exposées au soleil.)

Les fondations de la coupole sont constituées par 8 semelles principales, supportant chacune la moitié d'un arc porteur et un pylône, et 16 semelles supportant les poteaux des entrées, capables d'absorber le moment de renversement des auvents. Un tirant octogonal réunit toutes les semelles et absorbe la poussée des arcs.

L'étude de la coupole a été exécutée pour le concours par la Société Indochinoise d'Étude et de Construction. La coupole était calculée pour un vent de 150 m/s, plus une surcharge

de 150 kg/m² sur calotte sphérique centrale, calotte sur laquelle le vent a peu de prise, grâce à sa faible pente.

Après le concours, le projet a été révisé par M. Henry Lossier, qui remplaça en particulier les chariots de dilatation métalliques primitivement prévus sous la coupole par de simples rotules sur les piliers, rendit isostatiques les gros arcs porteurs en portant le nombre de leurs rotules à 3, et remplaça les

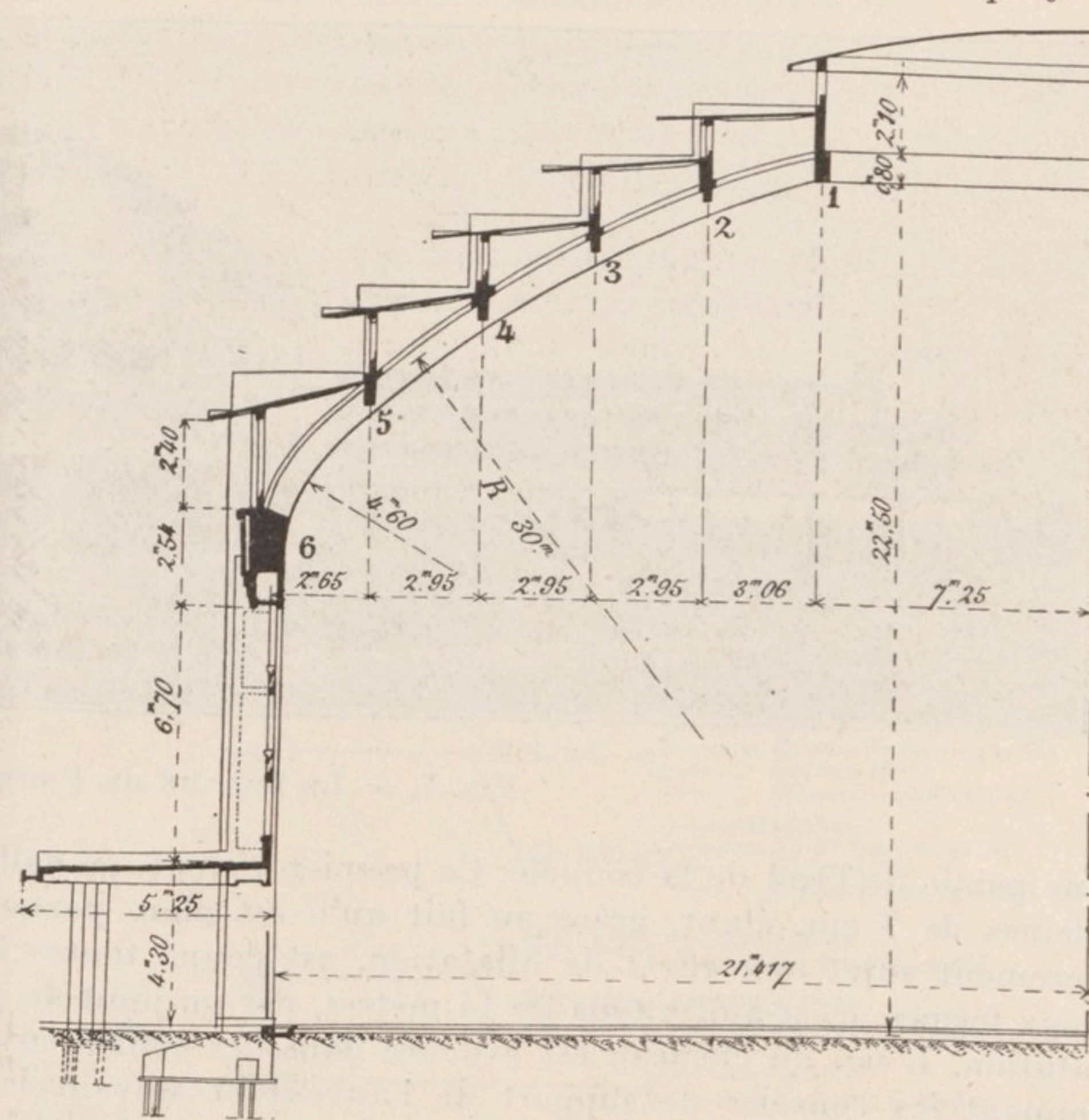


FIG. 5. — Demi-coupe du bâtiment par la coupole.

parois en poutre Vierendeel des pylônes de contreventement C (fig. 6) par des parois pleines.

La construction de la coupole a nécessité la mise en œuvre de 1 285 m³ de béton et 212 tonnes d'acier, dont 470 m³ de béton pour la coupole proprement dite, 518 m³ pour les piliers, arcs porteurs et pylônes de contreventement et 297 m³ pour

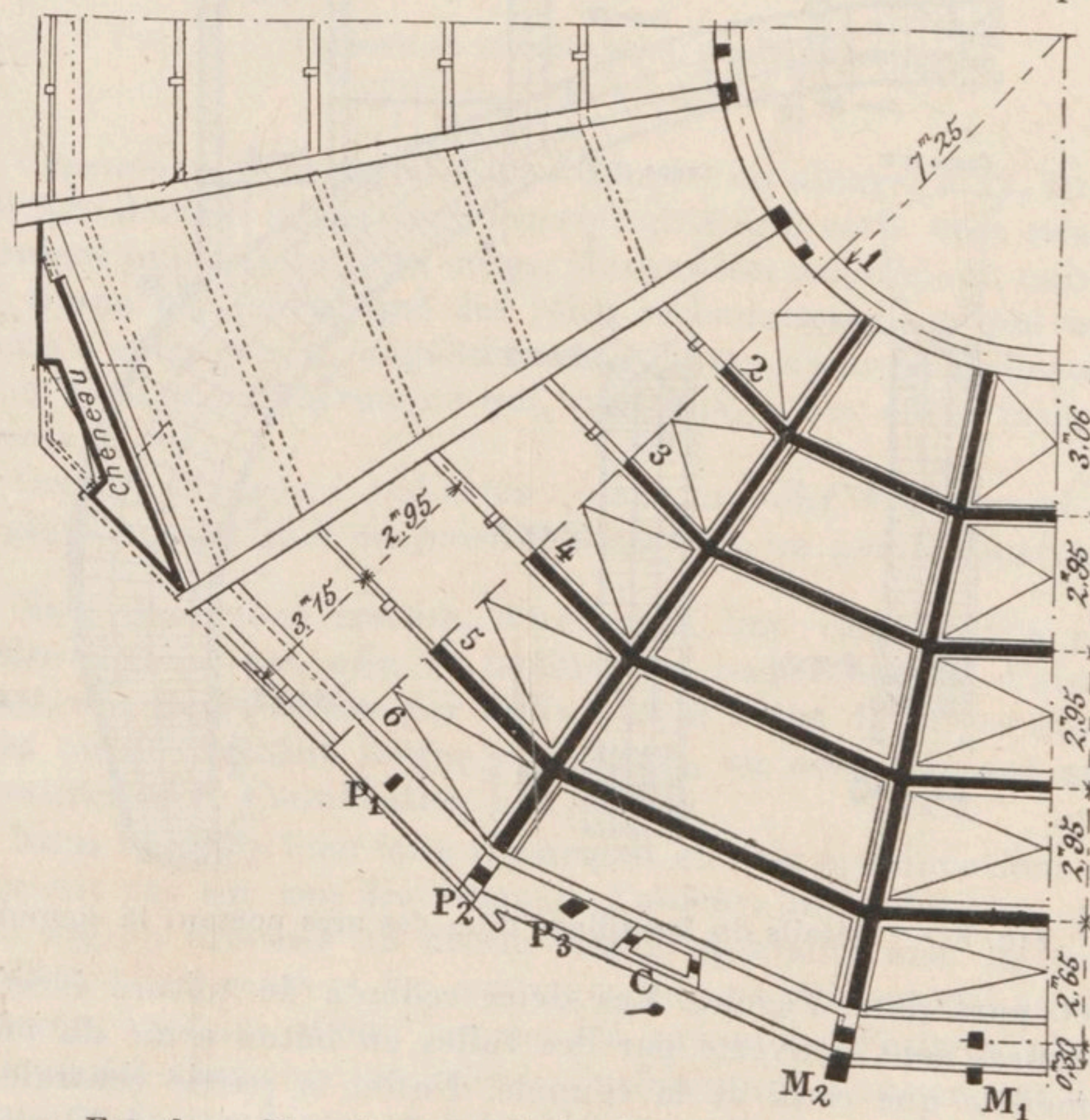


FIG. 6. — Plan du quart de la charpente de la coupole.

les semelles et tirants. La surface de la coupole étant de 1 649 m², il ressort que, pour la coupole proprement dite, il a été employé une épaisseur projetée de 28^{cm} 5 de béton armé.

La coupole a été coulée sur un échafaudage complet en bois rond. On avait primitivement envisagé l'utilisation des arcs pour le support du reste de la toiture. Mais, étant donné le bas prix de la main-d'œuvre indochinoise et sa faible aptitude pour des manœuvres délicates et surtout nouvelles, on a préféré s'en tenir à une solution lourde, mais éprouvée.

Travées radiales. — Les 4 ailes du marché ont chacune 19 mètres de largeur et sont élargies par des auvents de 4 mètres de portée. La toiture est constituée par 4 redents, entre lesquels sont logées 3 rangées de lanterneaux continus sur toute la longueur des ailes (fig. 3 et 7). Le premier redent constitue l'auvent inférieur, il est prolongé par un chéneau qui recueille toute l'eau de pluie tombant sur la toiture des ailes et également

bétonné immédiatement, la panne est prête à être chargée quand le deuxième arc est décoffré. Les pannes étant protégées de l'action directe du soleil ne sont pas coupées.

Les arcs sont à 2 rotules de 25 cm d'épaisseur, et de hauteur presque constante. Leur intrados est en anse de panier, forme qui n'est pas économique étant donnée la présence des fortes charges concentrées du lanterneau supérieur, mais

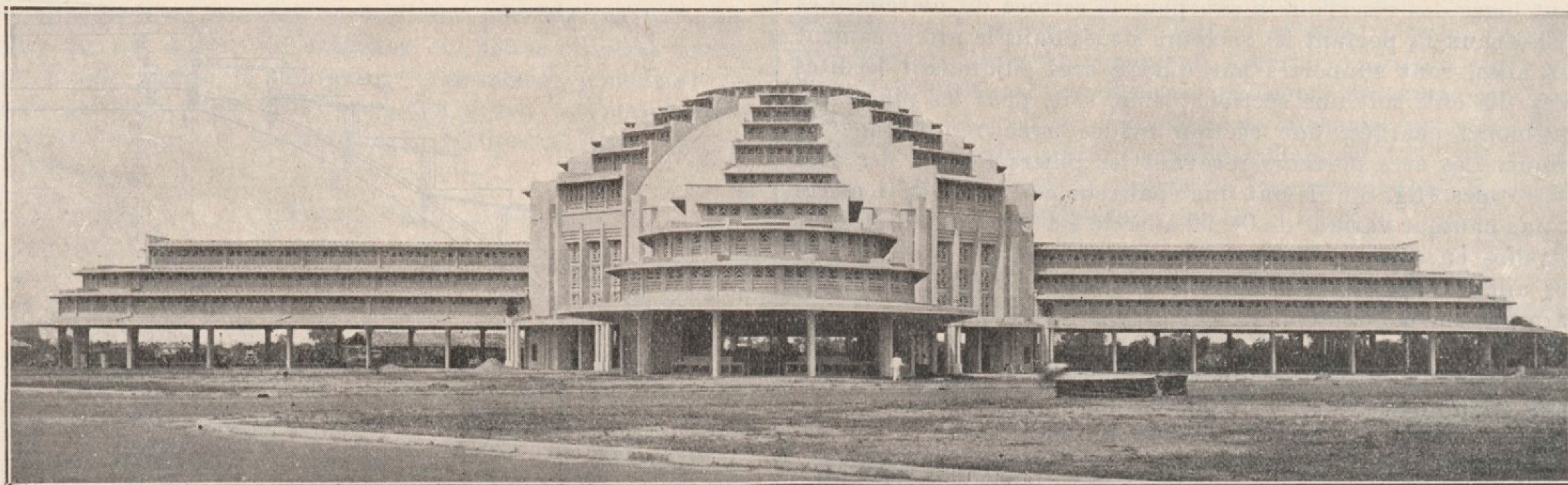


FIG. 7. — LE MARCHÉ DE PNOM-PENH : Vue d'ensemble du bâtiment.

une partie de l'eau de la coupole. Ce premier auvent, en dalles pleines de 7 cm, étant, grâce au fait qu'il est plan, particulièrement sujet aux effets de dilatation, est coupé toutes les deux fermes, c'est-à-dire tous les 14 mètres, par un joint de dilatation. L'eau du chéneau est évacuée dans des coffres enveloppant les consoles de support de l'auvent et suivant leur contour, elle descend ensuite par des tuyaux le long des piliers

qui rappelle d'une façon heureuse la coupole. Ces arcs ont été coulés sur échafaudage roulant.

Les ailes sont terminées par des demi-coupes portées par 4 demi-arcs encastrés dans le sol et appuyés sur la ceinture circulaire prolongeant les pannes du lanterneau supérieur; ces arcs sont équilibrés par les consoles supportant l'auvent.

La surface totale du marché est de 6 380 m². Le volume abrité de 63 730 m³, les surfaces d'aération constituées par les persiennes en béton armé ont 974 m², la surface d'éclairage des claustras est de 1 037 m².

Les claustras et persiennes ont été coulés dans un petit nombre de moules en bois dur doublés de tôle, dont chacun a pu servir plus de cent fois sans détérioration sensible.

Le sol du marché est recouvert de dalles en béton légèrement armé de 0m 40 x 0m 60, qui ont été coulées sur des feuilles de caoutchouc quadrillé.

Les eaux de lavage du bâtiment central sont évacuées sur la périphérie par des caniveaux disposés radialement. Dans les ailes, les eaux sont collectées par des caniveaux longitudinaux longeant les grilles, et de là évacuées dans les regards siphonnés.

Des étaux en béton armé complètent l'installation intérieure du marché. Revêtus de carreaux de faïence et séparant les emplacements des divers marchands par des grilles métalliques, ils constituent la meilleure sauvegarde de la propreté.

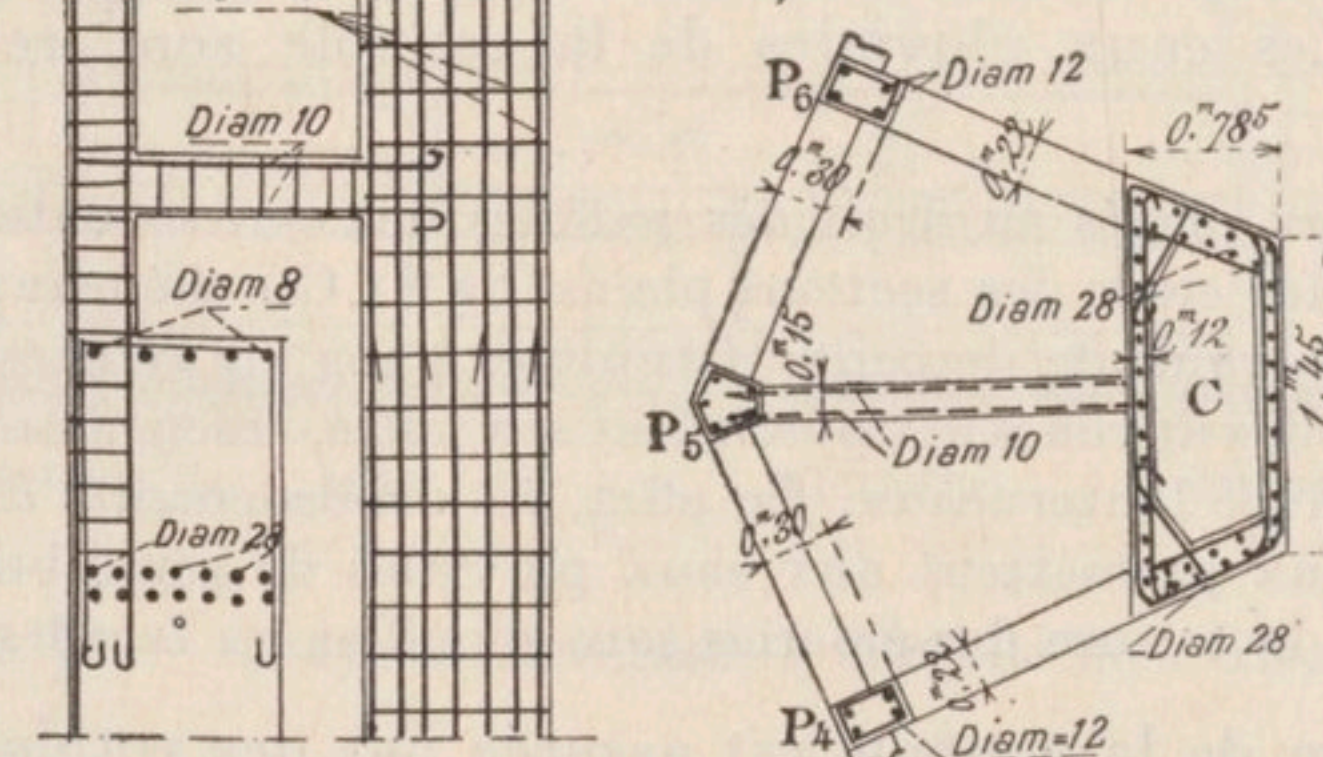


FIG. 9 et 10. — Détails du ferrillage d'un des poteaux principaux.

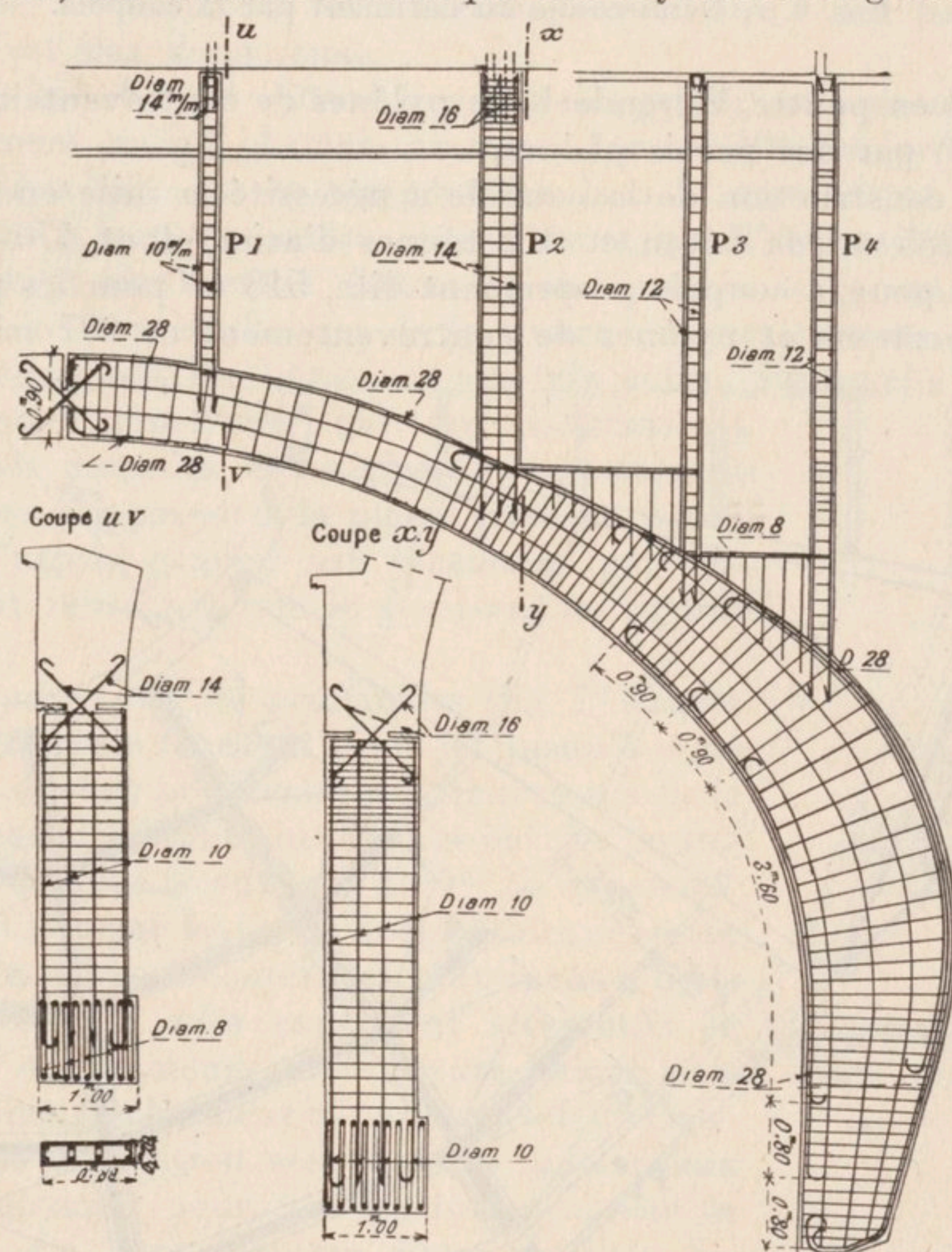


FIG. 8. — Détails du ferrillage d'un des arcs portant la coupole.

et part dans l'égout. Les deux redents de toiture intermédiaires sont couverts par des tuiles en béton armé du même modèle que ceux de la coupole. Enfin, la partie centrale est couverte par une voûte armée et plate en béton, de 7 mètres de portée, également coupée par des joints.

La toiture est portée par des arcs distants de 7 mètres; entre les arcs, les persiennes, claustras et tuiles sont portés par des pannes en béton coulées par terre et montées à mesure du coulage des arcs. Les fers d'armature dépassant à chaque extrémité de la panne, il suffit, un arc étant coulé et l'échafaudage de l'arc suivant mis en place, de monter la panne de la nouvelle travée, de ligaturer solidement ses amorces et les amorces de la panne précédente, et de caler l'autre extrémité sur l'échafaudage. Le raccord avec l'ancienne panne étant

Le marché, commencé en août 1935, fut achevé en juin 1937 et inauguré en septembre de la même année. Tous les emplacements ont été immédiatement occupés, et il faut espérer que le succès financier récompensera la Ville de Pnom-Penh de l'initiative hardie qu'elle a prise en faisant construire le plus grand marché de l'Indochine, et probablement de tout l'Extrême-Orient, et comportant une coupole que ses dimensions placent au cinquième ou sixième rang de celles du monde entier.

W. KANDAOUROFF,
Ingénieur des Arts et Manufactures.