

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 83 (1957)
Heft: 2

Artikel: Quelques aspects de la construction métallique en Suisse
Autor: Dubas, Ch.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-62768>

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: 14.03.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

Abonnements :
Suisse : 1 an, 26 francs
Etranger : 30 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 22 francs
Etranger : 27 francs
Prix du numéro : Fr. 1.60
Ch. post. « Bulletin technique de la Suisse romande »
N° II. 57 75, à Lausanne.

Adresser toutes communications concernant abonnements, changements d'adresse, expédition à
Imprimerie La Concorde,
Terreaux 31, Lausanne

Rédaction
et éditions de la S. A. du
Bulletin technique (tirés à
part), Case Chauderon 475
Administration de la S. A.
du Bulletin Technique
Ch. de Rosneck 6 Lausanne

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 : J. Calame, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitoux, architecte, à Lausanne — Membres : Fribourg : MM. H. Gicot, ingénieur ; M. Waeber, architecte — Vaud : MM. A. Gardel, ingénieur ; A. Chevalley, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; Ch. Thévenaz, architecte — Genève : MM. Cl. Groscurin, architecte ; E. Martin, architecte — Neuchâtel : MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur — Valais : MM. G. de Kalbermatten, ingénieur ; D. Burgener, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration
de la Société anonyme du Bulletin technique : A. Stucky, ingénieur, président ;
M. Bridel ; G. Epitoux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces

1/1 page	Fr. 275.—
1/2 »	» 140.—
1/4 »	» 70.—
1/8 »	» 35.—

Annonces Suisses S. A.
(ASSA)



Place Bel-Air 2. Tél 22 33 26
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : *Quelques aspects de la construction métallique en Suisse*, par CH. DUBAS, directeur des Services de construction métallique aux Ateliers de constructions mécaniques de Vevey S.A. — *Solution améliorée de l'équation différentielle de la ligne élastique d'une poutre soumise à la flexion*, par PAUL ROSSIER, professeur, Genève. — Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne : *Hommage au professeur A. Stucky à l'occasion du trentième anniversaire de son enseignement dans notre Ecole polytechnique*. — Société suisse des ingénieurs et des architectes : *Communiqué du Secrétariat*. — LES CONGRÈS. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION GÉNÉRALE. — INFORMATIONS DIVERSES.

QUELQUES ASPECTS DE LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE EN SUISSE

par CH. DUBAS, directeur des Services de construction métallique
aux Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S. A.

Ing. civil dipl. E.P.F., D^r sc. techn., Bulle

Situation actuelle de la construction métallique en Suisse. L'acier et le béton

Introduction

Pour comprendre la situation présente de la construction métallique en Suisse, il est indispensable de procéder à un large tour d'horizon et à un sérieux examen de conscience. Il sera donc nécessaire de dire les choses telles qu'elles sont, aussi désagréables qu'elles puissent paraître.

Pour beaucoup de profanes de chez nous et même pour nombre de techniciens suisses, le béton armé est le seul matériau moderne de construction. Mises en présence de constructions métalliques modernes, ces personnes sont tout étonnées de ce que l'on réalise aujourd'hui en acier. Nous allons examiner les causes d'un tel esprit, que l'on rencontre presque chaque jour dans nos journaux, techniques et autres.

Le matériau acier et sa provenance

La Suisse n'est pas un pays producteur d'acier, qu'elle reçoit de l'étranger, même si quelques profilés

et la moitié des ronds à béton sont laminés chez nous. L'acier est donc étranger et c'est un reproche qu'on lui fait fréquemment, malgré le ridicule d'un nationalisme excessif pour un petit pays vivant en grande partie de son industrie d'exportation. En outre, il est bizarre que l'acier soit considéré comme étranger seulement en construction métallique, alors qu'il est utilisé en bien plus grande quantité comme armature du béton, à qui il confère toute sa résistance à la flexion.

On oublie également trop souvent que la presque totalité des charpentes métalliques sont fabriquées en Suisse, dans des ateliers suisses, qui occupent un personnel important d'employés et d'ouvriers. Plusieurs de ces ateliers exportent même certains de leurs produits, soit en construction métallique proprement dite, soit dans le domaine annexe de la chaudronnerie. Il s'agit notamment de vannes, ponts roulants, conduites forcées, appareils pour l'industrie chimique et alimentaire. Du point de vue social, le facteur stabilité de la main-d'œuvre ne saurait être passé sous silence, alors que les chantiers de génie civil, avec des effectifs très

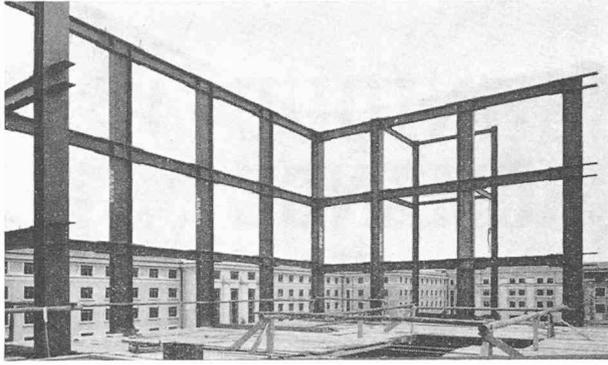


Fig. 1. — Extension du Palais des Nations, à Genève. Ossature métallique du bâtiment principal. Grands cadres de contreventement.

Photo Vevey n° 2732

variables, sont éphémères. Enfin, il est bon de remarquer que le ciment exige pour sa fabrication une consommation importante de charbon, produit étranger comme l'acier.

Les auteurs des projets, en construction métallique et en béton armé

En charpente métallique, les entreprises spécialisées possèdent presque toutes leur propre bureau d'études, malgré leur faible importance si on les compare aux grandes fabriques de machines ou aux importantes entreprises de génie civil. Jusqu'ici, le maître de l'œuvre s'adressait en règle générale directement aux dites entreprises et non à des ingénieurs indépendants, propriétaires d'un bureau. Nous avons cependant constaté avec plaisir que le nombre des exceptions avait considérablement augmenté au cours des dernières années et que, dans certaines régions même, ces exceptions devenaient la règle. D'autre part, plusieurs architectes et ingénieurs indépendants se sont résolument prononcés en faveur de constructions métalliques modernes, lorsqu'elles présentaient de sérieux avantages. Nous nous en félicitons et en montrerons par l'image quelques exemples caractéristiques.

Dans le domaine du béton armé, au contraire, le maître de l'œuvre s'adresse aux ingénieurs indépendants

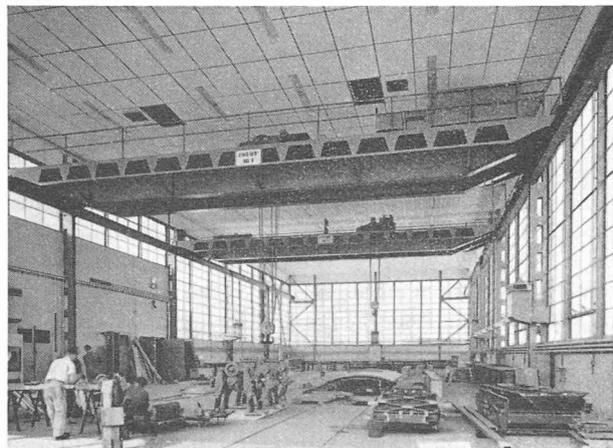


Fig. 3. — Vue intérieure de la même halle, avec les deux ponts roulants Vevey.

Photo Vevey n° 3630.



Fig. 2. — Vue extérieure de la halle « Matisa », à Renens

Photo Vevey n° 3631

pour le conseiller et le représenter tout au long des travaux. Il ne faut dès lors pas s'étonner si certains bureaux privés voient souvent dans les entreprises de construction métallique des concurrents susceptibles de leur enlever une partie de leur gagne-pain et répugnent en général à l'idée du métal. Ceci est d'autant plus vrai qu'ils la connaissent moins, faute d'une pratique suffisante. Il faut en outre bien constater qu'elle exige des ingénieurs, aussi bien que des dessinateurs, de sérieuses connaissances, une plus grande minutie et plus de souci du détail. Nous pensons en particulier à la question des attaches, ainsi qu'à tout ce qui concerne les propriétés et les caractéristiques mécaniques et chimiques des aciers, notamment en vue de la soudure. De ce point de vue minutie et souci du détail, on ne peut que conseiller aux jeunes ingénieurs, à leur sortie de l'école, un stage de deux ou trois ans en construction métallique, même s'ils veulent se spécialiser plus tard dans un autre domaine.

Concours et appels d'offres

Il est bien évident que le prix est capital, chaque fois que le métal est opposé à d'autres matériaux. Mais il est non moins évident que les projets en concurrence doivent être établis strictement sur les mêmes bases et que, dans les résultats, il faut tenir compte, dans une mesure équitable, des avantages et des inconvénients de chaque matériau. Là réside la difficulté

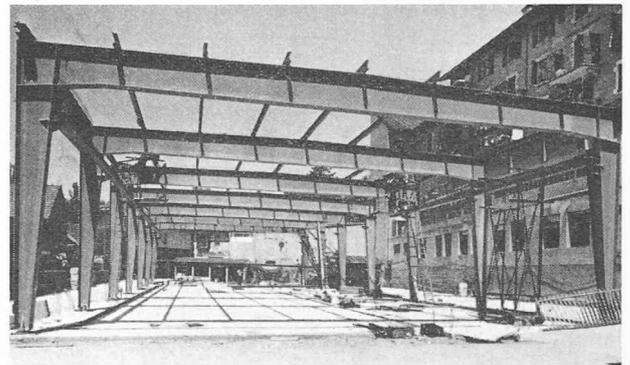


Fig. 4. — Fabrique CIPAG, à Vevey. Ossature métallique en montage.

Photo Vevey n° 4003.

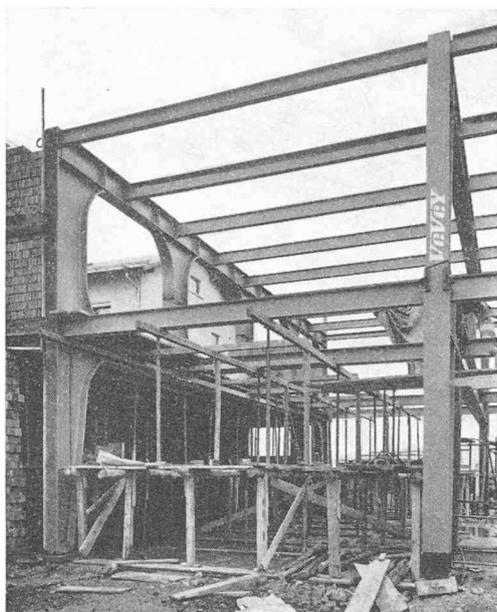


Fig. 5. — Nouvelle halle pour la fabrication du lait « Guigoz », à Vuadens. Vue pendant le montage (décembre 1955 et janvier 1956). L'échafaudage en bois sert uniquement aux travaux de maçonnerie.

Photo Vevey n° 4142.

majeure du problème, puisque le maître de l'œuvre, à moins qu'il ne soit lui-même du métier, doit recourir à un ingénieur indépendant pour le conseiller. Il faut donc que ce dernier connaisse et apprécie la charpente métallique, faute de quoi il existe un gros risque que les résultats des concours et des appels d'offres soient inconsciemment ou même délibérément faussés.

Il sied à ce propos de parler du prix effectif d'un ouvrage construit en métal ou en béton. Dans le premier cas, le constructeur effectuant ses propres études accepte assez fréquemment un plafond, si la charpente lui est payée au poids, et parfois même un forfait. Il va de soi que l'ouvrage doit être alors bien défini dans tous ses détails, pour éviter les contestations. La chose est facile pour les ponts, où, en règle générale, il n'y a pas urgence. Le plafond doit par ailleurs être d'autant plus élevé que l'étude a été moins poussée et que des modifications sont à prévoir. En génie civil, au contraire,

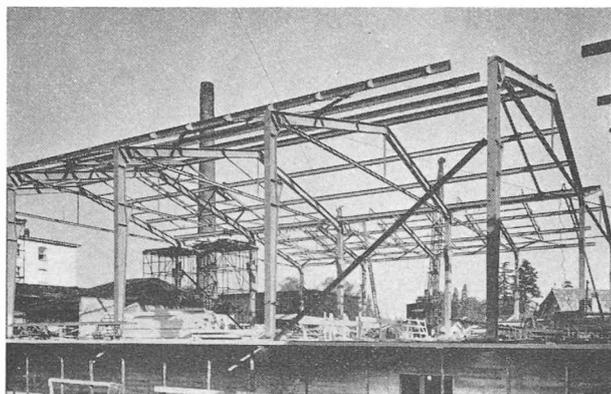


Fig. 7. — Halle double pour les Ateliers de Sécheron, à Genève. Vue d'ensemble pendant le montage. Architecte : L. Payot, dipl. E.P.F., Genève.

Photo Vevey n° 3807.

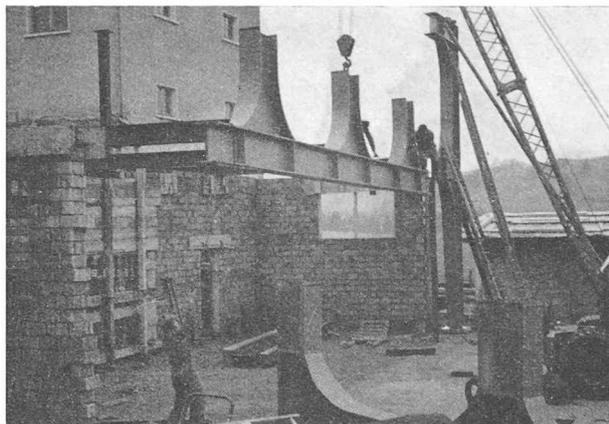


Fig. 6. — Cadre Vierendeel, lors de sa mise en place à la fabrique Guigoz.

Photo Guigoz.

l'entrepreneur ne s'engage que sur des prix unitaires et non pas sur les métrés de l'architecte ou de l'ingénieur. Les garanties sont donc bien différentes pour le maître de l'œuvre. Cette constatation ne pouvait échapper à ceux d'entre eux qu'inquiètent les dépassements de devis et qui désirent dès lors une plus grande solidarité entre l'ingénieur indépendant et l'entrepreneur, comme pour les ouvrages en acier lorsque le constructeur effectue ses propres études.

Dans une comparaison correcte entre le métal et le béton, on fera ressortir séparément les dépenses pour les études, la surveillance, les contrôles et les essais de tout genre, comprises en règle générale dans les prix des constructeurs de charpente métallique, selon la pratique des fabricants de machines, mais pas en génie civil.

Avantages trop méconnus de la construction métallique

L'acier est un matériau homogène qui résiste très bien à la traction comme à la compression et, par



Fig. 8. — Vue d'une travée de la halle Sécheron, de 23,50 m de portée.

Photo Vevey n° 3812.

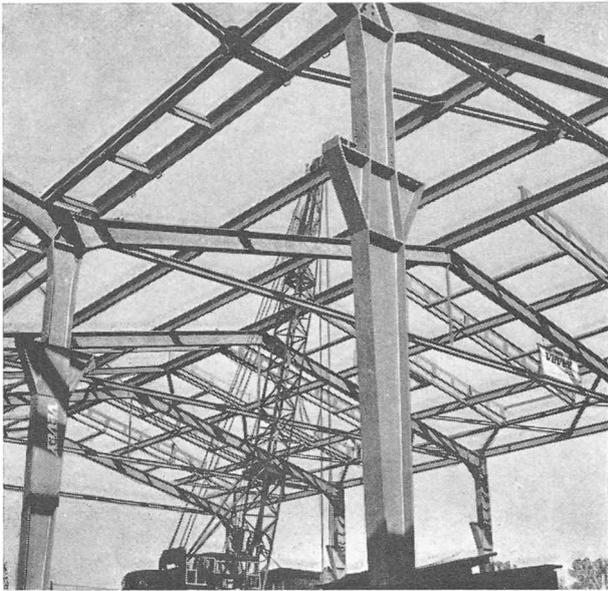


Fig. 9. — Détails de la halle Sécheron.

Photo Vevey n° 3810.

conséquent, à la flexion. Il permet dès lors de franchir aisément de grandes portées, sans pour autant donner un ouvrage beaucoup plus lourd et beaucoup plus onéreux, à l'instar du béton. Une erreur que commettent très régulièrement les ingénieurs trop habitués au béton est de prévoir en acier des portées trop faibles pour ce matériau, dès lors mal utilisé. On ne saurait trop insister sur l'intérêt des grandes portées par la suppression des colonnes, tout spécialement dans les ateliers et les halles de fabrication. La plupart du temps on peut affirmer qu'une rangée de colonnes fait perdre en surface utile non seulement le ruban complet de la largeur des colonnes, mais encore deux bandes latérales de circulation. La chose devient particulièrement évidente lorsque la manutention est effectuée à l'aide de ponts roulants, dont les cotes d'approche latérales du crochet sont loin d'être négligeables. En outre l'absence de colonnes donne une très grande liberté en ce qui

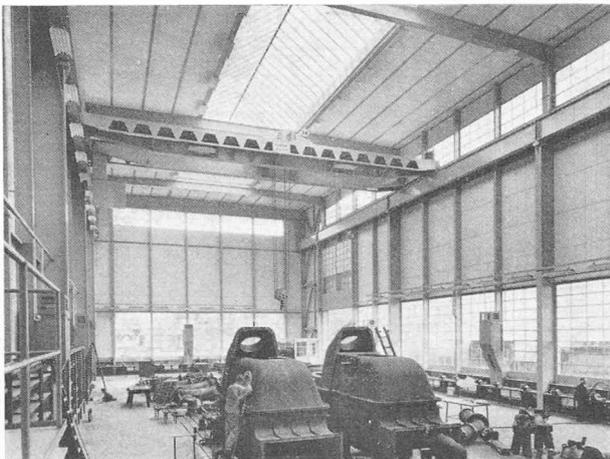


Fig. 11. — Vue intérieure de la halle Vevey, juste au début de la mise en service.

Photo Vevey n° 4027.

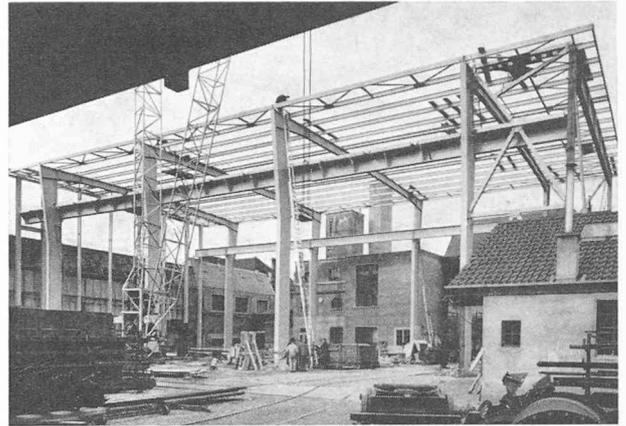


Fig. 10. — Halle de montage pour turbines hydrauliques aux Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey. Vue pendant le montage. Architecte : F. Kurz, La Tour-de-Peilz.

Photo Vevey n° 3903.

concerne la disposition des machines ou des appareils et toute l'exploitation.

Il s'ensuit qu'une construction sans colonnes intermédiaires pourra être nettement plus avantageuse qu'une construction meilleur marché, mais avec de nombreuses colonnes. Il faut en tout cas comparer les surfaces utiles et non simplement les surfaces couvertes. D'après diverses constatations faites, une construction métallique en sheds avec les portées habituelles des planchers en béton armé, devient seulement 15 % à 20 % plus cher, lorsque l'on triple la portée dans un sens et qu'on la double dans l'autre. Dans le prix total de la construction, l'augmentation n'est plus que de quelques pour-cent. On ne saurait l'oublier dans toute étude sérieuse.

Il est évident que la question du prix des fondations ne doit pas être oubliée non plus quand on compare diverses solutions en acier et en béton. On sait en effet que la construction métallique plus légère donne des réactions d'appui plus faibles. Peu importante dans de bons terrains, l'économie réalisée peut devenir considérable dans de mauvais sols. La suppression des colonnes intermédiaires permet en outre l'exécution de

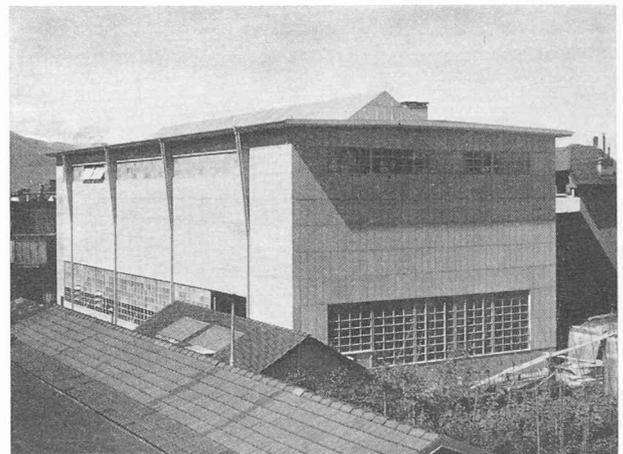


Fig. 12. — Vue extérieure de la halle Vevey.

Photo Vevey n° 3981.



Fig. 13. — Halle de fabrication de la maison Jacot-Des Combes, à Bienne. Architectes : O. Stücker et O. Suri, Bienne.

Photo Vevey n° 4186.

fondations plus concentrées et, par conséquent, plus économiques.

La question de la sécurité des fondations est à examiner sérieusement en comparant divers projets. On oppose parfois à des poutres peu sensibles aux tassements des arcs très tendus dans des terrains médiocres. Ces arcs sont évidemment plus économiques quand il s'agit du béton, résistant mal à la flexion, mais il faut s'attendre alors à de sérieux mécomptes et à de coûteux renforcements. Il suffit pour s'en convaincre de parcourir nos revues techniques. D'une manière générale, on ne saurait se méfier assez des systèmes « gratuits », dans lesquels un élément porteur important disparaît, tout spécialement lorsque le rôle de cet élément est assuré par le terrain.

S'il est en principe exact qu'une construction métallique peut toujours être renforcée, il n'en faut pas moins constater qu'un tel renforcement est loin d'être toujours économique, surtout lorsqu'il s'agit de fer puddlé impropre à la soudure. La chose est bien compréhensible, si l'on songe aux salaires actuels qui ne permettent plus de longues réparations sur place, avec des moyens forcément plus limités qu'en usine. Par contre, il est assez souvent avantageux et simple de remplacer en service une construction métallique insuffisante par une nouvelle construction métallique plus résistante, mais à peine plus lourde, en conservant les fondations inchangées. Ce cas s'applique tout spécialement aux ponts.

Quant aux charpentes métalliques d'usine, elles présentent pour l'exploitant un énorme avantage, grâce aux adjonctions et aux modifications qu'il est facile d'exécuter par soudure sur une construction moderne. Enfin il faut remarquer que les agrandissements et reconstructions d'ateliers en service sont aisés avec l'acier, qui permet un travail propre et rapide.

L'esthétique des constructions métalliques

Il est malheureusement exact que nombre de constructions métalliques anciennes ne satisfont pas nos conceptions actuelles de l'esthétique. Nous pensons en particulier aux ouvrages compliqués, enchevêtrés et dentelés à la mode de 1900. Mais depuis lors, la char-

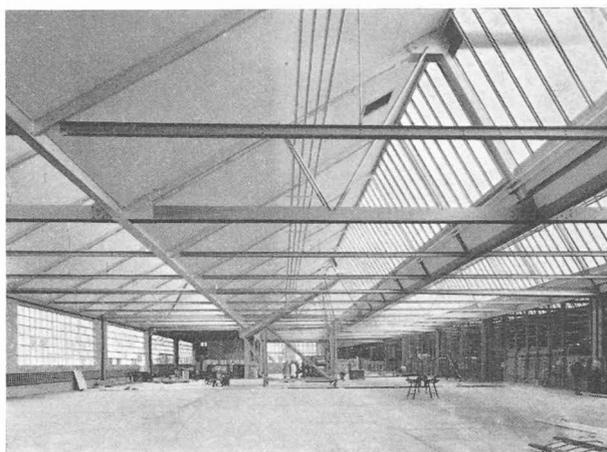


Fig. 14. — Fabrique de Produits Firestone, Pratteln. Nouvel agrandissement sans colonnes intermédiaires. Ingénieur : H. Bargetzi, dipl. E.P.F., Bâle.

Photo Vevey n° 4022.

pente métallique a bien évolué et s'est considérablement simplifiée.

Un premier pas avait été fait lors de l'apparition en Europe des grosses poutrelles à double té¹, un deuxième,

¹ Notamment par la mise en train des laminoirs de Differdange (Luxembourg), utilisant le système américain Grey.

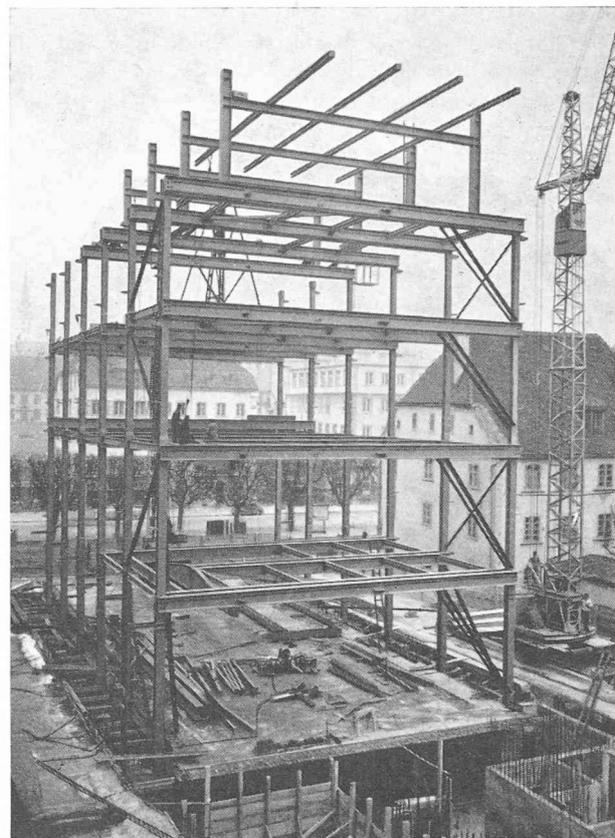


Fig. 15. — Nouveaux Grands Magasins S. A., La Chaux-de-Fonds. Vue pendant le montage. Les contreventements que l'on voit provisoires. Plans et direction des travaux : MM. Burckhardt, architectes F.A.S./S.I.A., Bâle ; travaux d'ingénieur : MM. Gruner Frères, ingénieurs-conseils, Bâle.

Photo Vevey n° 4125.

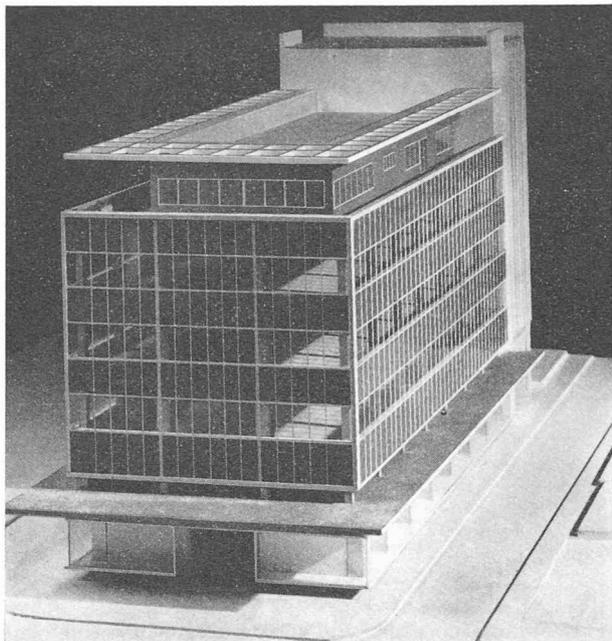


Fig. 16. — Maquette du futur bâtiment des Nouveaux Grands Magasins S. A., à La Chaux-de-Fonds.

par l'utilisation de tôles de grand format², et d'autres, beaucoup plus rapides, par le prodigieux développement de la soudure à l'arc électrique.

Le jeu des ombres et des lumières joue un grand rôle dans l'esthétique des ouvrages métalliques. Les ailes des profilés en diminuent la hauteur, de même que les semelles débordantes des caissons, tandis que les rai-

² Cf. L. KARNER : *La poutre à âme pleine dans la construction des ponts métalliques de grande portée*, Mémoires A.I.P.C. (Association internationale des ponts et charpentes), 1932.

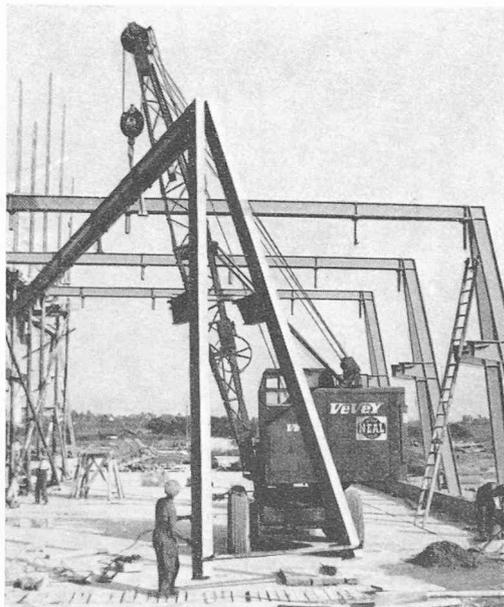


Fig. 17. — CERN. Charpente métallique pour le bâtiment du Synchro-Cyclotron. Architectes : M. le D^r R. Steiger et M. P. Steiger, Zurich. Ingénieurs : MM. Fietz et Hauri, Zurich.

Photo Vevey n° 4089.

disseurs coupent la monotonie des grandes surfaces nues.

Dans les ponts, le contraste marqué entre la dalle en béton armé du tablier et le reste de la charpente métallique souligne l'élément porteur. Dans les bâtiments, le même effet est obtenu lorsque l'ossature non revêtue ressort des parois de remplissage.

Il est juste de remarquer que, pour être belle et économique, une construction métallique demande de l'architecte et de l'ingénieur un gros effort et une étroite collaboration, déjà pour le choix du système porteur, des formes et des dimensions des sections. De ce point de vue, l'architecte ne devrait jamais choisir un système porteur et des sections, en demandant ensuite à l'ingénieur de mettre la matière nécessaire.

En terminant ces quelques remarques sur l'esthétique, il convient de se réjouir de la disparition du mythe selon lequel l'utile est forcément beau. A cette occasion, il faut malheureusement constater que les ingénieurs pèchent trop souvent contre le goût, qu'ils utilisent le métal ou le béton. Un voyage à travers notre pays révèle à chaque pas des fautes graves. Dans les ponts notamment, on rencontre trop de piles grêles ne satisfaisant pas le visiteur qui attend une impression de force et de sécurité d'un ouvrage bien assis. On rencontre également trop de poutres galbées sur piles hautes, qui manquent du calme nécessaire. Quant à la multiplication des colonnes ou des travées, il s'en dégage une impression de désordre³. On ne saurait enfin parler d'une beauté propre à la pierre, au béton ou au fer. Tout dépend de la manière dont ces matériaux

³ Un petit livre de MM. Schächterle et Leonhardt contient les principes de l'esthétique des ponts, avec de nombreux documents photographiques à l'appui. Publié en Allemagne sous le titre : *Die Gestaltung der Brücken*, il est malheureusement introuvable à l'heure actuelle en librairie. On consultera également l'article de M. J. R. Robinson, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, paru dans le numéro de septembre-octobre 1954 des *Annales des Ponts et Chaussées*. Cet article est intitulé : « Sur l'esthétique des ponts ».

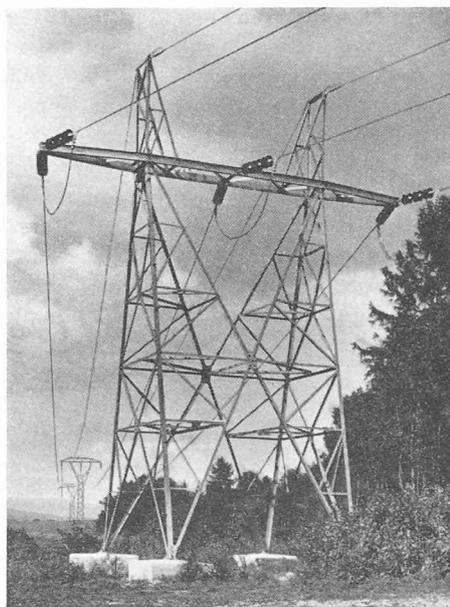


Fig. 18. — Compagnie Vaudoise d'Electricité (C.V.E.), à l'époque Compagnie vaudoise des Forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe (F.M.J.O.) Ligne 125/40 kV Montcherand-Rolle.

Photo Vevey n° 3306.



Fig. 19. — Vannes-secteurs sur le Rhône au barrage de Gluringen (Haut-Valais).

Photo Vevey n° 3688.

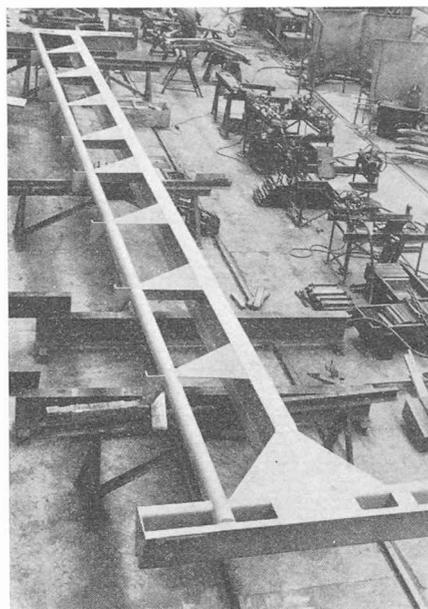


Fig. 20. — Pont roulant pour la CIPAG, à Vevey. Ce pont fonctionne actuellement dans la halle de la figure 4.

Photo Vevey n° 4010.

sont utilisés. Il suffit pour cela de se rappeler les merveilles sorties de la main des sculpteurs et des artistes ferronniers, anciens ou modernes.

L'entretien des constructions métalliques

Comme tous les matériaux de construction, le métal doit être entretenu. Cela n'a rien d'extraordinaire ; chaque propriétaire d'immeuble sait bien ce que lui coûte l'entretien de son bâtiment et tout spécialement l'extérieur soumis aux intempéries. Le mythe de l'absence d'entretien du béton armé est malheureusement assez répandu parmi les profanes et même parmi les techniciens. Il provient certainement de ce que les

ouvrages en béton sont, pour la plupart, encore très jeunes et que l'on commence maintenant seulement, sur une échelle un peu vaste, les expériences coûteuses de remise en état. Il faut dire aussi que l'on minimise la plupart du temps la gravité et la portée des détériorations du béton⁴, notamment en ce qui concerne la sécurité, tandis que l'on exagère fortement s'il s'agit de l'acier, en prenant comme exemple des ouvrages désuets, mal conçus ou mal exécutés.

Par ailleurs, il est très difficile de se procurer des chiffres comparatifs détaillés et objectifs permettant de déterminer le coût probable de l'entretien des constructions en métal et en béton. A notre connaissance les questions d'entretien n'ont pas encore été étudiées systématiquement⁵, au moins en Europe. Aux Etats-Unis d'Amérique, certaines grandes administrations sont déjà revenues à la construction métallique pour les ponts de moyenne et même de faible portée, après avoir constaté que les réparations devenues nécessaires sur les ouvrages en béton dépassaient notablement l'économie réalisée à la construction. En effet, alors que l'entretien du métal se réduit à une question de peinture à effectuer régulièrement, les détériorations très irrégulières du béton sont difficiles, voire même impossibles à éliminer à complète satisfaction, malgré des dépenses élevées. Comme en Amérique, on peut s'attendre de plus en plus en Europe à ce que les travaux de réparation délicats deviennent à tel point prohibitifs qu'ils justifient des dépenses élevées à la construction.

⁴ Malgré l'amélioration de la qualité du béton, il est certain que les sections actuelles très minces seront fort sensibles aux dégradations de tous genres.

⁵ Citons cependant l'ouvrage très intéressant de MM. Graf et Gabbel, écrit avec la collaboration de quatorze spécialistes. Intitulé : *Verhütung von Bauschäden*, Deutscher Fachzeitschriften- und Fachbuch-Verlag, Stuttgart 1954, cet ouvrage ne se limite pas aux seules questions de l'entretien courant, mais s'étend aux dégâts de toute espèce. En ce qui concerne le béton armé, on lira avec profit la *Pathologie et thérapeutique du béton armé*, de M. Henri Lossier, deuxième édition entièrement refondue, Librairie Dunod, Paris 1955.

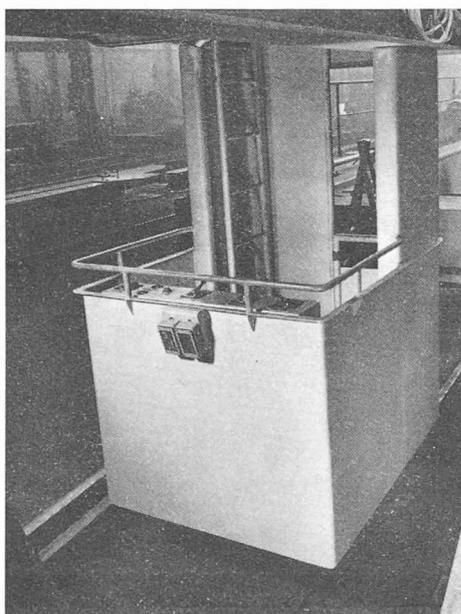


Fig. 21. — Cabine de pont roulant traitée à la manière d'une carrosserie.

Photo Vevey n° 3872.

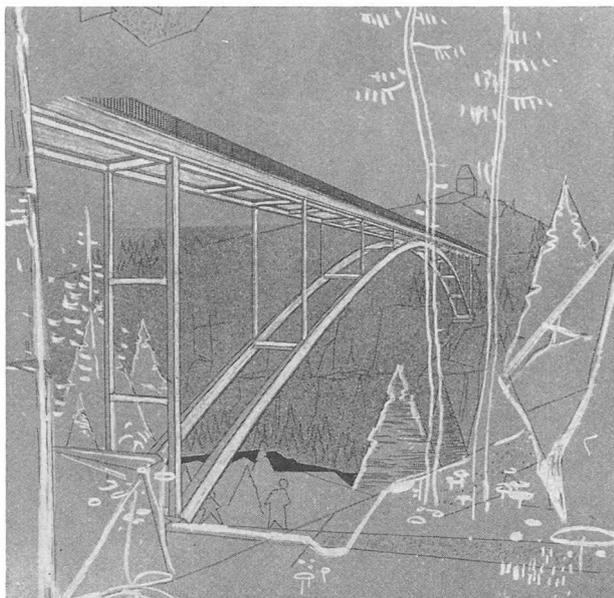


Fig. 22. — De tout côté, le pont métallique projeté au Gottéron garde son élégance et sa légèreté, grâce à la finesse et à la simplicité des formes.

Photo Vevey n° 3855.

Il ne faudrait pas clore ce chapitre de l'entretien sans parler des cas assez fréquents des ponts-routes en béton où, pour éviter de sérieuses réparations, on se décide sans peine à les démolir et à les remplacer par un ouvrage moderne plus large, avec un tracé amélioré. Consciemment ou délibérément, on pense et on agit bien souvent tout autrement, lorsque l'ouvrage est métallique.

Quelques charpentes métalliques exécutées récemment en Suisse par les Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A.

Pour ne pas être entraînés trop loin, nous nous bornons à des exemples exécutés par les Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey. Ces exemples nous paraissent d'ailleurs amplement suffisants à donner au lecteur une idée des nombreuses possibilités de la charpente métallique moderne.

Rappelons, pour commencer, les charpentes édifiées en 1950/51 lors des travaux d'extension du Palais des Nations, à Genève⁶. La figure 1 montre la simplicité des grands cadres de contre-

⁶ Pour une description plus complète, on se reportera à l'article paru à ce sujet dans le *Bulletin technique Vevey* n° 1, 1951, au tirage à part de ce bulletin, ou au numéro de novembre 1951 de l'*Ossature métallique*. On consultera également le numéro de décembre 1952 de la *Revue de soudure électrique Sécheron*: « Les nœuds soudés de portiques à étages multiples », par P. Preisig.

ventement, réalisés par des poutrelles à larges ailes de Differdange avec plats soudés formant les attaches de montage boulonnés. Les figures 2 et 3 montrent la halle de montage, construite en 1953/54, pour la maison « Matisa, Constructions Mécaniques S. A. », à Renens, spécialisée dans la fabrication du matériel d'entretien des voies de chemin de fer⁷. A cause d'habitations voisines, un toit en tuiles à quatre pans était exigé. Vu la forte pente nécessaire, des fermes très légères du type Polonceau classique étaient tout indiquées. Quant aux colonnes, elles ont été réalisées par des poutrelles à larges ailes de Differdange avec diaphragmes soudés. La voie de roulement est formée également par des poutrelles de Differdange. Toutes les pièces ont été soudées en atelier en éléments aussi grands que possible. Sur place, les attaches ont été boulonnées, sauf les joints soudés de la voie de roulement, qui ont été contrôlés par gammagraphie intégrale.

Les cadres à double rotule sont tout à fait indiqués dès qu'il s'agit d'ateliers dont la hauteur est faible par rapport à la portée, pourvu que le toit soit plat. La figure 4 montre la charpente construite l'an dernier pour la Cipag S. A., à Vevey, avec voie de roulement pour un pont roulant monorail de 2 t et de 13,5 m de portée. On distingue, suspendues au troisième cadre, les passerelles pour le soudage correct et le contrôle gammagraphique. Par contre, on aperçoit à peine les deux demi-portiques reliant transversalement les extrémités des deux premiers cadres et assurant ainsi une parfaite rigidité de la construction.

Un autre exemple de cadres à double rotule est fourni par la nouvelle halle de fabrication du lait en poudre, à l'usine Guigoz S. A., à Vuadens (Gruyère). Cette halle comprend deux étages avec surcharge de 1000 kg/m². L'étude a montré qu'un portique étagé

⁷ Cf. le *Bulletin technique Vevey* 1954 ou le tirage à part intitulé : « Solutions à quelques problèmes pratiques de charpente métallique et de grosse chaudronnerie », ainsi qu'à l'extrait paru sous le même titre dans le numéro d'avril 1955 de la revue *Acier*.

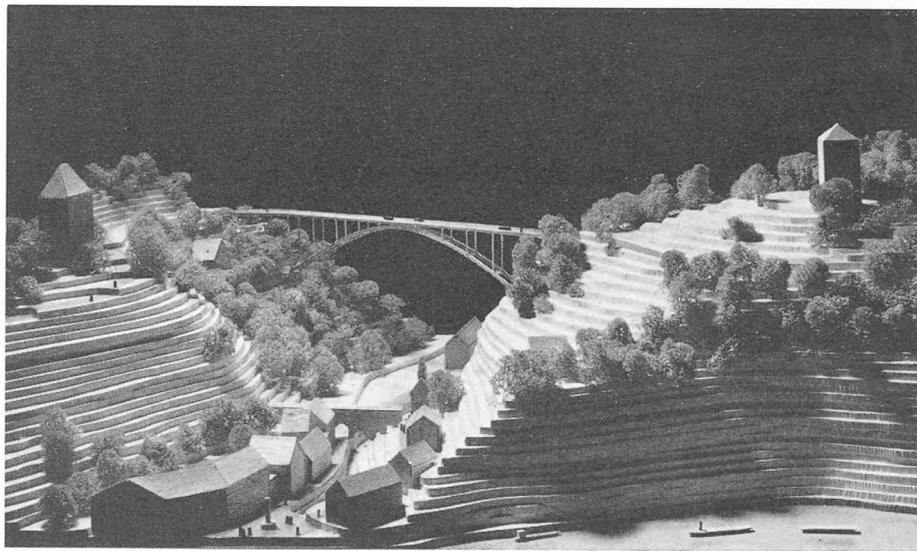


Fig. 23. — Maquette montrant la parfaite harmonie entre le pont métallique et le paysage du Gottéron.

Photo Vevey n° 3851.

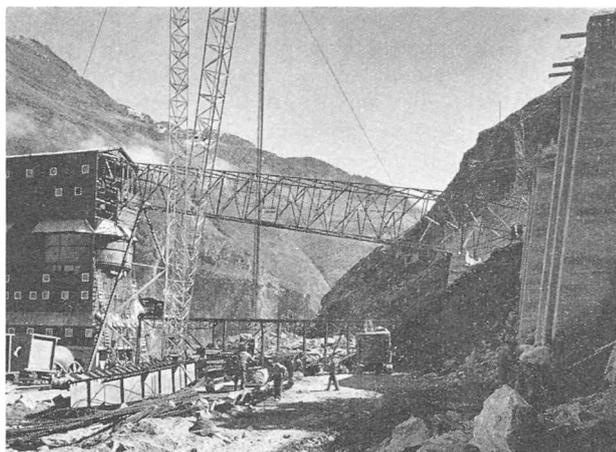


Fig. 24. — Chantier pour un grand barrage en haute montagne. Montage d'une passerelle entre silos à ballast et tour à béton.

Photo Vevey n° 3213.

ne présentait pas d'avantages par rapport aux deux cadres superposés à double rotule de la figure 5. Le montage, réalisé par une grue automobile, a été particulièrement facile : les cadres supérieurs ont été amenés d'une pièce et placés directement sur les cadres inférieurs transportés en trois parties, boulonnés préalablement et soudés sur place comme à la Cipag. Pour transmettre correctement au béton la poussée horizontale des cadres, on a soudé sur place, aux plaques d'appuis, des peignes spéciaux préparés en atelier. Ces peignes étaient formés chacun de quatre fers ronds avec crochet d'extrémité, soudés sur un plat convenablement entaillé.

Une particularité intéressante de la halle Guigoz réside dans le premier cadre mis en place et destiné à supporter le bâtiment annexe en maçonnerie, également avec une surcharge de 1000 kg/m^2 à tous les étages. Les figures 5 et 6 montrent ce cadre de 14,0 m de portée théorique, formé de deux béquilles et d'une poutre horizontale à quatre panneaux du type Vierendeel, permettant un passage aisé de la halle au bâtiment annexe. Pour le transport, il a fallu prévoir quatre éléments, soit chacune des deux béquilles avec le départ du premier panneau, la moitié supérieure et la moitié inférieure de la poutre horizontale. Les sept joints soudés au montage ont été soumis à un contrôle partiel par gammagraphie.

Un toit en éternit correctement exécuté exige une pente assez forte. Les cadres ordinaires à double rotule seraient alors très lourds. On les allège considérablement par un tirant horizontal attaché au sommet des béquilles. C'est la solution choisie pour la halle double exécutée en 1954 pour la Société anonyme des Ateliers de Sécheron, à Genève (fig. 7, 8 et 9).

Dans un bâtiment de grande hauteur par rapport à sa largeur, l'effet cadre diminue considérablement. En vue d'alléger la construction, il y aura intérêt à encastrier les pieds des colonnes. Ce principe a été adopté en 1954 pour la halle de montage des turbines hydrauliques aux Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey (fig. 10, 11 et 12). Une description plus détaillée de la halle en question a paru dans le *Bulletin technique Vevey* 1956.

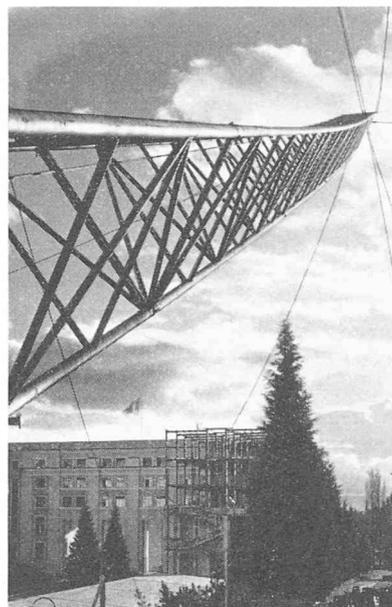


Fig. 25. — Hissage du mât d'un derrick de montage.

Photo Vevey n° 2684.

De nos jours encore les toits en sheds sont très appréciés dans l'industrie, où l'éclairage joue un rôle important. La répétition des dents de scie aurait tendance à donner une impression quelque peu tourmentée. Il faut surtout éviter de l'aggraver par des poteaux intermédiaires trop nombreux. La figure 13 montre une toiture en shed réalisée récemment pour la maison Jacot-Des Combes S. A., à Bienne, avec seulement deux poteaux intermédiaires pour une surface théorique de $42 \times 50 \text{ m}$. Un nouvel agrandissement, avec toiture en shed, exécuté en 1955 pour la Fabrique de Produits Firestone, à Pratteln, près de Bâle, est représenté à la figure 14. Dans les deux cas, la suppression des colonnes intermédiaires a été obtenue par des fermes principales perpendiculaires aux sheds et par des sommiers transversaux⁸. Pour obtenir les fermes principales, il suffit de renforcer certains éléments des sheds et d'ajouter une membrure supérieure extérieure⁹, qu'il est recommandable et peu onéreux de zinguer.

Comme ossature métallique de bâtiment, nous citons tout d'abord une charpente qui vient d'être montée à La Chaux-de-Fonds pour les « Nouveaux Grands Magasins S. A. » (fig. 15 et 16). Quant à la figure 17, elle donne une idée des effets architecturaux d'une charpente métallique moderne ; il s'agit du nouveau bâtiment du Synchro-Cyclotron construit il y a quelques mois près de Genève pour l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN).

En ce qui concerne les pylônes, les silhouettes tendent aussi à plus de simplicité et d'élégance (fig. 18). Une ligne plus moderne s'impose également et de plus en

⁸ L'ancienne construction était supportée par de nombreux poteaux intermédiaires. Cf. à ce sujet l'article de R. Lehmann, ingénieur, intitulé « Charpentes métalliques » et publié dans le *Bulletin technique Vevey* 1953.

⁹ Une construction analogue est décrite plus à fond dans le *Bulletin technique Vevey* 1949, n° 1, ou dans le tirage à part intitulé : « Charpente de toitures en sheds », par R. Lehmann, ingénieur.

plus pour les vannes ¹⁰ (fig. 19) et les ponts roulants ¹¹ (fig. 20 et 21).

Nous ne voudrions pas terminer ce rapide aperçu de quelques constructions modernes exécutées par les Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey, sans montrer deux images caractéristiques du projet présenté à fin 1954 pour le nouveau pont sur le Gottéron, à Fribourg. Il s'agit d'un arc métallique très tendu de 119 m de portée et 23 m de flèche. L'arc proprement dit est formé de deux nervures en caisson de 1,60 m de hauteur et de 0,80 m de largeur. Il n'y a pas de contreventement à treillis, mais un solide entretoisement formant une échelle du type Vierendeel (fig. 22). Les colonnes sont également en caisson; elles supportent deux longerons en poutrelles de Differdange. Des entretoises relient les longerons au droit des colonnes et au milieu de chaque travée. Toute la construction a été prévue entièrement soudée, ce qui supprime le remplacement en service des rivets défectueux. Une dalle en béton forme la chaussée de 6 m de largeur et les trottoirs de 1,70 m. Cette dalle, armée dans les deux sens, s'appuie sur les longerons et les entretoises. Pour augmenter la rigidité transversale du pont, les colonnes sont entretoisées et renforcées au droit des culées pour former un cadre Vierendeel. La plus grande attention a été portée pour que le nouveau pont soit en parfaite harmonie avec le paysage (fig. 23), qu'un ouvrage trop massif, ou trop voyant, déparerait complètement ¹². On s'est en particulier efforcé de conserver la finesse des lignes du pont suspendu actuel. Le montage en porte-à-faux a été étudié très en détail, vu son importance sur le prix.

Dans les images que nous venons de décrire brièvement, le lecteur voudra bien prendre garde aux engins

¹⁰ Pour plus de détails on se reportera à l'article cité à la note 7.

¹¹ Cf. Dipl. Ing. E. Woywod : *Konstruktion und Vergleichsträgheitsmoment I_{yy} des W-Trägers*, Der Stahlbau, Okt. 1955.

¹² Cf. l'article de M. Pierre Barras, rédacteur, paru dans le journal *La Liberté*, de Fribourg, le jeudi 26 mai 1955 et intitulé : « La reconstruction du pont du Gottéron, Pont de pierre contre pont de fer ».

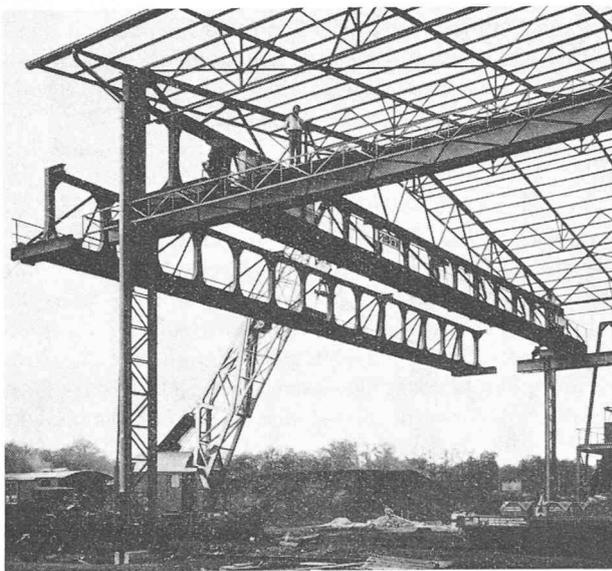


Fig. 26. — Mise en place de la deuxième moitié du pont roulant pour le nouveau parc à coke de l'Usine à gaz de Genève.

Photo Vevey n° 3623.

de levage utilisés pour le montage sur place. A l'heure actuelle, cette question est capitale. En effet, les ateliers disposent de moyens importants et travaillent dans d'excellentes conditions, à l'abri des intempéries. Il faut donc limiter au strict minimum le travail sur place, sensiblement plus long et beaucoup plus onéreux. La force et la portée de l'engin de montage à disposition fixeront très souvent les pièces, ou les tronçons de pièces, entièrement exécutables en atelier. Quelquefois les questions de transport primeront cependant. Pour des charpentes légères, de faible hauteur ou de peu d'importance, l'engin de montage le plus approprié est sans conteste la grue automobile, pourvu que l'on puisse rouler sur le sol ou sur une dalle suffisamment robuste. S'il s'agit de charpentes importantes, de grande hauteur (fig. 24) ou de pièces très lourdes, on ne peut guère échapper à l'érection d'un derrick ¹³.

Il est juste de remarquer que cette érection n'est pas toujours facile, qu'elle dure plusieurs jours et entraîne de ce fait des frais non négligeables, sans compter les dépenses dues aux solides ancrages nécessaires à l'amarrage des haubans. Le montage à terre du derrick avec le bras lesté dans le prolongement du mât permet de hisser ce dernier à l'aide des treuils de l'engin, grâce à des renvois et à des chevalets auxiliaires. Le mât, une fois dressé, soulèvera le bras. La figure 25 montre l'instant toujours impressionnant où le câble de hissage du mât vient de décoller du grand chevalet auxiliaire. Le démontage se fait normalement en sens inverse de l'érection.

Pour terminer, nous donnons une vue d'un montage un peu spécial. Il s'agit d'un pont roulant, avec poutres principales entièrement soudées du type Vierendeel, pour le nouveau parc à charbon des Services industriels de Genève. La mise en place de chacune des deux moitiés de ce pont, fourni par les Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey, a été effectuée à l'aide du premier wagon-grue de 25 t, construit également à Vevey pour les Chemins de fer fédéraux.

L'avenir de la construction métallique en Suisse

Considérations particulières à la Suisse

Au début de cet article, nous avons recherché pourquoi la construction métallique n'a pas encore en Suisse la place qui lui revient. Les raisons données nous paraissent indiquer déjà les remèdes indispensables.

En ce qui concerne le public tout d'abord, il est évident qu'une propagande bien faite sera très utile. Rien ne vaudra cependant de bonnes réalisations, notamment du point de vue esthétique, où tout ce qui déplaît aujourd'hui dans les ouvrages anciens doit être évité. On devrait en outre faire mieux connaître l'importance des ateliers de construction métallique au sein de l'industrie suisse, qui permet de vivre au pays surpeuplé. Enfin, le public devrait savoir que des sommes importantes sont dilapidées chaque année, parce que l'on a

¹³ Les Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey disposent actuellement de deux grues automobiles NEAL, capables de soulever une charge d'environ 5 t à une hauteur de 8 m et de près de 4 t à 15 m approximativement. Ces grues à une seule cabine sont très maniables et virent presque sur place. Comme elles roulent lentement sur route, il est plus rationnel de les transporter sur une remorque basse. Les Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey disposent également de deux derricks tubulaires à triple membrure. Leur mât atteint une hauteur de 50 m, tandis que leur bras peut soulever une charge de 12 t avec un rayon d'action de 28,5 m et de 8 t à 35 m.

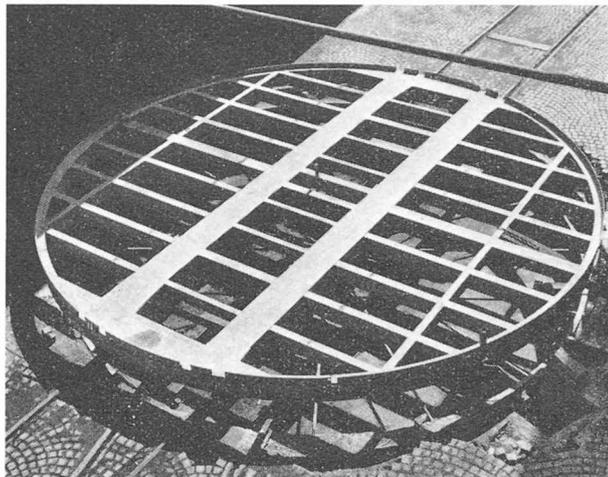


Fig. 27. — Charpente de plaque tournante.

Photo Vevey n° 3435.

écarté d'emblée la construction métallique ou, tout au moins, pas pris la peine d'en étudier sérieusement les possibilités. Qu'il s'agisse d'administrations ou de simples particuliers, les sommes ainsi perdues par les maîtres d'œuvre sont une perte sèche pour l'économie nationale.

En général, les maîtres d'œuvre sont sensibles à l'esthétique. Mais ils le sont encore bien davantage aux questions de prix. Il y a donc lieu d'attirer leur attention sur les sommes que la construction métallique permet d'économiser, plus fréquemment qu'on ne le pense. Il s'agit tout spécialement des avantages indirects et méconnus dont nous avons parlé : grandes portées, économie de place et facilités diverses qui en résultent, prix et sécurité des fondations, possibilités de transformations et de renforcement. Il faudrait également citer le montage en hiver, dont on abuse d'ailleurs. Il permet en effet de gagner du temps et par conséquent de l'argent, malgré certains frais complémentaires qu'il occasionne.

Quant aux ingénieurs, il faut qu'une collaboration véritable prenne naissance entre les constructeurs et les bureaux qui le désirent. Cette collaboration doit être basée sur la conscience professionnelle, la bonne foi réciproque, une parfaite loyauté, beaucoup de bonne volonté et de compréhension mutuelle.

Pour commencer, les bureaux privés doivent abandonner l'idée que le métal est à utiliser seulement quand il n'y a plus d'autre solution ; mais, de leur côté, les constructeurs doivent fournir aux ingénieurs les renseignements dont ils ont besoin et que l'on considère trop souvent comme des secrets. Nous pensons en tout premier lieu aux questions techniques telles que le contrôle et l'essai des matériaux, le choix des électrodes, les attaches, joints et soudures. Pour faciliter le travail des ingénieurs indépendants, une certaine normalisation nous paraît souhaitable, quelques habitudes des constructeurs tournant parfois à la manie devant être alors abandonnées. Nous pensons en second lieu à la question des prix. A l'heure actuelle l'ingénieur indépendant n'a pas en mains les bases suffisantes pour estimer correctement le coût d'un ouvrage métallique et pour établir une comparaison valable entre diverses variantes. Il est donc obligé chaque fois de consulter un constructeur

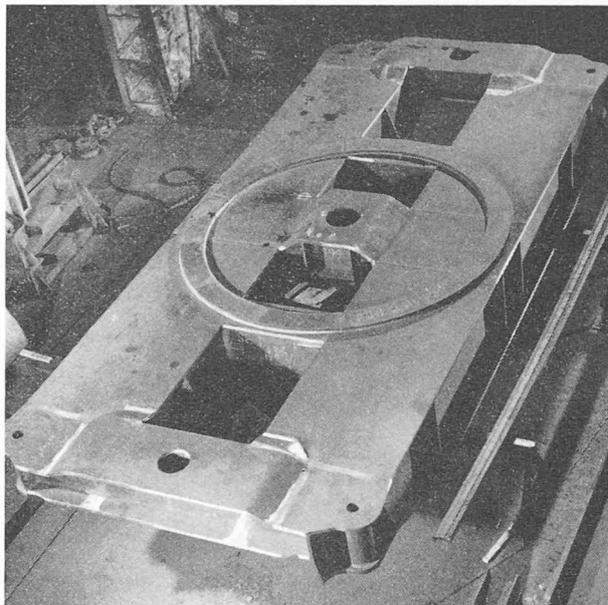


Fig. 28. — Châssis complètement soudé pour un wagon-grue. Partie centrale du châssis.

Photo Vevey n° 3208

et de le consulter à nouveau à chaque modification notable, car le travail d'atelier par tonne de charpente peut varier à lui seul du simple au quadruple suivant l'importance du traçage, du découpage, du perçage, de l'assemblage et surtout du soudage. La mise au point des bases en question nous paraît dès lors indispensable, quoiqu'il s'agisse là d'un travail difficile et délicat¹⁴.

Il est évident que la collaboration avec les ingénieurs indépendants ne signifie nullement que les constructeurs devraient un jour supprimer complètement leurs propres bureaux techniques. Ces derniers sont en effet déjà nécessaires pour l'exécution des plans d'atelier proprement dits¹⁵, que les bureaux privés ne fournissent pas en règle générale. Ils sont en outre indispensables à tous les constructeurs qui travaillent dans les domaines annexes de la charpente métallique et en chaudronnerie (fig. 27, 28 et 29)¹⁶. Enfin il faut bien dire que, si la construction métallique suisse est souvent prise comme modèle à l'étranger, le mérite en revient en tout premier lieu à la haute qualification des bureaux techniques des constructeurs.

En ce qui concerne les concours, il serait désirable que les maîtres de l'ouvrage en organisent chaque fois

¹⁴ On pourrait songer peut-être à une « Série de prix » analogue à ce qui se fait dans le bâtiment. On aurait alors des suppléments de prix par trou de diamètre et de profondeur donnés, par cm² de section découpée, par kilogramme de soudure déposée, par élément assemblé en atelier, etc. Ces suppléments de prix s'appliqueraient à la tonne de charpente ; ils varieraient suivant la catégorie et l'importance du travail. De toute manière, ce système ne devrait jamais figurer dans les demandes d'offres et les offres de charpente métallique. Il y a en effet tout lieu d'en rester, outre le forfait, au système actuel d'un ou de quelques prix unitaires seulement, car cette méthode simplifie beaucoup les décomptes et évite les contestations. Par contre, on peut se demander si les constructeurs de charpentes métalliques ne devraient pas s'inspirer davantage des méthodes de génie civil, plutôt que de celles de l'industrie des machines, pour le calcul de leurs prix de revient et pour leur comptabilité.

¹⁵ Dans les pays voisins, on ne fait généralement pas de plans d'atelier proprement dits. Ce sont les traceurs qui exécutent ce travail sur gabarits. Les plans d'atelier peuvent dès lors être considérés comme une partie intégrante du travail à fournir par le constructeur.

¹⁶ Pour la description de la conduite forcée de Canastra, Brésil (fig. 29), on se reportera à la note 7.

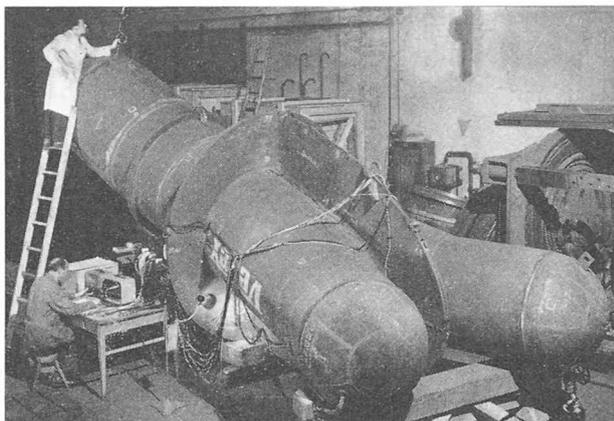


Fig. 29. — Conduite forcée de Canastra, au Brésil. Essai en atelier d'une des culottes inférieures. Mesures extensométriques par jauges à fil résistant¹⁶.

Photo Vevey n° 3845.

que la chose est avantageuse pour eux et que les chances des participants sont sérieuses et égales pour tous. Nous pensons en particulier au programme des grands travaux, qui devra être exécuté tôt ou tard, et tout spécialement aux autoroutes, dont la nécessité est de moins en moins contestée. Il serait souhaitable, pour le bien du pays, que la construction métallique ne soit pas frustrée de la part qui, techniquement et économiquement, doit lui revenir. Il faudra bien entendu veiller que les concours et les soumissions se déroulent de manière tout à fait correcte.

Il serait aussi désirable que les maîtres d'ouvrage et les ingénieurs redoublent d'attention, afin d'obtenir les conditions les plus intéressantes pour les travaux toujours importants de génie civil accompagnant chaque ouvrage métallique. La chose n'est certes pas facile, surtout lorsque les entrepreneurs de génie civil entrevoient la possibilité de tout construire en béton.

Nous voudrions enfin émettre un vœu en ce qui concerne l'organisation du marché dans notre pays : c'est que l'industrie sidérurgique s'efforce de mieux tenir compte des nécessités propres de la construction métallique, quoique cette dernière soit un consommateur modeste¹⁷.

Considérations générales

Aux Etats-Unis d'Amérique, seul le métal est considéré comme un matériau vraiment moderne par les hommes de l'art comme par les profanes¹⁸. Cela s'explique aisément, si l'on songe que la technique n'avait pas à se dégager là-bas de traditions millénaires. L'avantage du métal est de se prêter admirablement à la préfabrication dans des ateliers bien équipés et travaillant dès lors à bon marché. Mais le métal, matériau porteur de par sa résistance élevée, exige la création de matériaux de remplissage adéquats, c'est-à-dire peu

coûteux et faciles à mettre en place. C'est la raison pour laquelle les panneaux et planchers métalliques standard¹⁹ jouissent aux Etats-Unis d'une telle vogue, alors qu'en Europe nous en sommes restés à la maçonnerie traditionnelle, à part quelques agglomérés. On peut être certain que la voie tracée s'imposera fatalement au reste du monde, lorsque l'équipement industriel des différents pays sera aussi poussé qu'en Amérique du Nord.

En outre, on peut dès maintenant penser que le développement de la construction métallique sera favorisé par les deux facteurs suivants²⁰. Il s'agit tout d'abord de l'amélioration des caractéristiques des aciers, notamment en ce qui concerne les aciers à haute résistance, actuellement d'un usage exceptionnel en charpente métallique proprement dite. Il s'agit ensuite de l'utilisation accrue des métaux légers. On notera à ce sujet l'effort gigantesque des producteurs d'aluminium pour abaisser le prix de ce produit, en construisant des usines là où le courant électrique, facteur capital de ce prix, sera produit à très bon compte.

Le degré de modernisation des ateliers jouera sûrement un rôle déterminant dans la lutte pour la compression des prix de revient. Aucun constructeur soucieux de l'avenir ne devrait l'oublier, malgré les sommes considérables à investir pour moderniser et rénover ses ateliers. Cette modernisation devrait avoir, comme premier but, une implantation parfaite des locaux et des parcs de stockage en vue d'assurer la fluidité de la fabrication et d'éviter de coûteux manœuvres.

Qu'il nous soit permis de terminer cet article par un problème qui touche actuellement l'ensemble de la construction. Il s'agit des délais de plus en plus courts imposés, d'une part par les maîtres d'œuvre, et d'autre part par la concurrence effrénée, malgré la conjoncture favorable. Ces délais trop courts font qu'à des périodes de surcharge extraordinaire succèdent immédiatement de grands vides. Il est évident que ces à-coups coûtent fort cher et devraient être évités, puisqu'il en résulte pour la communauté une perte sèche de production. De plus ils créent un climat psychologique malsain et beaucoup de nervosité, depuis le chef d'entreprise au simple manœuvre. Il s'agit là malheureusement d'un phénomène provenant des délais à l'américaine, que l'on veut réaliser avec des habitudes européennes. En effet, aux Etats-Unis, les plans sont complètement terminés²¹ avant le début des travaux et aucun changement n'est ensuite toléré. En Europe, au contraire, chacun s'ingénie, dans le programme général, à diminuer le temps nécessaire aux différentes études et à leur coordination en faisant chevaucher études et travaux. Il faut espérer que, dans ce domaine des délais également, le sens de l'économie et le bon sens tout court des Européens finiront tout de même par triompher.

Bulle, le 25 février 1956.

¹⁷ La construction métallique n'absorbe guère que 6 à 8 % de la production d'acier, même dans les pays où l'industrie sidérurgique est florissante. Parmi les inconvénients actuels du marché de l'acier, on notera ici que les profilés du stock suisse vendus par les marchands sont toujours livrés sans garantie (qualité dite 00). S'il s'agit d'éléments importants, le constructeur est dès lors obligé de procéder lui-même et à ses frais aux contrôles indispensables.

¹⁸ Cf. « La construction métallique aux Etats-Unis », compte rendu d'une mission française, l'*Usine Nouvelle*, octobre 1955, ou *Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics*. On consultera aussi avec intérêt l'article suivant, publié également dans l'*Usine Nouvelle*, avril 1955 : « L'expérience de l'industrie de la construction métallique. Une optique nouvelle dans la conception de la productivité », par M. G. d'Abouville.

¹⁹ Cf. « Sur quelques points particuliers relatifs aux bâtiments à étages multiples », de M. le professeur Cosandey, dans les *Mitteilungen T.K.V.S.B.*, n° 12 (Mehrgeschossbauten und Hochhäuser).

²⁰ Il est bien difficile de prévoir quels progrès le béton fera lui aussi et quel sera le domaine du précontraint. Pour ce dernier, il faudrait s'attendre en bonne logique à ce que l'on remplace un jour ou l'autre le béton, à la résistance médiocre, par un matériau plus évolué aux caractéristiques meilleures, une matière plastique ou synthétique quelconque.

²¹ Cf. l'article de la note 18 où M. Tangre dit au chapitre « Les Etudes » ce qui suit : « Aux U.S.A., cette étude... est tellement poussée dans les détails et jusqu'aux sujétions de chantiers, que le constructeur n'a plus qu'un travail de dessinateur détaillant, d'où un allègement supplémentaire de son bureau de dessin, lequel est à peu près dépouvé de projets. »