

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 55 (1929)
Heft: 22

Artikel: Les hangars à dirigeables de l'aéroport d'Orly
Autor: Freyssinet, Eugène
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-42687>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

nous l'adoptons trop souvent, à l'instigation de certaine conception allemande ou américaine) ne permet pas de dépasser certaines bornes qui, utiles pendant quelques années, arrêtent néanmoins le progrès. La spécialisation, c'est la mort de l'imagination.

* * *

Il existe, en somme, deux tendances, dans le béton armé comme ailleurs. Celle qui conçoit largement et qui, basée d'abord sur l'imagination et l'intuition profonde de la réalité, cherche par l'essai méthodique des résultats nouveaux; c'est elle qui permet de découvrir des horizons et de dépasser les résultats acquis. L'autre tendance, qui vise à améliorer sans cesse, affine la théorie et se termine dans le contrôle et la réglementation.

Ces deux tendances sont sans doute également utiles à des points de vue différents. L'essentiel, c'est qu'on les considère toutes les deux et non pas une seule à l'exclusion de l'autre.

15 octobre 1929.

AJAX.

Les hangars à dirigeables de l'aéroport d'Orly¹

par M. Eugène FREYSSINET, ingénieur.

J'ai fait exécuter en 1923-24 deux hangars à dirigeables qui ont extérieurement 300 m de longueur, 92 m de largeur et 58 m de hauteur.

Ils ont suscité une curiosité qui s'explique par les dimensions exceptionnelles de ces constructions, et aussi par le caractère très moderne de ces bâtiments et des moyens d'exécution employés.

Le concours était ouvert à tous les genres de construction. Parmi les propositions remises, il y avait des charpentes métalliques, des constructions mixtes, des constructions en béton armé de systèmes très différents. Celles que nous allons décrire ayant été de beaucoup les meilleurs, on les a adoptées sans discussion.

Le programme imposait un gabarit libre de tout obstacle groupant, extérieurement à un cercle de 50 m de diamètre cinq passerelles de service supportant des rails de roulement. (Fig. 3.)

Un hangar doit résister à deux catégories d'efforts: son poids propre et l'action du vent. Il est d'abord évident que la meilleure solution est un monolithe, y compris la couverture, pour la raison que dans ce système un même élément de matière contribue simultanément à la clôture et à la stabilité sous les efforts de toute origine.

Au point de vue des effets de la pesanteur, on se placera dans les meilleures conditions possibles, si chaque élément de la construction compris entre deux sections

¹ Leçon faite au Cours théorique et pratique de béton armé, organisé par la Société suisse des ingénieurs et des architectes, à Lausanne, du 8 au 12 octobre dernier.

planes voisines, faites normalement à l'axe, a pour fibre moyenne une courbe funiculaire de son poids. Toute flexion due au poids sera ainsi supprimée.

Restent les efforts du vent qui sont les plus importants dans une construction aussi haute. Il ne dépendent que du gabarit extérieur et se manifestent par des moments de flexion considérables. Tout le problème consiste à donner à la construction les moments d'inertie nécessaires pour résister à ces flexions.

La solution rationnelle consiste donc à distribuer de la matière, selon une courbe funiculaire de son poids, de manière à l'utiliser le mieux possible pour créer de grands moments d'inertie, sous une forme permettant une exécution facile.

Une voûte creuse, formée de deux hourdis reliés de distance en distance par des éléments plans normaux aux génératrices, réalise la meilleure distribution possible de la matière, quant aux flexions (fig. 1).

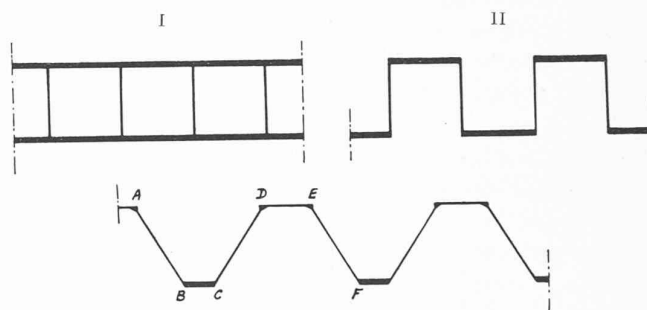


Fig. 1.

Elle peut sans difficulté être établie suivant un funiculaire de son poids, mais elle présente les difficultés d'exécution connues des corps creux.

Le schéma II offre à peu près les mêmes avantages quant à la résistance aux flexions, sans donner lieu à aucune difficulté d'exécution.

Le schéma III réduit par rapport au schéma II le développement des parois à exécuter tout en conservant la même inertie par une concentration convenable de la matière en A, B, C; de plus, et ce point est capital, il nous donne des formes faciles à démouler, par simple séparation du moule en deux parties. Cette forme représente la section droite d'un élément de la construction d'Orly.

On obtient ainsi une voûte formée d'un hourdis ondulé, mais sans nervures, allant sans interruption d'une retombée à l'autre, sous la forme d'un funiculaire de son poids. Aucune charpente. La résistance aux flexions résulte de la forme de la paroi, comme dans une tôle ondulée.

Chaque onde a 7 m 50 de largeur et 3 m de hauteur au sommet de la construction. Cette hauteur croît, lentement d'abord, puis plus vite, jusqu'à 5 m 40 aux appuis. Les sections normales successives sont des projections sur des plans passant par la ligne de base, de la section de clef; en conséquence, la section droite

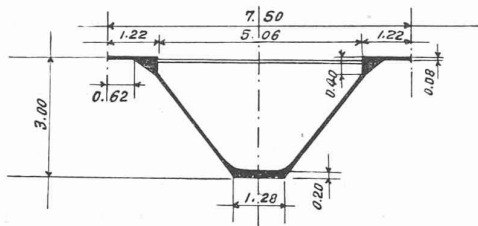


Fig. 2. — Onde normale.

et le poids d'un élément varie de la clef aux appuis, comme la hauteur de l'ondulation (fig. 2) ; les épaisseurs varient de 8 à 30 cent.

A la base, tout repose sur deux semelles armées de 1 m d'épaisseur et 7 m 50 de largeur, établies à 2 m au-dessous du sol du hangar.

Sous les charges extérieures, ce système se comporte comme un arc ordinaire à retombées encastées, et le calcul des efforts principaux peut être fait par les méthodes classiques ; il est sans intérêt.

Il n'en est pas de même du calcul des efforts en général qualifiés de secondaires.

Ils sont dus au phénomène suivant :

Considérons d'abord une section droite du hangar : les compressions et tensions déterminent dans les parties courbes des résultantes normales dirigées vers l'in-

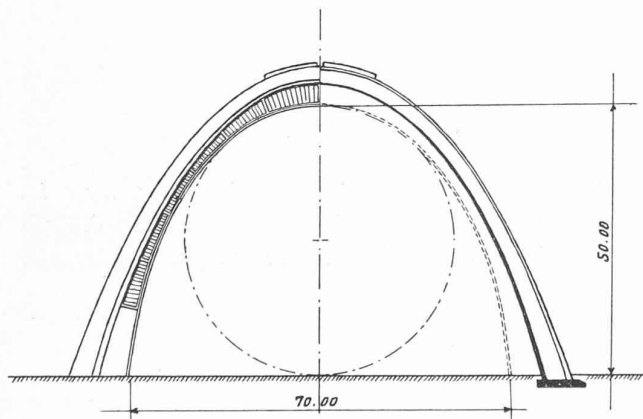


Fig. 3.

térieur pour les tensions, vers l'extérieur pour les compressions (fig. 4).

Si l'on recherche la répartition de ces résultats dans la section droite d'une nervure, on constate qu'au-dessus de l'axe neutre on a des forces dirigées dans un sens, et au-dessous des forces dirigées en sens inverse. Dans l'ensemble elles s'équilibrent, mais en déformant l'onde avec une énergie suffisante pour détruire la construction.

Fort heureusement il est facile d'empêcher cette déformation. Il suffit de relier des points tels que *M*, *N*, par des pièces capables de résister à des compressions ou à des tensions.

Si on calcule les efforts dont ces tirants sont le siège, on trouve des chiffres infimes, et il est remarquable de constater que la suppression d'éléments, en apparence

insignifiants, suffirait à entraîner l'instabilité complète de la construction vis-à-vis du vent.

Finalement on trouve les chiffres de fatigue suivants qui présentent beaucoup d'intérêt parce qu'ils sont très faibles malgré les grandes dimensions de l'ouvrage : d'abord, sans le vent, compression du béton de 6 kg 7 à la clef, 9 kg aux appuis (par cm^2).

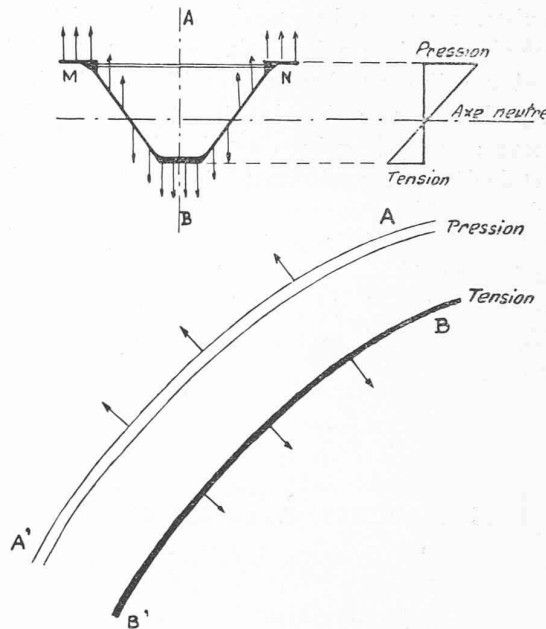


Fig. 4.

Avec le vent à 150 kg/m^2 , les fatigues sont de l'ordre de 20 kg environ.

Avec le vent à 250 kg/m^2 , 36 kg par cm^2 maximum.

Les fatigues sous l'action du vent pourraient être réduites sans augmentation sensible du prix par renforcement du fond des ondes. Il en résulte, en vertu des lois de la similitude mécanique, que ce type d'ouvrage pourrait être étendu, sans augmentation sensible du prix de revient, à des dimensions encore beaucoup plus grandes.

La méthode de réalisation peut se résumer ainsi :

Diviser la construction en un grand nombre d'éléments identiques, stables chacun par lui-même.

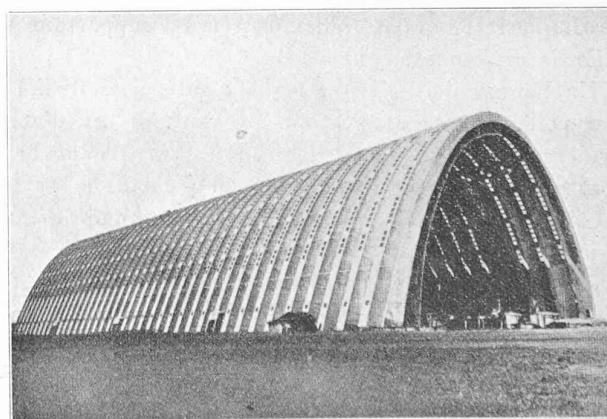


Fig. 5. — Hangar terminé.

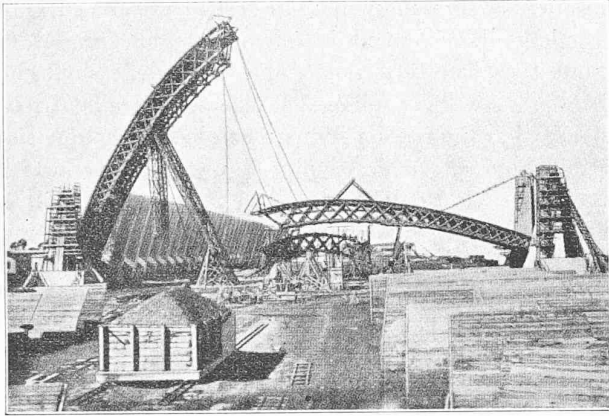


Fig. 6. — Montage du cintre en trois tronçons.

Construire un moule pour un des éléments, tel que sa mise en place et son enlèvement soient simples et rapides, assez parfait pour obtenir sans retouches des formes définitives et nettes, le remplir rapidement et complètement d'un béton pratiquement imperméable, à durcissement assez prompt pour permettre un démoulage rapide et recommencer jusqu'à achèvement. Cette méthode s'inspire de la tendance moderne vers la fabrication en série, elle s'inspire aussi de cette autre tendance encore plus moderne vers l'obtention de moules assez parfaits pour donner directement et sans retouche l'objet terminé.

En ce qui concerne le béton, j'ai fait des essais sur divers matériaux sans m'occuper de proportions *a priori*; j'ai adopté un mélange formé de 350 kg de ciment-Portland Demarle et Lonquété et de 1000 litres de gravier tout venant, des ballastières de Villeneuve-le-Roi, contenant 56 % de sable à la claie de 5 mm, donnant à 3 jours 47 kg par cm^2 , à 7 jours 85 kg, à 90 jours 200 kg. Au décoffrage, même fait après 2 jours, les surfaces étaient unies, les arêtes vives et nettes. Les fatigues maxima sans le vent étant 6 kg, 7 à la clef de l'ouvrage, on pouvait décintrer les voûtes 3 jours après achèvement du coulage. L'étanchéité est complète sans enduit.

On coulait le béton liquide dans un moule aussi étanche que possible, mis mécaniquement en vibration énergétique.

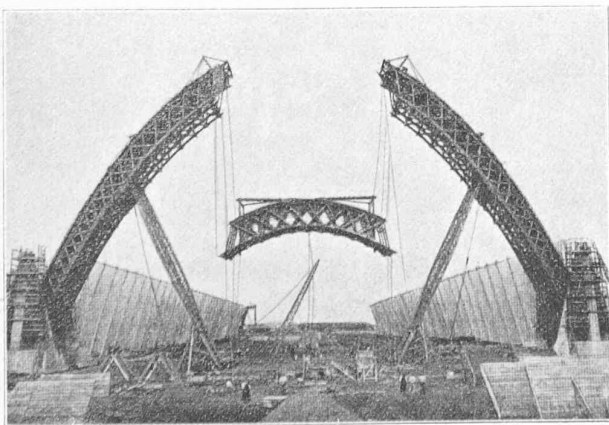


Fig. 7. — Levage de la partie centrale.

La vibration fait couler le béton comme un liquide parfait qui remplit exactement le moule en prenant une compacité et des résistances remarquables. L'excès d'eau s'élimine complètement.

La vibration crée de fortes poussées hydrostatiques, d'autant qu'on peut avantageusement à tous points de vue couler le béton sous un très gros débit, avec de fortes hauteurs piézométriques.

Mais en sens inverse, la décantation provoque une solidification rapide par élimination de l'eau qui limite les poussées. Il résulte de notre expérience qu'il faut employer des moules capables de résister sans déformation sensible à 6000 kg de pression intérieure par mètre carré.

Le bois se prête mieux que tout autre matériau à la fabrication de ces moules. Ils se composent de deux coffrages bien assemblés, l'un intérieur, l'autre extérieur entretoisés par des boulons agissant sur le solivage, à travers le béton à exécuter.

Afin de pouvoir régler facilement les épaisseurs et retirer les boulons après prise, nous passions ceux-ci au

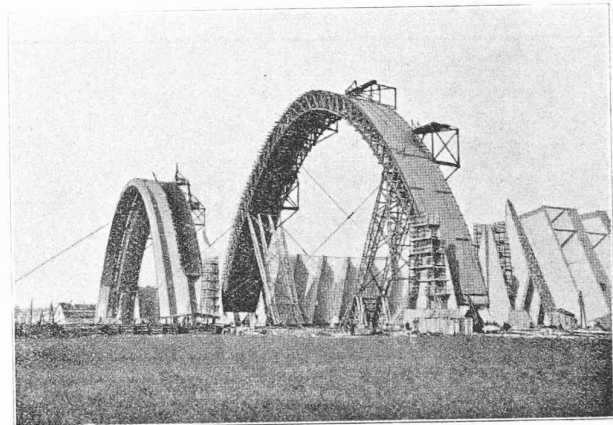


Fig. 8. — Construction de la deuxième onde du premier hangar et achèvement du cintre du deuxième hangar.

travers d'éléments tubulaires en ciment moulés à l'avance en longueurs exactement égales aux épaisseurs à obtenir.

La construction a été faite en trois étapes, correspondant chacune à un moule différent, constituant une véritable machine à mouler. Ces étapes successives vont : 1^o de la fondation à la cote + (1.00) ; 2^o de la cote + (1.00) à la cote (17.00) ; 3^o au-dessus de la cote (17.00).

L'exécution a été très rapide ; il fallait 3 jours pour déplacer le coffrage, faire les armatures, coffrer, couler une voûte de 7,50 m de largeur et 110 cintres de développement. Après 3 jours de durcissement on recommençait l'opération. Une fois le cintre en place il a suffi de 44 semaines pour terminer l'ouvrage avec un seul cintre par hangar, et le prix de revient total de l'ouvrage a été extrêmement bas. Il serait d'ailleurs possible, après l'expérience acquise, de faire mieux encore et de réduire à la fois les prix de revient et les délais d'exécution.