Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 75 (1949)
Heft: 8

Artikel: Les hangars d'avions de l'aéroport de Genève-Cointrin
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-56862

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

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

75e année 9 avril 1949 No 8

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 17 francs
Etranger : 22 francs
Pour les abonnements s'adresser à la librairie
F. ROUGE & Cie
à Lausanne
Prix du numéro :
1 Fr. 25

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève; Vice-président : G. EPITAUX, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg :* MM. † L. HERTLING, architecte ; P. JOYE, professeur ; *Vaud :* MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. D'OKOLSKI, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève :* MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. MARTIN, architecte ; E. ODIER, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. BÉGUIN, architecte ; G. FURTER, ingénieur ; R. GUYE, ingénieur ; *Valais :* MM. J. DUBUIS, ingénieur ; D. BURGENER, architecte.

Rédaction : D. BONNARD, ingénieur. Case postale Chauderon 475, LAUSANNE

TARIF DES ANNONCES
Le millimètre
larg. 47 mm.) 20 cts.
Réclames : 60 cts. le mm.
(largeur 95 mm.)
Rabais pour annonces répétées
ANNONCES SUISSES S.A.
5, Rue Centrale
Tél. 2 33 26
LAUSANNE
et Succursales

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

SOMMAIRE : *Les hangars d'avions de l'aéroport de Genève-Cointrin.* — Société suisse des ingénieurs et des architectes : *Communiqués du Secrétariat.* — Bibliographie. — Service de placement. — Nouveautés, Informations diverses.

LES HANGARS D'AVIONS DE L'AÉROPORT DE GENÈVE-COINTRIN

Les ouvrages qui font l'objet de la présente publication ont été projetés et exécutés par la Société anonyme Conrad Zschokke, *à Genève et à Döttingen, en collaboration avec M.* A. Lozeron, *architecte à Genève, sous la haute direction de M.* L. Casaï, *conseiller d'Etat, et de ses collaborateurs du Département des travaux publics, MM.* Ed. Lacroix, *ingénieur cantonal, décédé en octobre 1947,* J. Weber, *ingénieur cantonal, et* G. Friedrich, *surveillant des travaux ; les questions concernant l'aéronautique et l'exploitation ont été étudiées en collaboration avec le Département du Commerce et de l'Industrie, représenté par MM.* J. Treina, *conseiller d'Etat, et M.* Ch. Bratschi, *directeur de l'aéroport.*

MM. A. Lozeron, *architecte,* M.-E. Halder *et* J.-P. Colomb, *ingénieurs en chef de la Société anonyme Conrad Zschokke, ont rédigé cette publication.*

* * *

L'Aéroport de Cointrin, dont les travaux d'agrandissement ont été décrits dans un article de feu l'ingénieur cantonal Lacroix [1], a vu se développer ses installations d'une façon ininterrompue. Rappelons que la piste principale en béton armé de 1200 × 50 m a été portée à 2000 m de longueur dès 1946 et que la construction de l'Aérogare, entreprise cette même année, permettra de transférer prochainement, dans un bâtiment adéquat, tous les services d'exploitation, des voyageurs, du fret et des douanes.

D'autre part, les trois anciens hangars, qui ne répondaient plus aux besoins nouveaux, ont été démolis pour être remplacés par de nouvelles constructions plus spacieuses et plus modernes.

[1] Voir *Bulletin technique* du 31 mars 1946.

Toutes ces installations ont nécessité d'importants travaux accessoires, notamment des voies d'accès nouvelles branchées sur les artères suburbaines, des conduites d'amenée pour l'eau et l'électricité, d'importantes plate-formes d'accès et de stationnement pour les avions ainsi que le perfectionnement des installations d'éclairage, de signalisation et de radio.

I. Hangars pour avions de ligne

Le Département des travaux publics du canton de Genève ouvrit pendant l'été 1946 un concours pour la construction d'un grand hangar pour avions avec une halle de montage annexée, en vue de compléter ainsi l'équipement de l'aérodrome intercontinental de Cointrin dont les pistes avaient été réalisées pendant les années 1941 à 1946 et étaient donc déjà en service.

Les projets de ce concours ont été publiés dans le *Bulletin technique* des 9 et 23 novembre 1946. La Société anonyme Conrad Zschokke et M. A. Lozeron, architecte, titulaires du premier prix, furent chargés d'étudier le projet d'exécution, sur la base duquel cette société d'entreprise eut à assumer l'exécution complète de ces ouvrages, à partir du mois d'avril 1947.

Au cours de voyages d'études effectués préalablement en France, en Hollande et en Suède, une précieuse documentation fut récoltée, ce qui permit d'aborder en bonne connaissance de cause un problème relativement neuf.

C'est ainsi que les dimensions primitivement prévues furent augmentées ; le hangar de 85 × 60 m passa à 170 × 62,50 m et la halle de montage de 60 × 40 m à 80 × 42,50 m, ces

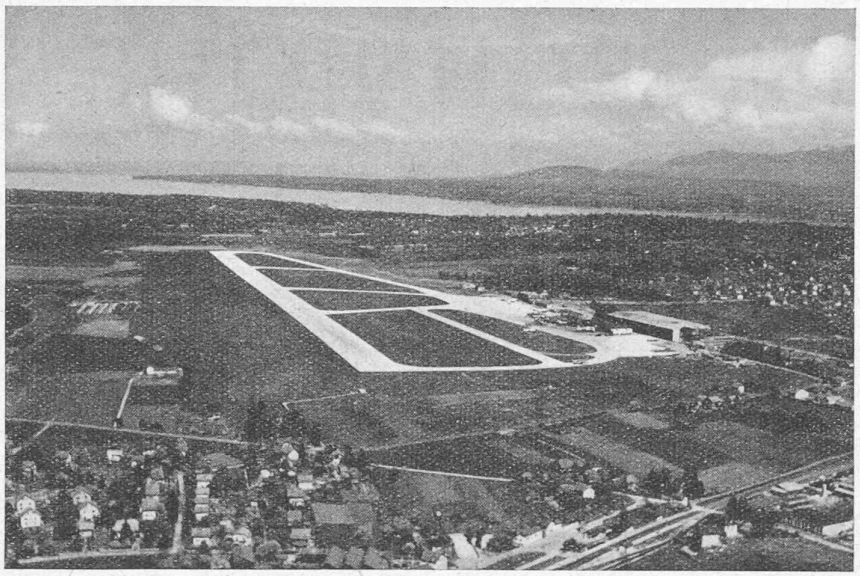


Fig. 1. — Vue générale de l'aéroport de Cointrin.

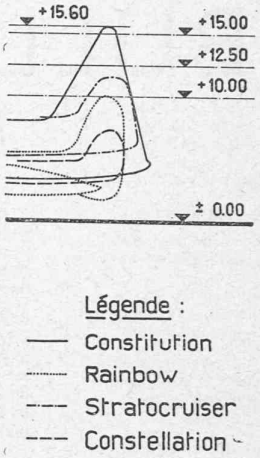
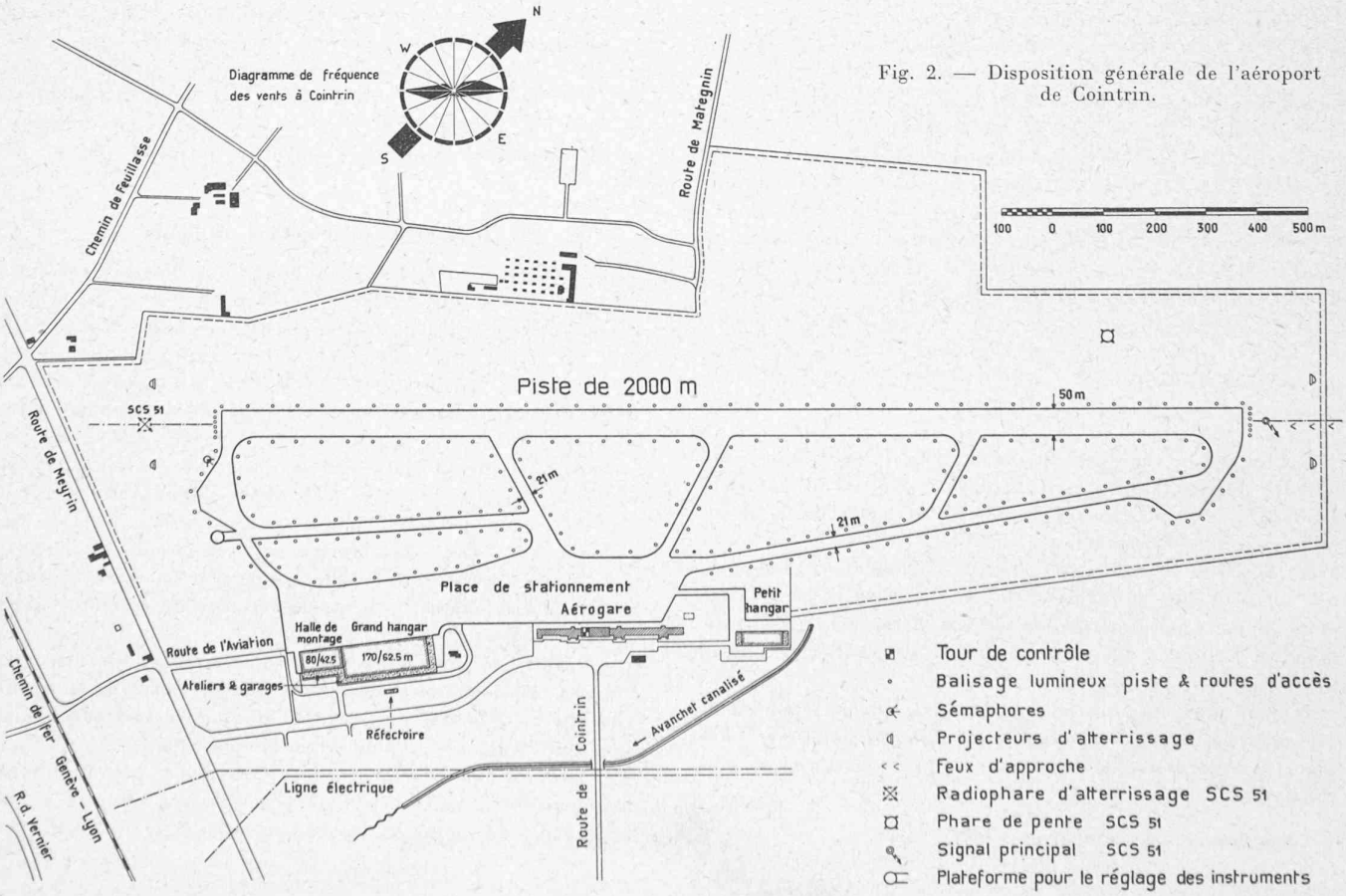


Fig. 3.
Gabarits de quelques empennages d'avions.

nouvelles dimensions permettant d'abriter une douzaine d'avions quadrimoteurs ou une vingtaine d'avions bimoteurs. En outre, la hauteur libre, fixée à 10 m par le concours, fut élevée à 12,50 m, l'entrée au droit des portes ayant elle-même environ 15 m ; la comparaison des empennages de quelques avions en exploitation ou en construction à cette époque (fig. 3) a servi de base pour déterminer ces gabarits.

Le plan de situation général (fig. 2) montre l'implantation de ces hangars juxtaposés et situés en bordure de la plateforme de stationnement, en retrait des trois hangars existants, actuellement démolis, et au sud-ouest de l'aérogare. Cette implantation, qui n'empiète pas sur les aires de stationnement nécessaires à l'exploitation des anciens hangars, a été choisie de façon à permettre en outre la construction ultérieure, côté route de Meyrin, d'un autre hangar de 170 m de longueur si le besoin s'en fait sentir. Par ailleurs, les ouvrages sont placés sur un terrain qui présentait une certaine déclivité ; celle-ci fut utilisée pour réaliser l'aménagement, sur deux étages, des nombreux locaux annexes d'exploitation, tels que bureaux, ateliers, garages, vestiaires,

Fig. 2. — Disposition générale de l'aéroport de Cointrin.



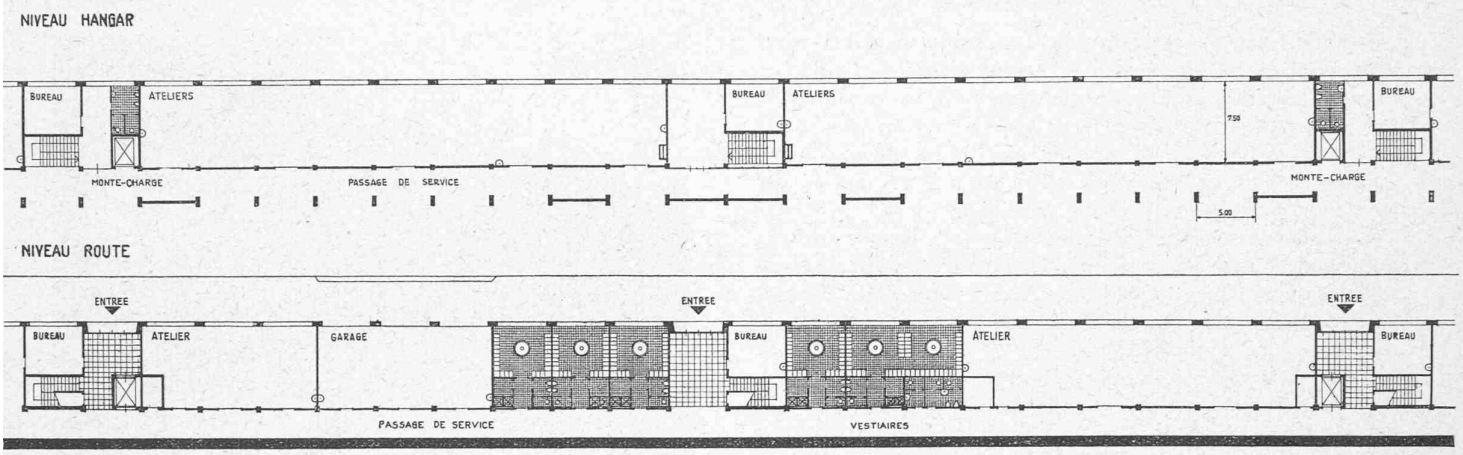
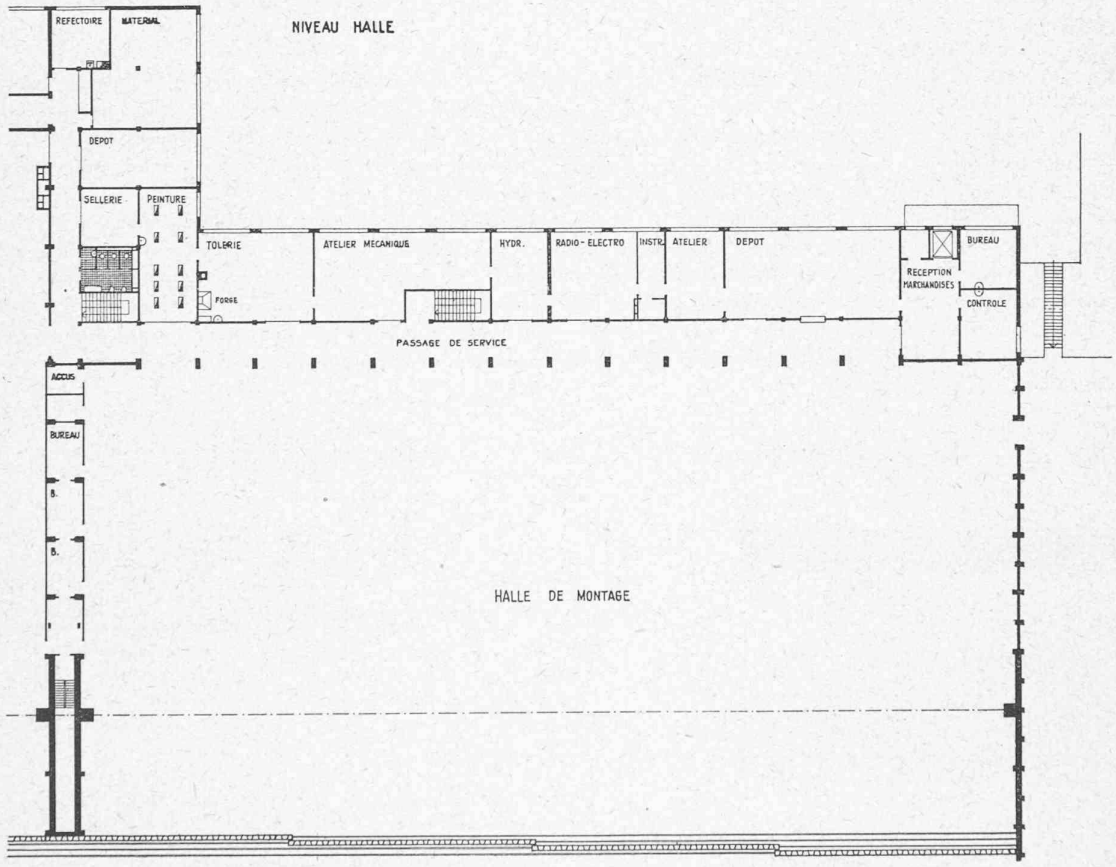


Fig. 4. — Locaux annexes derrière le hangar. — Echelle 1 : 600.



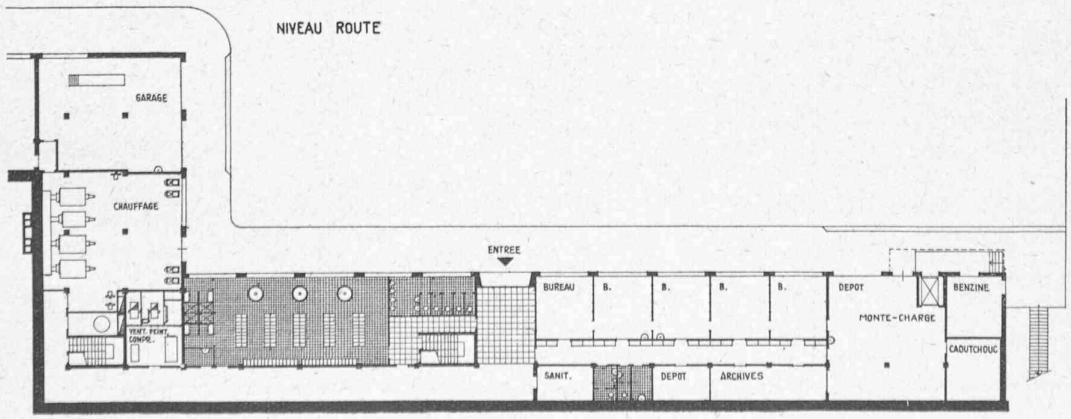


Fig. 5.
Halle de montage
et locaux annexes.
Echelle 1 : 600.

chaufferie, etc., et ceci sur toute la longueur de la paroi arrière des halles (fig. 4 et 5). Cette disposition a permis de limiter l'emprise de ces installations tout en garantissant une exploitation rationnelle, car tous les locaux de travail et un certain nombre de bureaux sont situés au niveau des hangars ; en outre, la liaison entre étages est assurée par trois monte-charges et par cinq escaliers.

La halle de montage, y compris tous les locaux annexes adjacents, forme une usine indépendante exploitée par un seul locataire. Quant aux locaux situés derrière le hangar, ils sont conçus selon un plan qui permet de garder une grande souplesse dans la répartition initiale et dans les possibilités ultérieures de transformation. C'est dans ce but qu'on a appliqué le principe d'une ossature en béton armé ayant un module en éléments de 5 m de largeur par 7,50 m de profondeur, les séparations entre éléments étant construites à la demande. C'est pourquoi également les vestiaires du personnel des différents exploitants ont été compartimentés par cellule comprenant un vestiaire pour une trentaine de personnes ainsi que deux douches et W.-C.

Au niveau des halles, les ateliers sont desservis sur toute la longueur par un couloir qui sert en même temps de dégagement pour les halles ; la surface de ces dernières est ainsi entièrement utilisable pour le travail.

Alors que le hangar proprement dit n'est destiné qu'au garage d'avions et que, par conséquent, il ne réclame aucune installation particulière, si ce n'est un bon éclairage, des prises d'eau et de force électrique, la halle de montage est dotée d'un pont roulant ainsi que d'une installation de chauffage par air chaud (par aérothermes) assurant une température minimum de +12° lorsque la température

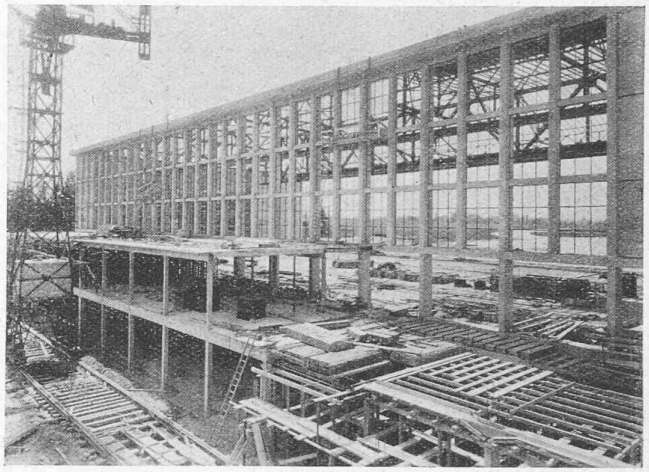


Fig. 6. — Halle de montage et locaux annexes en construction.

descend à —12° à l'extérieur ; par ailleurs, l'éclairage naturel est beaucoup plus intense que pour le hangar : indépendamment d'un vitrage occupant toute la façade sud-est, un vitrage supplémentaire est placé dans le pan coupé nord-ouest de la toiture.

La réalisation d'un ouvrage de dimensions si exceptionnelles pose des problèmes très particuliers qui conduisent à rechercher des solutions spéciales, voire même originales. Si la stabilité propre d'une grande halle est facilement concevable, par contre l'influence des efforts statiques dus au vent et aux variations de température peut compromettre sérieuse-

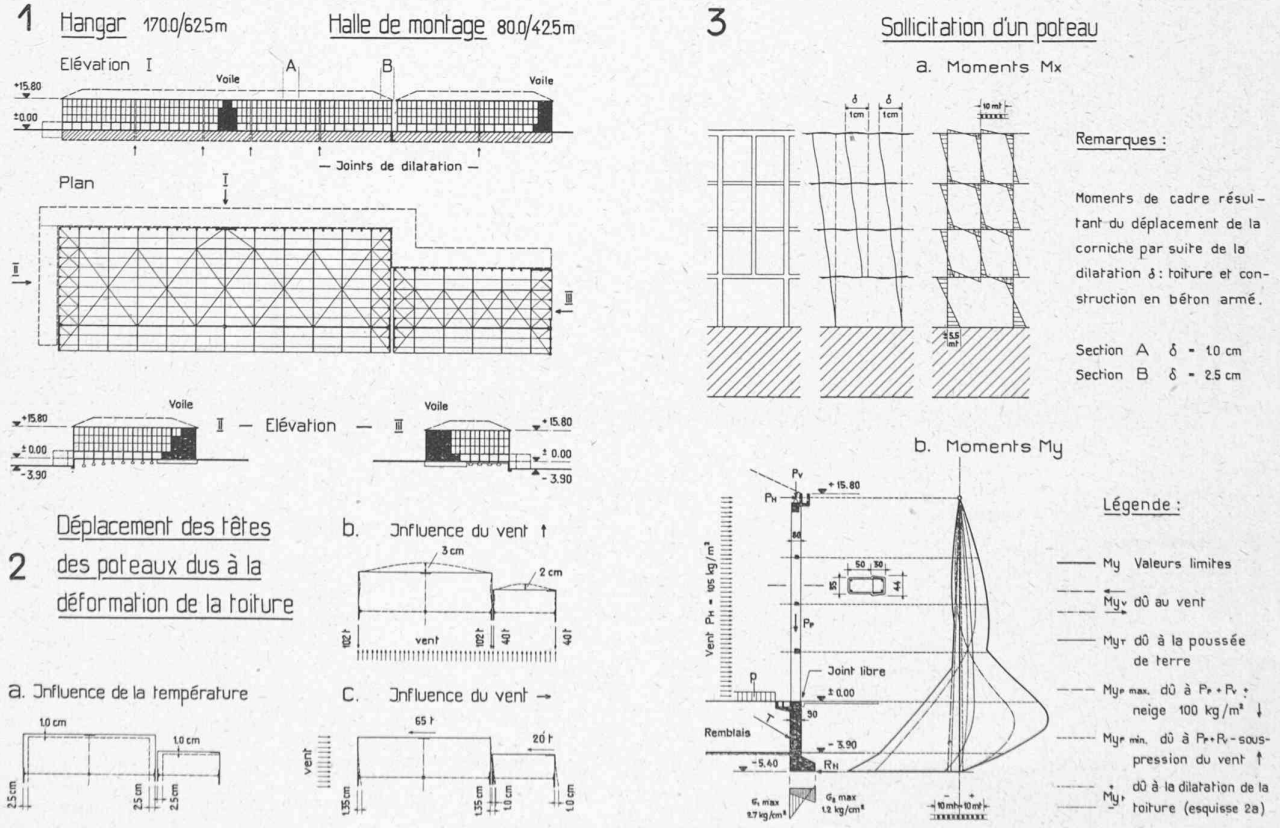


Fig. 7. — Hangar et halle de montage.
1. Schéma de la construction et du contreventement. — 2. Déplacement des têtes de poteaux dû à la déformation de la toiture.
3. Sollicitation d'un poteau.

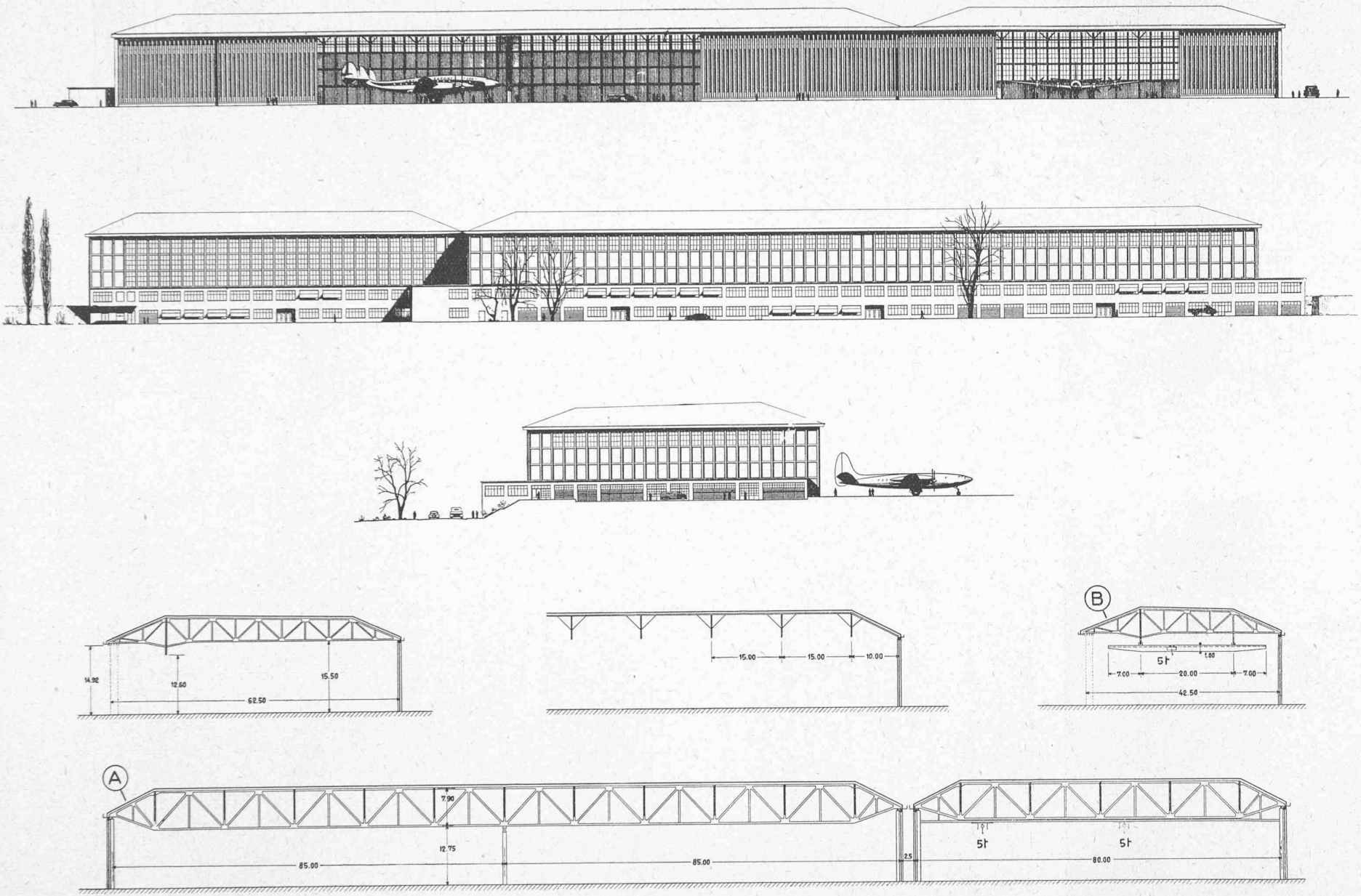


Fig. 8. — Hangar et halle de montage. — Face piste. — Façade côté ville. — Façade côté aéroport.
Coupes en travers et en long.

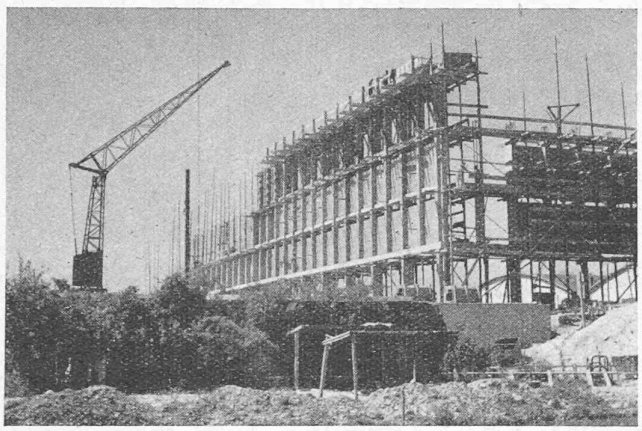


Fig. 9. — Hangar en construction. — Angle Est.

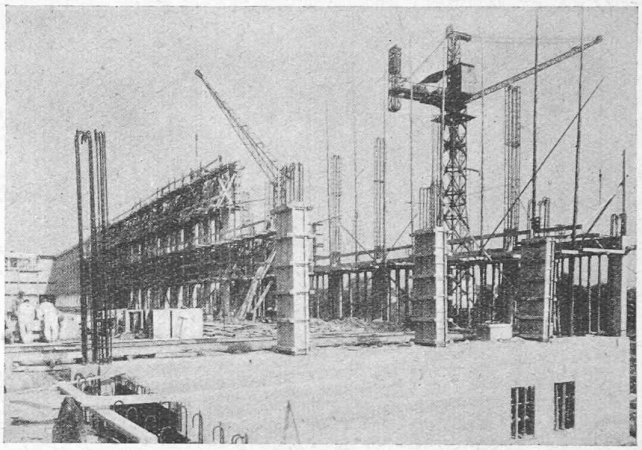


Fig. 10. — Construction des façades en béton armé du hangar.

ment cette stabilité lorsque des dispositions judicieuses ne sont pas prises.

La solution usuelle consiste à ériger de solides parois, résistant notamment aux poussées du vent, soit par leur masse, soit par des contreforts ; la charpente du toit, généralement constituée par une construction métallique, repose sur ces parois par l'intermédiaire d'appareils d'appui, appuis à rouleaux ou appuis glissants, qui assurent le libre jeu des dilatations. Ce procédé de construction n'est cependant pas économique ; par ailleurs, la transmission des réactions d'appui dues aux forces horizontales ou biaises du vent combinées avec des effets très importants de succion exige des dispositifs constructifs compliqués.

C'est pour ces deux raisons qu'on a recherché une solution particulière dont le principe est de relier, sans l'intermédiaire d'appuis mobiles, la toiture aux parois (fig. 7 et 8). Chaque halle a donc été considérée séparément comme un tout formant caisse ; ainsi toiture et parois s'étayent mutuellement. En fait, les parois peuvent être considérées comme des éléments juxtaposés de poutres encastrées, en bas, dans leurs fondations et appuyées, en haut, sur la charpente métallique et cette dernière comme un système de poutres simples ou continues sur appuis élastiques. Comme il est cependant indispensable que les dilatations ou retraits de cette charpente puissent s'effectuer, ceci d'autant plus que ces mouvements sont appréciables, de l'ordre de 5 cm, l'ossature en béton armé des parois a été dimensionnée de telle façon que les déplacements soient absorbés par l'élasticité propre de ces parois ; pour les parois latérales, il a été de plus admis qu'une certaine rotation des fondations peut intervenir du fait de l'élasticité du sol marneux.

La question de la rigidité horizontale a été liée au problème de la transmission des forces horizontales et un contreventement métallique a été aménagé à cet effet dans le plan de la toiture (fig. 7). Ce croisillonnement est fixé en trois points sur une partie organique des parois prévue en conséquence et constituée par des voiles de raidissement ou voiles d'appui en béton armé, un à chaque extrémité de l'entrée et le troisième au milieu de la paroi postérieure ; pour la halle de montage, le voile arrière se trouve vers l'angle sud. Les voiles latéraux sont, de plus, combinés avec les poteaux d'appui de la poutre maîtresse.

Compte tenu de ces nécessités constructives, le problème qui se posait pour l'architecte consistait à créer des façades qui auraient pu être simplement des murs de remplissage entre les piliers portants et les voiles en béton armé. En face d'un cube construit de dimensions si imposantes, situé dans un site magnifique, il fallait toutefois trouver une division qui donne un rythme et des éléments à l'échelle humaine. Dans le cadre exact des exigences techniques, on adopta une division verticale en poteaux placés à 2,50 m d'axe en axe et une division horizontale qui donnent des corps de remplissage rectangulaire de 2,05 × 3,35 m, c'est-à-dire un rectangle parfait. La division en petits éléments a permis, en particulier, de créer le grand éclairage vertical de la halle de montage sans rompre le rythme des façades.

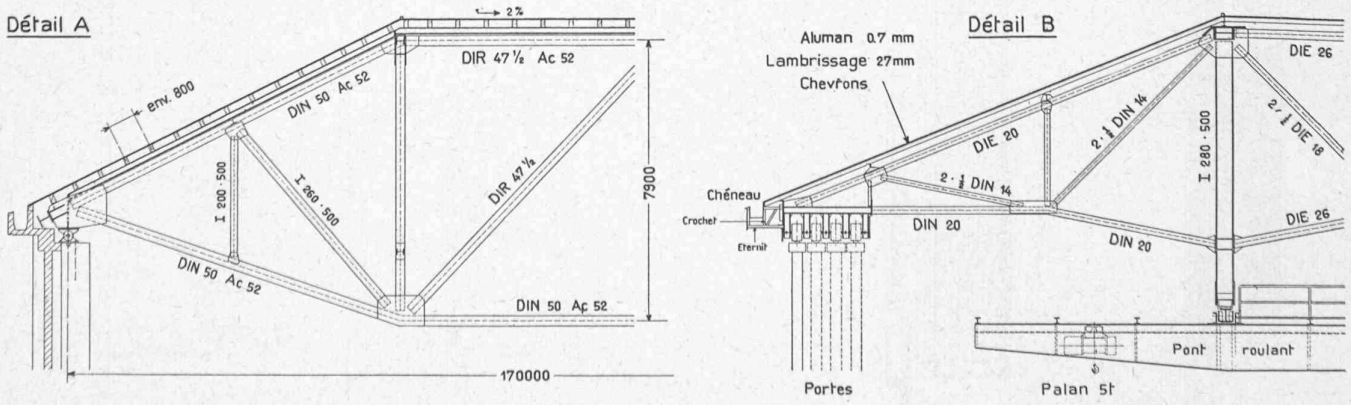


Fig. 11. — Détails A et B (fig. 8) de la charpente.

Les constructions annexes ont été traitées sous forme d'un soubassement et intentionnellement d'une architecture très simple (fig. 8).

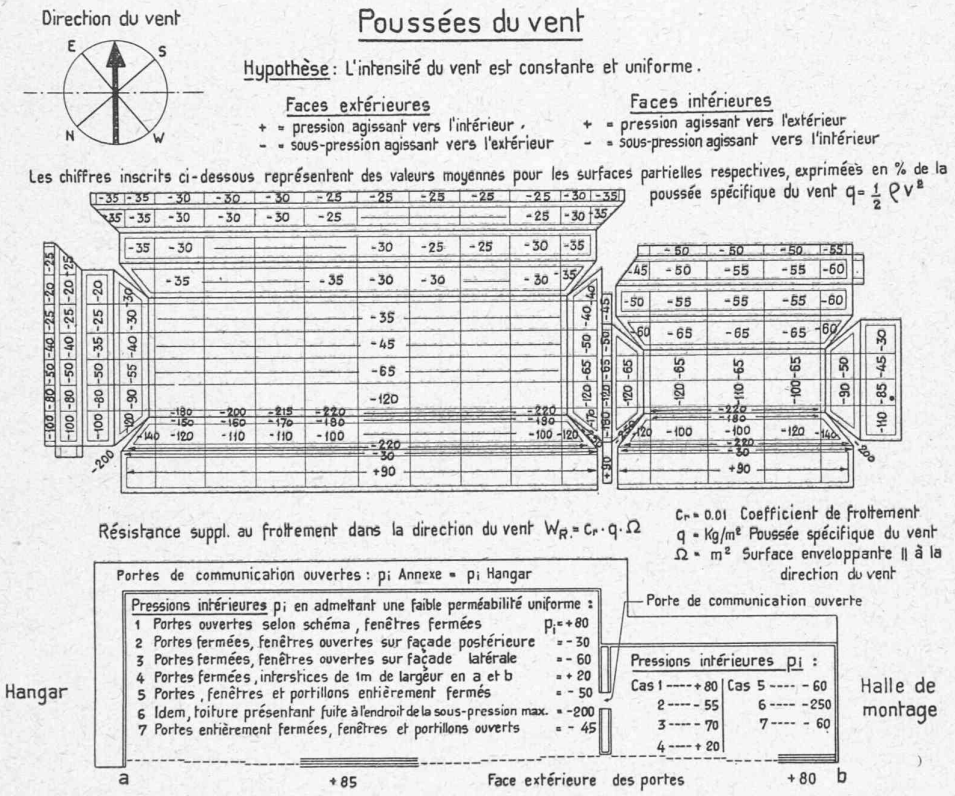
Il est à noter que toutes les études ont été faites avec le souci constant de trouver les solutions les plus économiques possibles. Il est intéressant de souligner à ce sujet que la conception des façades démontre une certaine richesse tout en accusant le même prix de revient qu'un grand mur de remplissage. Le choix d'un petit module a fait diminuer dans une forte proportion l'épaisseur des murs de remplissage et, par cette économie, a compensé l'augmentation de prix du béton armé.

Un certain nombre de joints organiques et de joints de retrait ont été ménagés, notamment pour délimiter les voiles et pour subdiviser les longues parois postérieures. Chaque élément de paroi, entre joints, a été calculé en tenant compte du poids propre, des réactions de la toiture, de l'influence du vent, directe et indirecte, des mouvements des abouts des fermes ainsi que de l'influence du retrait et de la température sur la paroi considérée. Cette dernière influence est en particulier très importante pour le dimensionnement du béton armé du cadre multiple que forme chaque élément de paroi (fig. 7).

Les charpentes des toitures ont nécessité, elles aussi, des calculs très complets et, de plus, la vérification de certaines hypothèses de base.

Le poids propre de la toiture de la halle de montage, qui est prévue en tôle d'aluminium posée sur un lambrissage et qui est munie d'un faux plafond isolant en plaques Durisol de 4 cm, a été évalué à 60 kg/m². Le poids mort du hangar, sans faux plafond, est d'environ 45 kg/m². L'influence de la neige a été introduite par une charge de 100 kg/m², comme prévu dans les normes n° 112 de la S. I. A. du 14 mai 1935.

Vu l'insuffisance de ces normes en ce qui concerne les effets dus au vent, d'une part, et la grandeur inusitée des halles de Cointrin, d'autre part, la S. A. Conrad Zschokke a fait exécuter des essais sur modèle réduit à l'Institut d'aérodynamique de l'Ecole polytechnique fédérale, à Zurich, sous la direction du professeur Dr J. Ackeret, pour déterminer les coefficients de répartition des efforts du vent. Les indications de la figure 12 résultent des mesures



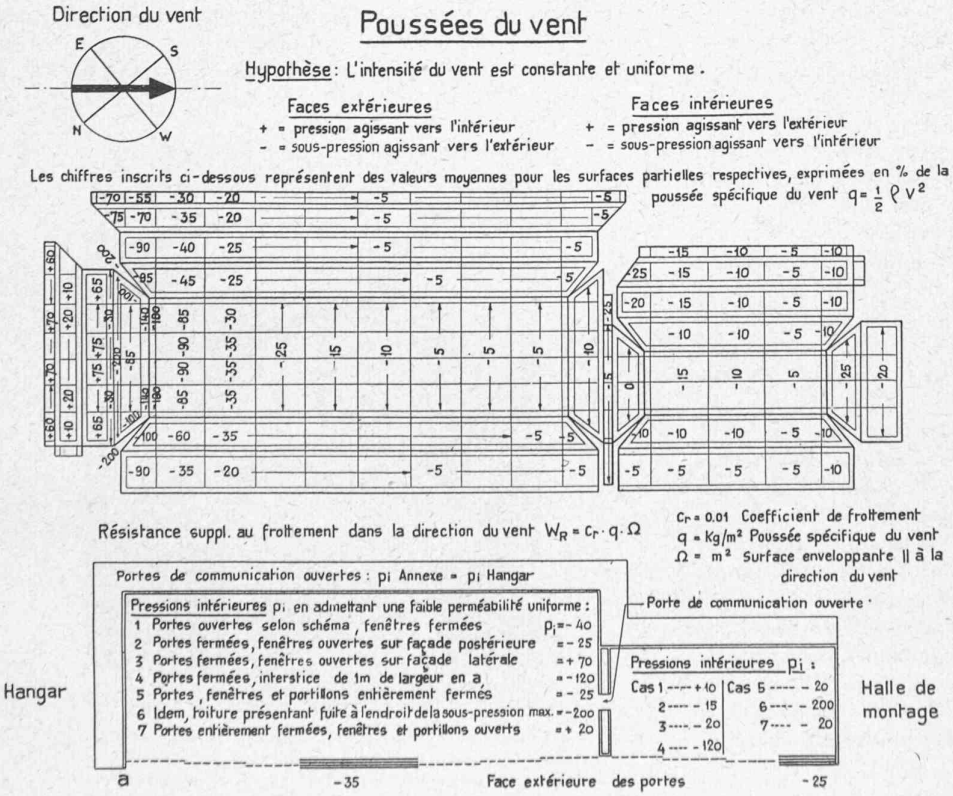


Fig. 12. — Poussées du vent ; coefficient de répartition des efforts du vent pour les directions NW-SE et NE-SW en % de la poussée spécifique. (Résultats des essais, sur modèle réduit, exécutés par l'Institut d'Aérodynamique de l'E. P. F. de Zurich.)

faites dans le canal à courant d'air continu sur un modèle 1 : 500 d'un avant-dernier projet des halles. Pour tenir compte de leur forme définitive, le professeur Ackeret a été obligé, par manque de temps, de modifier, d'après ses expériences sur des halles semblables, les valeurs mesurées. Les écarts entre les mesures directes et les indications de l'Institut d'aérodynamique sont de l'ordre de 10 % en moyenne et de 30 à 40 % aux angles spécialement sollicités. Le professeur Ackeret n'admet pas l'application de l'article 21, alinéa 4, des normes susmentionnées, où il est question de réduire les pressions du vent jusqu'à 60 % de la valeur totale, mais il tient à maintenir la pression spécifique du vent (poussée horizontale) [1] à $q = 100$ kg/m² ; l'application de ces données a pour conséquence une charpente métallique relativement lourde. En se basant cependant sur les vitesses maxima des vents mesurées à Cointrin, le Département des travaux publics de Genève, en commun accord avec la S. A. Conrad Zschokke, a fixé cette pression à $q = 80$ kg/m², ce qui a permis de gagner un tonnage appréciable.

Les coefficients de répartition des efforts du vent, indiqués dans la figure 12 en pourcentage de la pression spécifique pour différentes zones des faces développées des halles, atteignent des valeurs nettement supérieures à celles des normes pour les vents principaux à Cointrin, notamment en ce qui concerne les sous-pressions sur les surfaces horizontales et en pente, ainsi que le long des arêtes entre les faces de différente inclinaison. L'écart le plus frappant se produit sur les pans inclinés, face au vent, où les normes donnent le 20 % de la pression spécifique, tandis que les valeurs mesurées donnent une sous-pression de 110 %. Les efforts les plus élevés qui peuvent se produire localement au droit d'une arête se composent d'une sous-pression de 250 % et d'une pression intérieure de 80 % pour le cas des portes ouvertes côté vent, ce qui fait au total 330 % de cette pression. Il faut donc tenir compte de ces charges élevées, en particulier pour le choix des fixations de la couverture à la charpente métallique.

Les sous-pressions importantes du vent augmentées de la pression intérieure — cas de portes ou fenêtres ouvertes — ceci avec une toiture relativement légère, donnent pour la plupart des éléments de la charpente métallique des charges du même ordre de grandeur, mais de signe différent.

La figure 13 représente les moments fléchissants pour les pannes en profilé à contre-fiche, système très économique. Les contre-fiches ont été placées de façon à obtenir des moments absolus identiques dans le champ et sur appui ; elles contribuent en même temps à la stabilité des membrures inférieures des fermes, sollicitées à la compression sous l'effet du vent. Les flèches sont de l'ordre de $^1/_{600}$ seulement de la portée, ce qui a son importance, du fait de la pente relativement faible de la toiture.

Les fermes sont des poutres en treillis simple sur deux appuis avec porte-à-faux du côté des pistes (fig. 8) ; les membrures sont en profils à larges ailes parallèles dont l'âme est placée horizontalement. Des goussets doubles sont soudés aux membrures et l'assemblage des diagonales se fait par des boulons. Les taux de travail admissibles de la membrure inférieure sont atteints pour le cas de la traction simple aussi bien que pour le cas de la compression d'une barre sur appui élastique.

Le matériau utilisé pour les pannes et les fermes est de l'acier de construction ordinaire Ac 37, tandis que la poutre maîtresse est constituée par des membrures en acier de construction à haute résistance Ac 52 et des diagonales et montants en Ac 37. Le poids de cette poutre est identique

[1] En allemand : Staudruck.

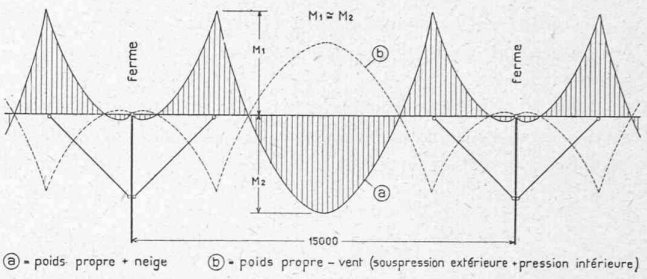


Fig. 13. — Pannes métalliques à contre-fiches ; diagramme des moments.

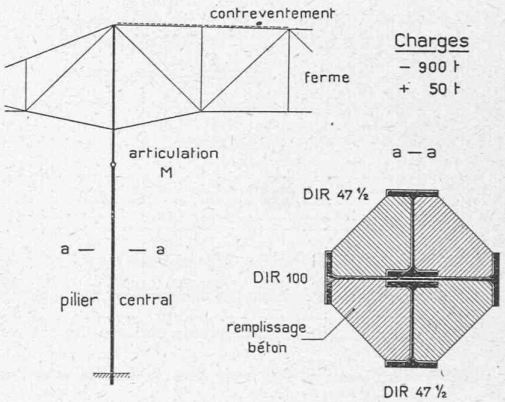


Fig. 14. — Pilier central.

au poids d'un même système de membrures et diagonales en acier 44.

La poutre maîtresse est un treillis à membrures parallèles, à trois appuis pour le hangar et à deux appuis pour la halle de montage. Les membrures en I-DIN et DIR qualité Ac 52 ont permis de supprimer en grande partie les semelles et d'utiliser des profils de même ordre de grandeur que pour les diagonales et les montants. Les coudes aux deux extrémités des membrures en Ac 52 ont été soudés bout à bout avec des électrodes spéciales et avec des reprises de la soudure

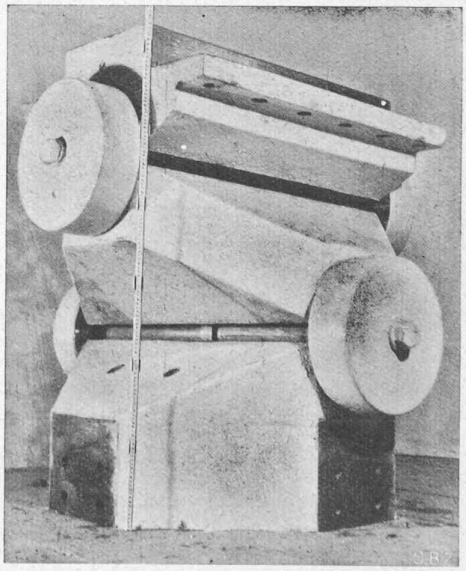


Fig. 15. — Appareil d'appui à double articulation, couronnant le pilier central. Poids 5 t. Charge transmise + 900 t et — 50 t.

tirées en dehors du profil et enlevées après coup. Tous les autres assemblages des poutres principales des deux halles sont rivés.

Le contreventement en acier 37 dont le système est donné par la figure 7 est réalisé par des diagonales en demi-I-DIN travaillant à la traction et suspendues aux pannes par un dispositif d'accrochage adéquat. Le chéneau et la poutre au-dessus des portes constituent des systèmes de contreventements secondaires.

Le pilier central du hangar, qui supporte une charge verticale d'environ 900 t à la compression et d'environ 50 t à la traction, est encastré dans les fondations et articulé à son extrémité supérieure où il s'appuie horizontalement au contreventement. Sa section est indiquée sur la figure 14.

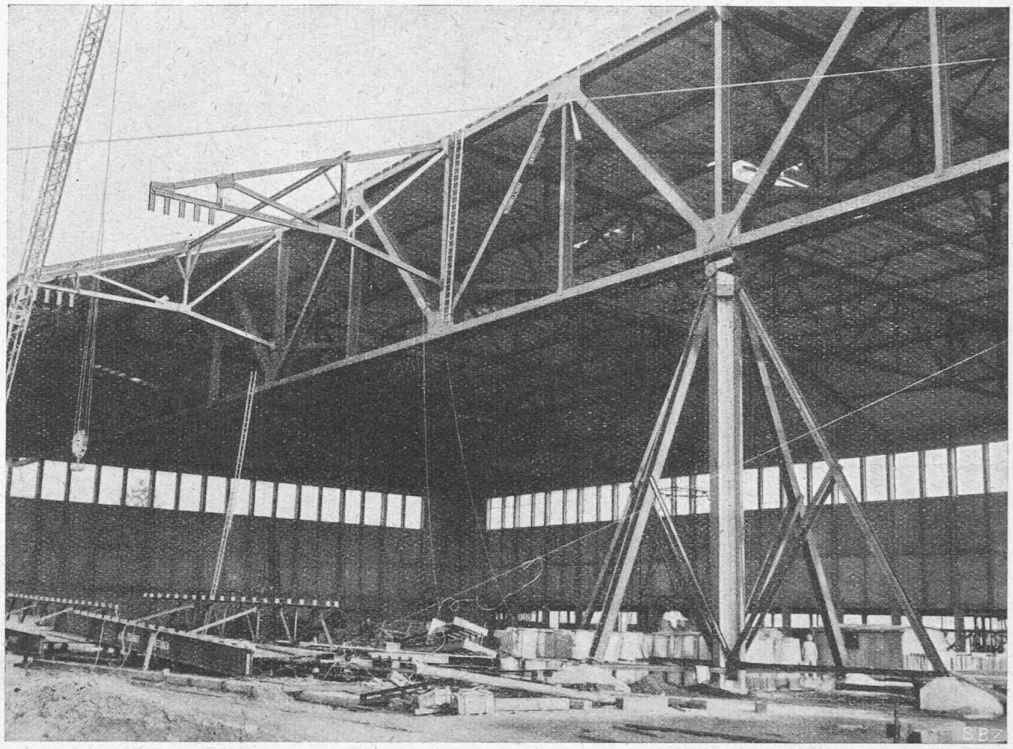


Fig. 16. — Hangar : Consoles et guidage supérieur des portes en montage. Etayage provisoire du pilier central.

Les différents appareils d'appui ont été construits de façon à transmettre également des efforts de traction. C'est pour cette raison que les appuis à rotules sont munis de disques latéraux dans lesquels sont logées des parties saillantes des corps supérieurs et inférieurs. L'appui central du hangar, au sommet du pilier, comprend deux rotules à angle droit ; cet appareil en acier moulé pèse environ 5 t (fig. 15).

Le poids de la charpente métallique, y compris pilier central et chemins de roulement, est de 60 kg/m² pour le hangar et de 65 kg/m² de surface couverte pour l'ensemble du hangar et de la halle de montage.

L'installation utilisée pour le montage comportait deux grands portiques d'une puissance de 35 t chacun et deux derricks d'une charge maximum de 10 et 15 t respectivement. Le dallage en béton armé — calculé pour une charge concentrée de 50 t — les piliers et les murs en béton armé avaient été terminés au préalable, ce qui a beaucoup facilité le montage tout en diminuant les risques d'accident.

Les portiques ont servi au montage des poutres maîtresses qui furent d'abord assemblées et rivées sur place, dans la position la plus favorable, pour être ensuite levées, dans leur position définitive, par tronçons pesant jusqu'à 70 t. De cette façon, il a été possible de diminuer au minimum les travaux d'échafaudage et d'assemblage à grande hauteur. Après la mise en place des éléments des poutres maîtresses dont la première pièce était appuyée sur un poteau provisoire, les fermes, les avant-becs, ainsi que les pannes, les contreventements et les guidages des portes étaient ajoutés au moyen des deux derricks. Du fait que le système de

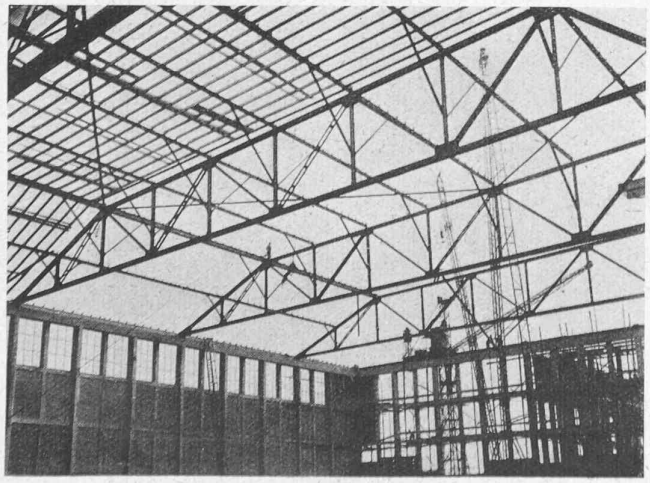


Fig. 17. — Montage de la charpente métallique.

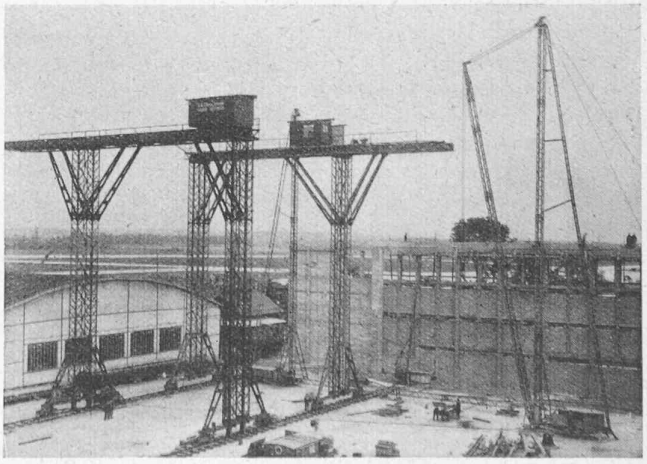


Fig. 18. — Portiques de 35 t de charge utile chacun et derricks de 15 t et 10 t respectivement, utilisés pour le montage des 900 t des charpentes métalliques.

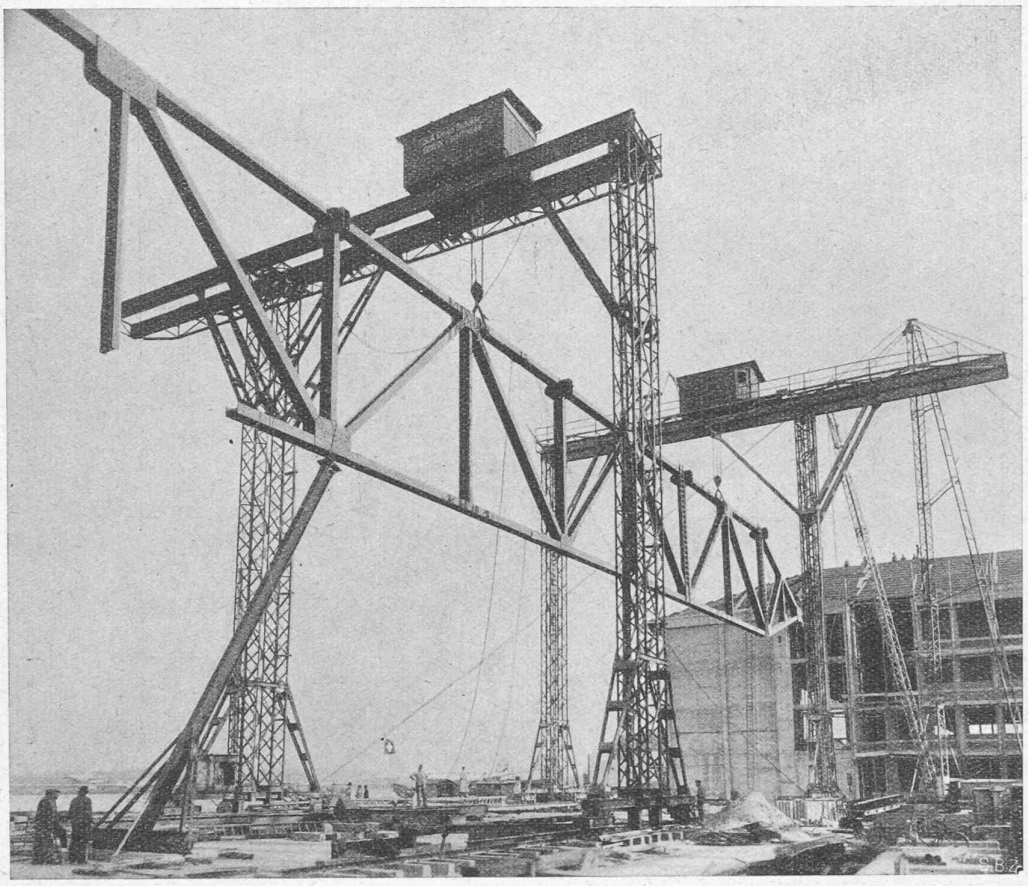


Fig. 19. — Halle de montage : Levage d'un élément de 70 t de la poutre maîtresse.

l'ensemble : murs et charpente, n'était stable qu'à la fin du montage de la construction métallique, y compris le contreventement, il a fallu provisoirement ancrer les poutres maîtresses avec des câbles pendant le montage et étayer le pilier central par un contreventement triangulé.

Ainsi qu'on l'a vu plus haut, un pont roulant de 5 t de charge utile est installé dans la halle de montage qu'il dessert sur une largeur de 34 m. Il se déplace le long de deux poutres-rails longitudinales, l'une accrochée à la poutre maîtresse et l'autre suspendue aux fermes, à une distance de 20 m environ. La charpente du toit est conçue pour recevoir ultérieurement un second pont roulant de même puissance.

Le type de couverture décrit précédemment répond à trois exigences préalables : légèreté, durabilité et économie. L'éternit ondulé, qui aurait le mieux rempli ces conditions, ne convenant pas pour les grandes surfaces presque plates de la toiture, le choix s'est donc porté sur une couverture en tôle d'Aluman (un alliage d'aluminium) de 0,7 mm d'épaisseur, posée par bandes de 64 cm de large, agrafées les unes aux autres et ancrées dans le lambrissage de 27 mm sous-jacent ; un carton bitumé jointif est intercalé entre le métal et le bois. Cette couverture est portée par des chevrons en bois 8/22 boulonnés sur les pannes métalliques. La pente de 2 % admise paraît être un minimum pour le ruissellement des eaux pluviales ; des cascades de 10 cm, espacées de 10 m, améliorent cependant sensiblement ces conditions d'écoulement.

Les eaux pluviales sont récoltées dans des chéneaux en tôle galvanisée aménagés sur tout le périmètre des halles, soit dans les caniveaux en béton armé formant corniches, soit dans les crochets métalliques qui sont boulonnés à la charpente du guidage supérieur des portes. Les tuyaux de chute sont constitués par des tubes en éternit noyés à l'intérieur des poteaux de l'ossature en béton armé des parois.

Un organe important de toute halle d'aviation est représenté par les portes. Là aussi, les voyages d'études permirent d'adopter pour les hangars de Cointrin le système le plus rationnel et le plus sûr, ce dernier qualificatif étant prépondérant pour toutes les questions qui touchent à l'aviation. Les portes basculantes proposées dans le projet de concours ne convenant plus, de par les nouvelles dimensions des halles, c'est le type dit « portes coulissantes » qui fut choisi. La maison Wanner & Cie, spécialiste de ces constructions, fut chargée d'étudier, en collaboration avec la maison Ed. Hess & Fils, toutes deux à Genève, un projet qui fut exécuté (fig. 21). La fermeture complète est réalisée au moyen de douze portes de 21,15 m de longueur et d'environ 15 m de hauteur qui roulent par l'intermédiaire de deux roues de 80 cm de diamètre, l'une folle, l'autre motrice, sur quatre rails, type C. F. F. 35 kg/m[1], de 252 m de longueur ; il y a donc trois portes

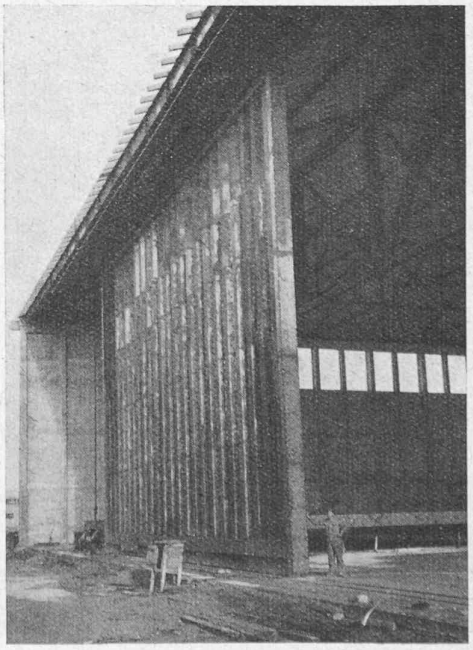


Fig. 20. — Porte coulissante en montage.

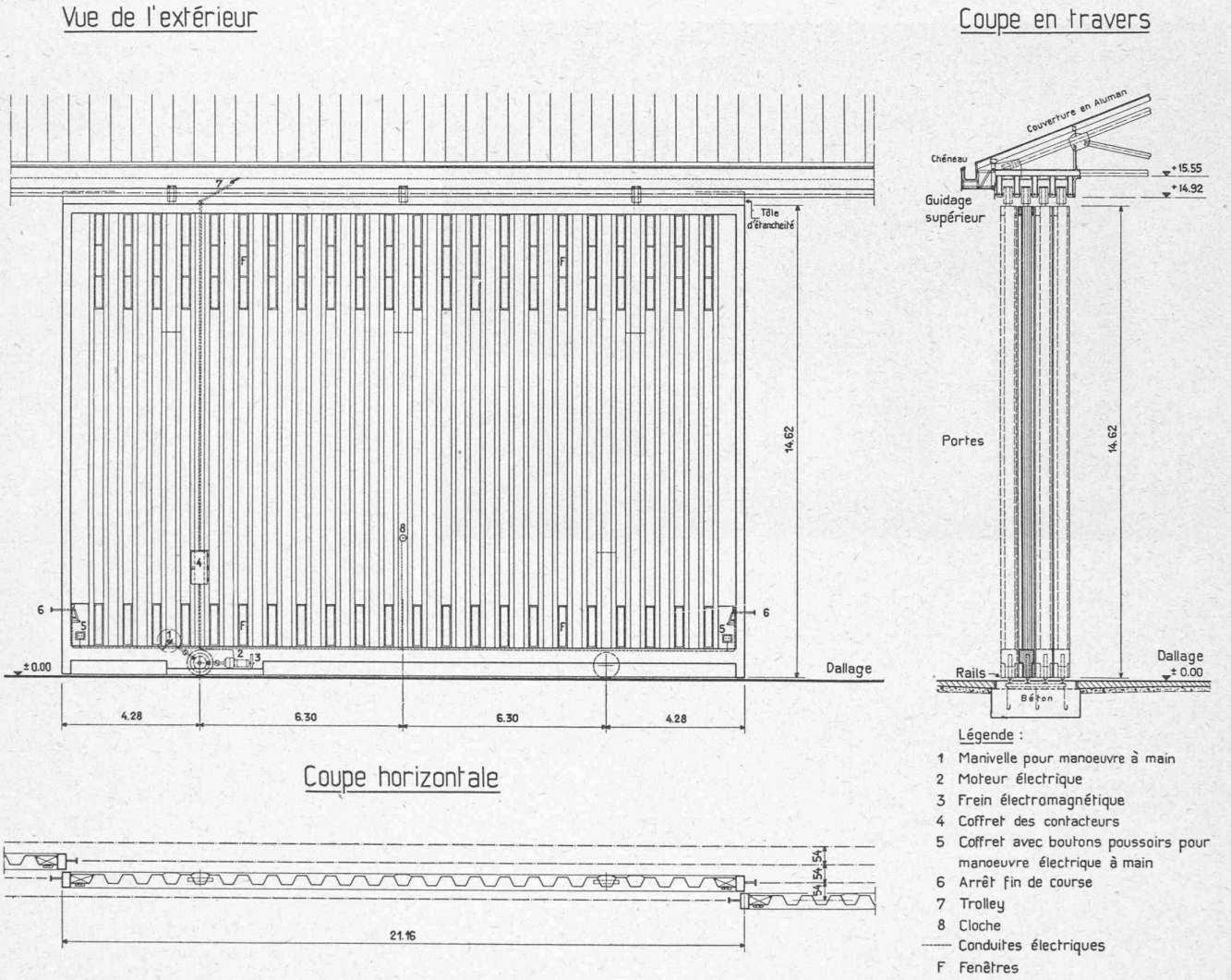


Fig. 21. — Portes coulissantes. — Elévation et coupe. Echelle 1 : 200

sur un même rail. Cette disposition permet de dégager complètement l'entrée de chacune des deux halles. A leur partie supérieure, les portes sont tenues latéralement et guidées par des rails entre lesquels coulissent librement des tourillons verticaux à roulement à billes, à raison de trois tourillons fixés sur chaque porte.

Le mouvement de translation est obtenu soit à l'aide d'une mécanique à main, soit par l'intermédiaire d'un moteur électrique de 8 CV qui donne une vitesse de 55 cm/sec, c'est-à-dire environ 2 km/h. Un frein électromagnétique permet d'arrêter instantanément une porte sur une distance de 15 à 20 cm. Les moteurs sont alimentés par du courant triphasé 220/380 V qui est pris à l'aide d'un trolley (à frottoirs multiples) sur des fils en cuivre suspendus dans les coulisses ménagées en dessus des rails de guidage supérieurs. Chaque

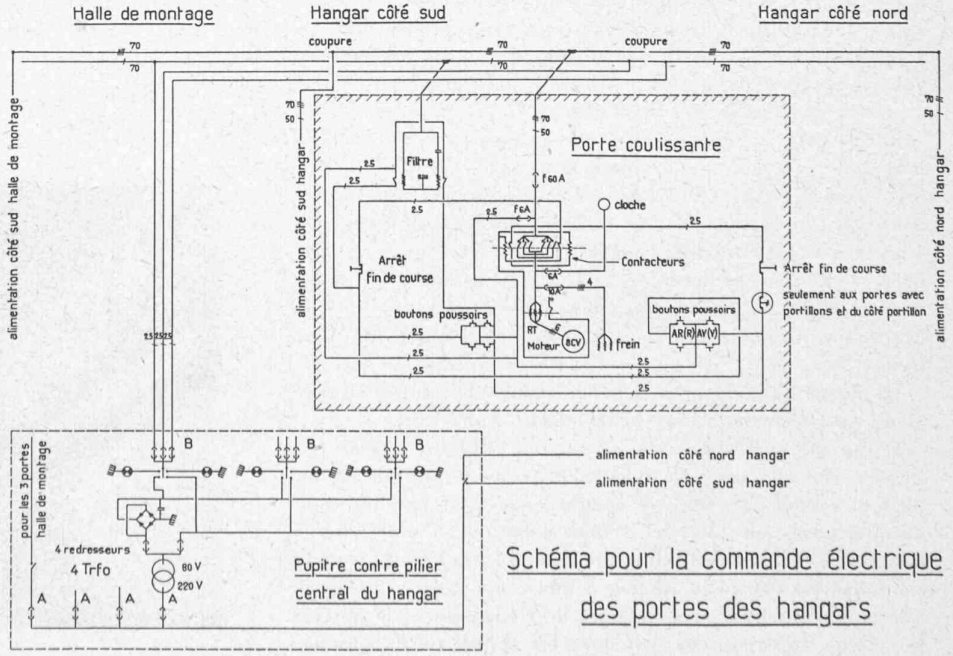


Fig. 22. — Portes coulissantes. — Schéma pour la commande électrique.

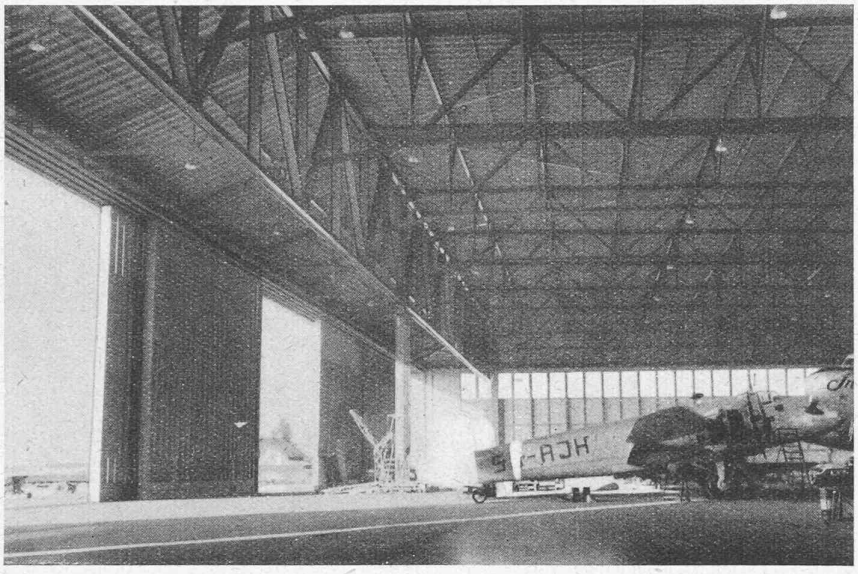


Fig. 23. — Vue intérieure du hangar.

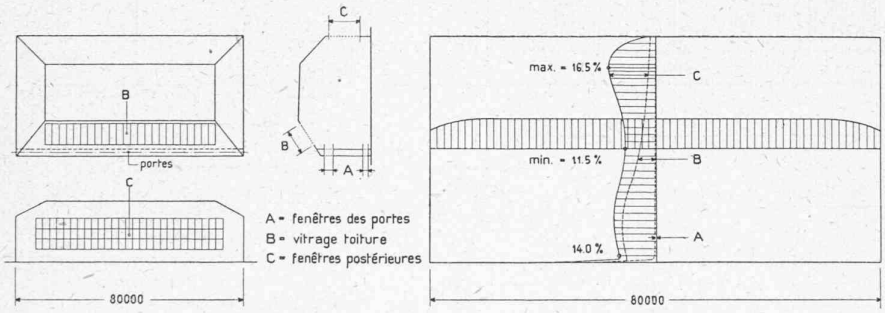


Fig. 24. — Halle de montage : Disposition des fenêtres et vitrages. Cœfficients d'intensité d'éclairage naturel.

porte peut être commandée directement par des boutons-poussoirs placés à hauteur d'homme, à chaque extrémité de porte ; mais il est également prévu une commande à distance depuis un pupitre central. Le souci de supprimer tout risque d'accident, soit pour le personnel, soit pour le matériel volant très délicat et très coûteux — toujours ce souci de sécurité — a incité les constructeurs à prévoir deux dispositifs spéciaux, indépendamment de la particularité des poussoirs qui ne peuvent actionner une porte que pour autant qu'ils soient poussés à fond ; chaque porte est munie, premièrement d'une cloche qui sonne à espaces réguliers pendant la marche et, deuxièmement, d'un arrêt « fin de course » placé à 1,70 m de hauteur, à chaque extrémité de porte, sous forme d'un piston qui, dès qu'il touche un objet ou dès qu'on le touche avec la main, agit électriquement sur le frein.

La figure 22 montre le schéma électrique simple et ingénieux de ces installations relativement complexes.

L'ossature métallique de ces portes offre un intérêt particulier car elle est exécutée exclusivement en tôle mince, pliée et soudée. En effet, le voile est constitué par des ondes autoportantes en tôle de 2 mm, longueur d'onde 90 cm, hauteur 30 cm ; il est raidi sur son pourtour par un cadre caissonné en tôle pliée, de 4 à 5 mm d'épaisseur. Le caisson inférieur contient les mécanismes de roulement et le moteur, le caisson supérieur les attaches des tourillons de guidage. Le poids d'une porte en ordre de marche est de 16 tonnes.

En vue d'assurer leur conservation, les portes furent traitées au jet de sable sur leurs faces extérieures et latérales, puis peintes en trois couches, extérieurement et intérieurement.

Le principe constructif des portes satisfait à toutes les considérations esthétiques. Les éclairages à réserver dans les portes ne devaient pas compromettre cette magnifique simplicité ; la solution fut de créer dans le fond de chaque onde des ouvertures situées, d'une part, au niveau des vitrages supérieurs et, d'autre part, dans le bas des portes pour assurer le contact entre l'intérieur et l'extérieur. Ce vitrage donne l'échelle humaine et affirme la grandeur de l'ouvrage.

La halle de montage devant être, par ailleurs, éclairée d'une façon aussi uniforme et aussi intense que possible, même avec portes fermées, il était donc nécessaire d'ajouter à la grande paroi vitrée arrière qui éclaire bien le fond de la halle, un vitrage côté portes. L'efficacité de ce vitrage qui est imbriqué dans le pan incliné du toit avait été contrôlée, pour un plan situé à 1 m au-dessus du dallage, au moyen des coefficients d'intensité d'éclairage et compte tenu des pertes dues aux chevrons, vitrages et poussières [1].

Comme indiqué dans la figure 24, le coefficient minimum d'éclairage de 11,5 % au milieu de la halle est de beaucoup supérieur au coefficient exigé par la Commission internationale d'Eclairage, qui est de 6 % pour les travaux fins et qui correspond à une lumière de 180 Lux en moyenne au mois de décembre entre 9 et 15 heures.

Les problèmes ayant trait aux fondations de ces grandes halles ont fait, il va de soi, l'objet d'une étude particulièrement approfondie. De nombreux sondages par puits ont

[1] E. Wuhrmann : *Vorausbestimmung der Tagesbeleuchtung in Industriebauten*, S. B. Z., 1945, Tome 125, N° 9, p. 101.

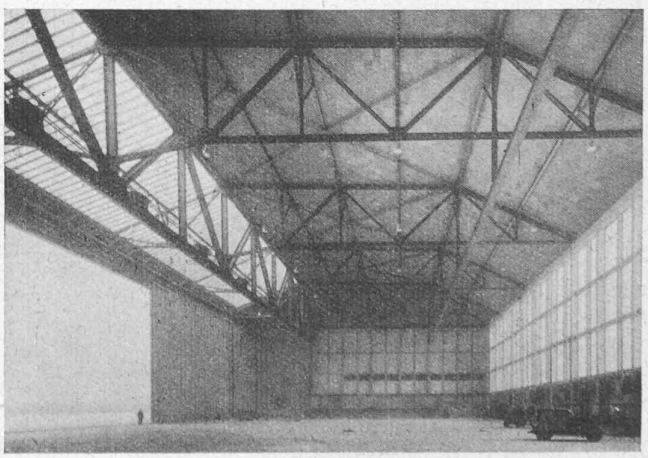


Fig. 25. — Vue intérieure de la halle de montage.

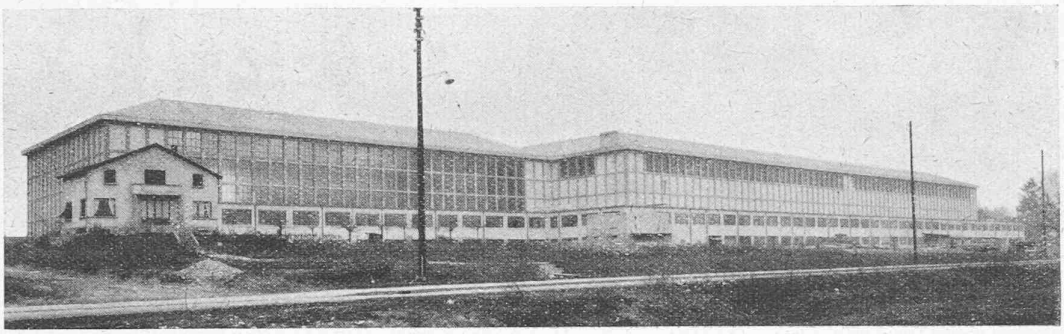


Fig. 26.
Halle de montage et hangar. — Vue du sud.

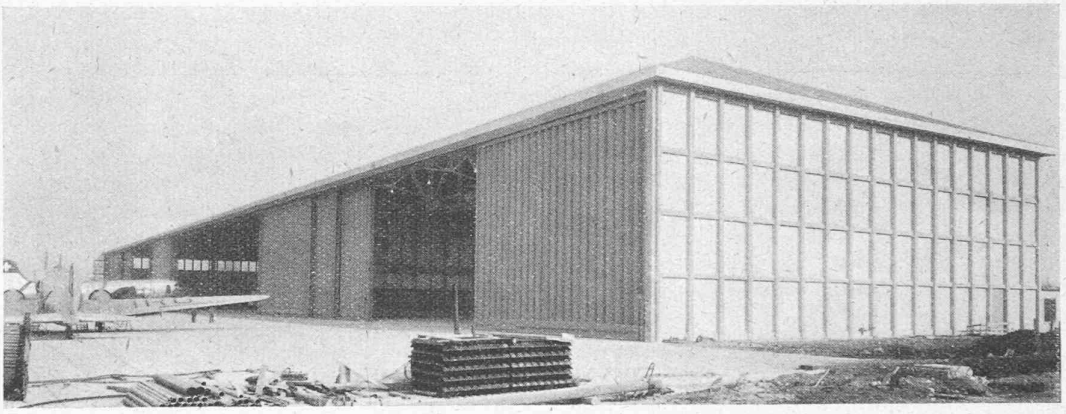


Fig. 27.
Halle de montage et hangar. - Vue de l'ouest.

été exécutés au préalable, ils ont permis de tabler sur un sol de fondation homogène dans son ensemble et constitué par une couche épaisse de moraine se présentant sous forme d'un conglomérat de glaise sableuse compacte mélangée à une forte proportion de galets. Les sondages révélèrent cependant l'existence d'une couche lenticulaire, assez étendue, de sables argileux aquifères, ce qui nécessita pour le pilier central du hangar une fondation relativement importante et profonde — à 7,0 m — exécutée dans une enceinte de palplanches métalliques ; les voiles latéraux, par contre, purent être fondés à une profondeur normale d'environ 2,50 à 3,0 m. Quant au mur de soutènement massif qui supporte la paroi postérieure des halles, il prend assise dans un conglomérat marneux ayant l'apparence et la compacité d'un poudingue.

Le Laboratoire géotechnique de l'Ecole polytechnique de Lausanne procéda à de nombreux essais en laboratoire et à des essais de charge *in situ*. Des observations faites, il fut possible de calculer les caractéristiques élastiques du sol et les tassements probables, tout en choisissant avec prudence les taux de pression admissibles sous les fondations. En général, la pression moyenne ne dépasse pas 2,5 kg/cm², sauf pour le pilier central où elle peut atteindre 3,5 kg/cm² ; les pressions d'arête sont limitées à 4 kg/cm². Il va sans dire que le dimensionnement des semelles de fondation a été subordonné à la condition d'obtenir des tassements aussi réguliers que possible ; ceux-ci, qui ne devaient pas dépasser 2 cm à 2 ½ cm, semblent rester, d'après les observations faites, en dessous de cette limite.

Le sol des halles est bétonné par dalles armées de 18 cm d'épaisseur et de 5,25 × 10 m de surface élémentaire, de façon identique aux revêtements des pistes.

II. Hangar pour avions légers

Les nécessités du grand trafic avec les avions commerciaux de ligne exigent, sur tout aéroport, une sécurité absolue qui ne peut être obtenue que par une organisation parfaite et une réglementation sévère. Il est dans ces conditions difficile d'assurer le service de parc des avions légers, avions de tourisme, avions-taxi et autres, conjointement avec celui des avions de ligne.

C'est pourquoi il a fallu ériger un troisième hangar, plus petit, installé, toutes proportions gardées, selon les mêmes principes que les précédents. (fig. 29.)

Ce hangar a pu être très heureusement placé à l'extrémité nord-est de l'aérogare, où un spacieux terre-plein a été créé. Si les deux exploitations citées ci-dessus sont ainsi nettement séparées l'une de l'autre, d'une part, d'autre part cette nouvelle halle est à proximité de l'aérogare où pilotes, touristes et voyageurs doivent passer pour les formalités de douane et de police.

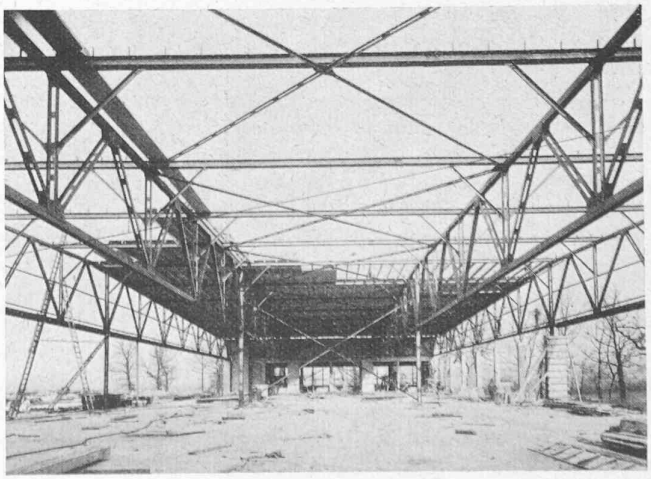


Fig. 28. — Hangar pour avions légers en construction. Le montage de la charpente a été exécuté à l'aide d'un derrick.

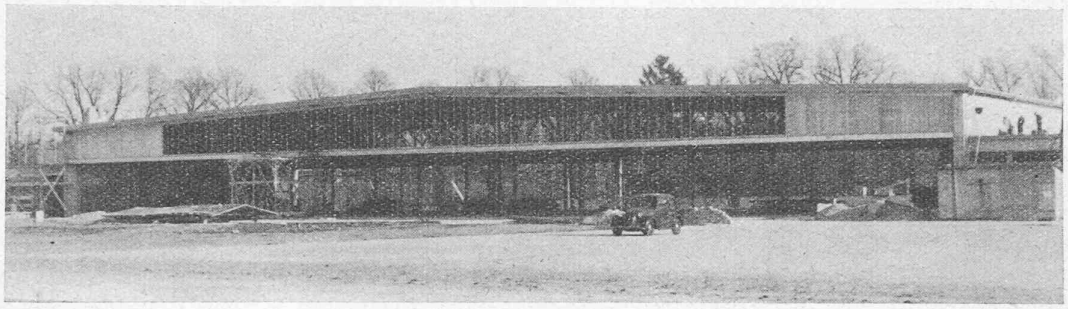


Fig. 29.
Hangar pour avions légers
Vue côté pistes

Les dimensions du hangar pour avions légers sont les suivantes : longueur 80 m, largeur 30 m, hauteur libre 5 m.

Afin de dégager le plus possible l'aire couverte, on n'a admis la présence que de quatre poteaux métalliques répartis sur l'axe médian, ce qui a conditionné le système portant de la toiture. Celle-ci est constituée par quatre fermes métalliques en treillis de deux fois 40 m de portée (poutres continues) venant prendre appui à leurs extrémités sur les deux parois latérales de la halle ; l'un des appuis est fixe, l'autre mobile.

Les fermes. qui sont profilées en forme de toit à pente faible, sont reliées entre elles par des pannes (DIE 22) avec contre-fiches, espacées de 5,70 m. Le poids de cette construction par mètre carré de surface couverte est de 45 kg environ, (fig. 28).

La couverture est semblable à celle des grands hangars, soit en Aluman posé sur platelage en bois.

Alors que la face, côté pistes, peut être fermée sur toute sa longueur par des portes coulissantes, la façade opposée est obturée, sur la moitié, par une paroi fixe munie de vitrages.

Côté pistes, les portes, au nombre de douze ont une largeur de 6,70 m, une hauteur de 5 m et un poids de 1400 kg. Elles comportent un voile d'ondes autoportantes en tôle pliée et soudée, avec entourage caissonné. Par porte, il y a deux roues qui roulent sur un rail de 15 kg et trois tourillons supérieurs pour le guidage. La manœuvre se fait à la main par simple poussée. Pour les portes nécessaires sur la demi-face opposée du hangar on a réutilisé, après retouche, un certain nombre de portes provenant des anciens hangars.

Les frontons sont vitrés en grande partie pour fournir la lumière naturelle à la halle. Le sol est dallé en béton, sur 12 cm d'épaisseur.

Deux corps de bâtiments en maçonnerie flanquent le hangar. Côté nord-est, on trouve des ateliers et, en sous-sol, une chaufferie, des vestiaires et des magasins ; côté sud-ouest, des garages destinés aux véhicules divers des services généraux d'exploitation de l'Aéroport, notamment les gros camions extincteurs, dont l'un doit toujours être en état d'alerte pour chaque arrivée ou départ d'avion. Ces installations sont complétées par un grand atelier chauffable construit à l'intérieur de la halle qui, elle, ne sera pas chauffée.

Une aire bétonnée s'étend sur le devant de ces bâtiments et une route d'accès en béton la relie à la grande plate-forme de l'aérogare.

Quelques dates concernant l'exécution de ces hangars illustreront le développement des travaux. Les grandes halles furent adjugées le 15 mars 1947, sur la base d'un projet dont les grandes lignes et les principes étaient fixés. Les travaux de défrichement et du terrassement général débutèrent au commencement d'avril et les premiers bétons furent coulés un mois plus tard. Le montage de la charpente métallique du hangar de 170 m, qui commença dans les derniers jours d'octobre, dura environ trois mois et demi et celui de la halle de montage environ deux mois et demi, soit de mars à mai 1948. Alors que le hangar put abriter des avions dès le début de l'année passée, l'occupation de la halle de montage a coïncidé avec la mise à disposition, en janvier 1949, des ateliers annexes complètement terminés, éclairés et chauffés.

Quant au hangar pour avions légers, il fut commencé le 15 juin 1948 et le gros œuvre, y compris la couverture des toitures, fut terminé en décembre de la même année. Le montage de la charpente métallique, environ 110 t d'acier, dura un mois. Il reste actuellement à compléter les aménagements intérieurs et à placer les portes et les vitrages.

Nous ne voudrions pas terminer cet article sans relever combien une collaboration étroite et une confiance réciproque entre maître de l'œuvre, exploitants, architecte, ingénieurs, constructeurs, entrepreneurs et ouvriers sont toujours nécessaires lorsqu'on se trouve devant la tâche de réaliser un important ouvrage d'art. C'est ce que, dans le cas particulier, tous les collaborateurs ont compris dès le départ et c'est grâce à l'esprit d'équipe et à l'excellente ambiance qui n'ont cessé de régner au cours des travaux qu'il a été possible de les mener à chef dans un délai relativement court, selon un programme préétabli avec soin.

Lit. : C.-F. Kollbrunner : *Weitgespannte Hallen aus Stahl*, S. B. Z., 66 Jg., Nr. 30 und 31 vom 24. und 31. Juli 1948.

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Communiqués du Secrétariat

American Society for Engineering Education

La Légation suisse de Washington nous communique que l'*American Society for Engineering Education* tiendra son cinquante-septième congrès annuel du 20 au 24 juin 1949, à Troy (N. Y.). Cette société comprend plus de six mille ingénieurs et professeurs des Etats-Unis et d'autres pays. A ce congrès seront présentés des mémoires traitant toutes les questions de la formation des ingénieurs. L'*American Society for Engineering Education* invite les ingénieurs suisses qui se trouveront à ce moment aux Etats-Unis à assister à ce congrès. Les inscriptions doivent être adressées à M. le professeur A. Allan K. Booth, Department of Mechanics, Rensselaer Polytechnis Institute, Troy, New York (U. S. A.).