Possibilités dans la construction des bâtiments à ossature métallique: influence des détails sur le coût des constructions métalliques

Autor(en): **Huber, Konrad, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **100 (1974)**

Heft 20: **Holz 74**

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-72133

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Possibilités dans la construction des bâtiments à ossature métallique

Influence des détails sur le coût des constructions métalliques

par KONRAD M. HUBER, Winterthour[1]

1. Evolution des prix dans la construction métallique

« Quelle influence favorable mon projet peut-il exercer sur le coût d'une construction métallique ? » Voilà la question que se pose l'ingénieur qui, dans son activité pratique, fait régulièrement ou occasionnellement l'étude d'une charpente en acier. Avec la tendance actuelle à la hausse des salaires et des frais de construction, il apparaît plus que jamais important d'éclaircir cette question.

Montrons tout d'abord, à l'aide de quelques diagrammes, l'évolution de la construction métallique suisse durant ces quinze dernières années (fig. 1). Pendant cette période, le poids total des constructions exécutées a plus que doublé et leur coût total a triplé. Depuis 1965, en particulier, on constate une augmentation qui coïncide avec le développement global de la construction en Suisse. Sur le plan de l'évolution des prix, la construction métallique soutient avantageusement la comparaison avec les autres modes de construction (fig. 2). Bien que les coûts des constructions dépendent dans une large mesure des prix des matières premières, on peut constater une évolution favorable de ces coûts par rapport à celle des salaires, de l'indice des prix de la construction et même de l'indice des prix à la consommation. Les constructions métalliques sont actuellement, à quelques fluctuations près, relativement meilleur marché qu'il y a quinze ans, comme le montre une comparaison des indices.

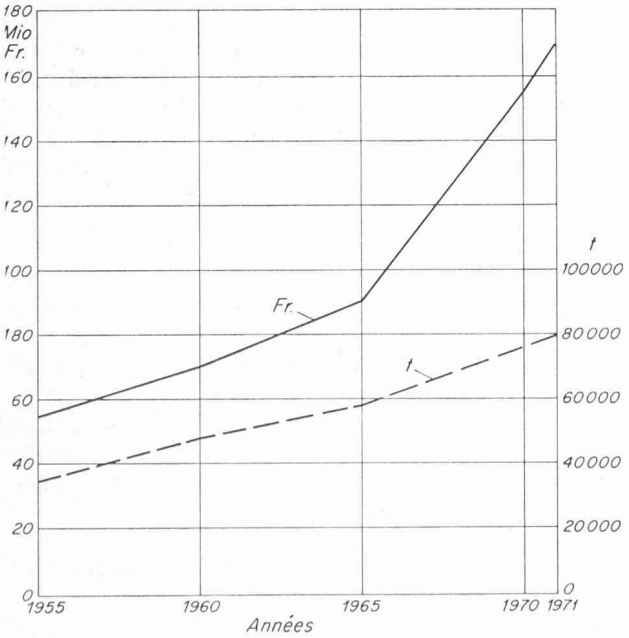


Fig. 1. — Production de la construction métallique suisse de 1955 à 1971 (sans la chaudronnerie).

[1] Conférence présentée aux Journées d'études du groupe spécialisé des ponts et charpentes de la SIA (20 et 21 octobre 1972, à Zurich).

Les retards gênants dans *la livraison des matériaux*, qui avaient pris des proportions inquiétantes en 1970, sont revenus actuellement dans des limites raisonnables. Les salaires présentent, eux, la hausse connue qui pousse souvent le maître de l'ouvrage et le projeteur à investir dans des valeurs matérielles.

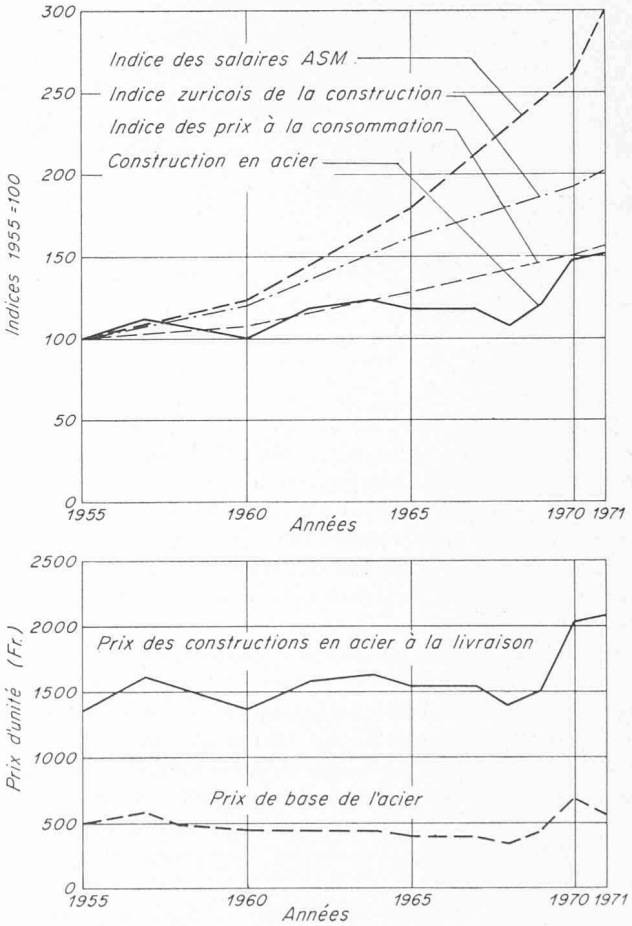


Fig. 2. — Evolution du coût de la construction métallique de 1955 à 1971 : indices de comparaison et prix unitaires.

Quelles raisons ont-elles contribué à cette constance réjouissante des prix, prise à long terme ? Les *usines de laminage* ont poussé à l'utilisation rationnelle des produits laminés grâce à une meilleure qualité des matériaux et à un choix plus large de profilés (fig. 3). En plus de l'apparition de nouvelles sections, comme les tubes rectangulaires, on peut de nos jours obtenir avant tout des profilés lourds à larges ailes pour poteaux ainsi que des profilés légers PE allant jusqu'à 750 mm de hauteur. Certaines entreprises sont même prêtes, lors de commandes importantes, à laminer des profilés de dimensions non normalisées, ce qui permet une large adaptation des sections. La concurrence que se livrent les diverses entreprises d'Europe occidentale

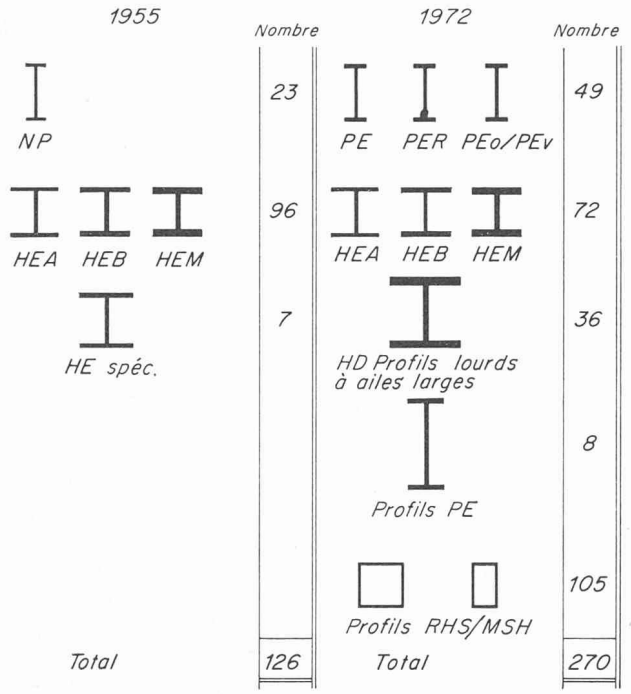


Fig. 3. — Assortiment de profilés pour poutres et colonnes. A gauche : en 1952 ; à droite : en 1972.

accentue cette tendance et laisse entrevoir pour l'avenir d'intéressantes possibilités liées à une nouvelle normalisation des profils.

On peut, en première analyse, caractériser la rationalisation introduite dans *l'exécution des constructions métalliques*, pendant les quinze dernières années, par les heures de travail utilisées par tonne de charpente fabriquée (fig. 4).

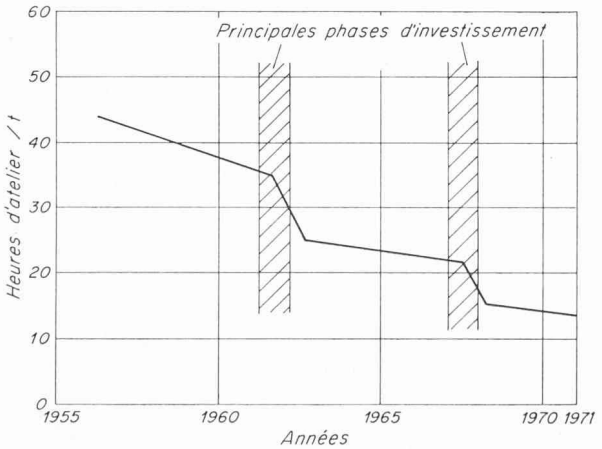


Fig. 4. — Rationalisation dans l'exécution de constructions métalliques de 1955 à 1971.
Le nombre d'heures de travail par tonne de charpente posée a pu être réduit à un tiers par l'introduction de moyens de production mécanisés. Le diagramme ci-dessus montre le nombre d'heures de travail nécessaires à la pose d'une tonne d'acier laminé pour une charpente.

En quinze ans, certaines entreprises ont pu réduire ce facteur de deux tiers. Le progrès n'est pas dû à la seule amélioration des méthodes de fabrication semi-automatique ou automatique, mais également à la volonté du projeteur, lors de la conception du projet, d'économiser du travail.

Alors que précédemment l'économie de matière constituait une règle essentielle, vu la valeur élevée du rapport du prix de la matière à celui de la main-d'œuvre, aujourd'hui toute conception économique d'un projet est basée avant tout sur la réduction de la main-d'œuvre nécessaire. Les temps sont révolus où le but final d'un projet consistait en un montage artisanal d'une construction métallique légère.

On peut expliquer cela de manière évidente par le rapport du coût des matériaux au coût de la main-d'œuvre, comme cela ressort de la figure 5. Alors qu'en 1955 le coût de 70 heures de travail pouvait correspondre à l'économie d'une tonne d'acier laminé, ce chiffre est tombé à 20 heures en 1971. Dans ces chiffres sont pris en compte les amortissements importants rendus nécessaires par un degré de mécanisation plus poussé.

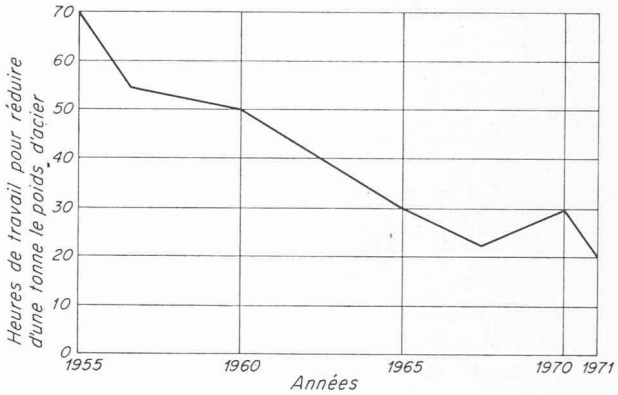


Fig. 5. — Evolution du nombre d'heures pouvant être utilisées en vue d'économiser une tonne de matière. L'importance des frais de salaires montre la nécessité de construire en vue d'un nombre d'heures de main-d'œuvre minimal.
Dans les frais de main-d'œuvre sont compris : salaires, frais généraux liés aux salaires, amortissements et intérêts sur les investissements, frais généraux des ateliers (électricité, chauffage, etc.), frais d'entretien.

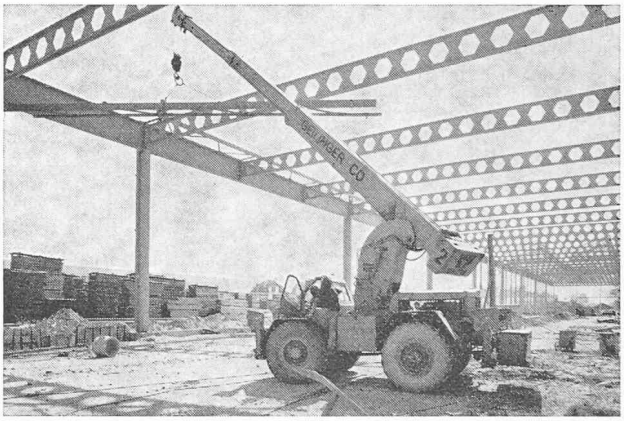


Fig. 6. — Les grues automobiles modernes ont largement contribué à rationaliser le montage.

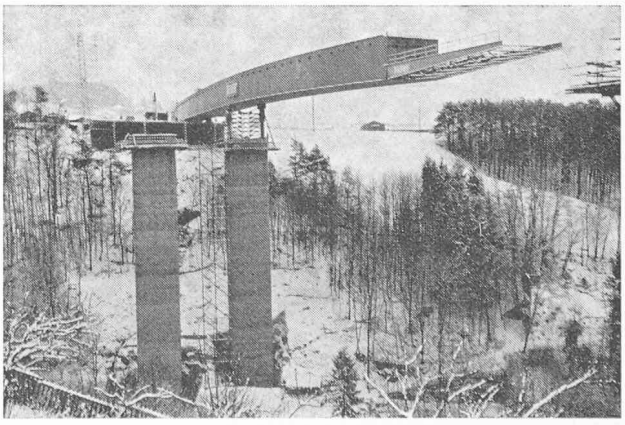


Fig. 7. — Lancement d'une poutre maîtresse. De nouvelles méthodes de montage réduisent les frais et augmentent la sécurité.

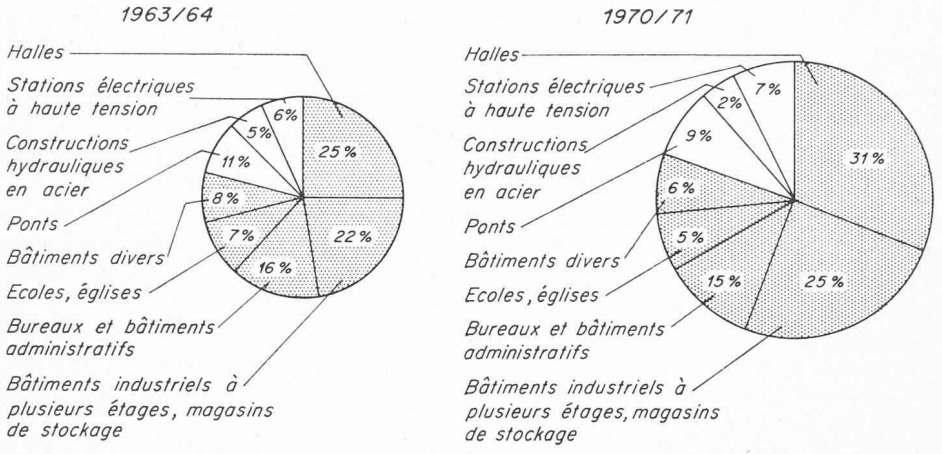


Fig. 8. — Répartition du chiffre d'affaires des différents domaines de la construction métallique (sans la chaudronnerie). Comparaisons entre 1963-64 et 1970-71. Les charpentes métalliques de bâtiments (segments hachurés)représentent 80 % du marché.

Troisièmement, d'appréciables gains de travail ont été obtenus durant ces quinze dernières années lors du *montage* lui-même. Des autogrues maniables et fonctionnelles ont remplacé les embarrassants derricks ou bigues d'autrefois. De nouvelles méthodes de montage ont été mises au point, comme le montre clairement l'exemple de la figure 7.

2. Classification de la production de la construction métallique

Les statistiques du Centre suisse de la construction métallique ont permis d'établir la répartition des chiffres d'affaires relatifs aux différents domaines de ce genre de construction, abstraction faite du domaine important que représente la chaudronnerie (fig. 8).

La place prépondérante (80 %) qu'occupe le bâtiment à ossature métallique est frappante. Nous allons donc concentrer plus particulièrement notre attention sur le domaine du bâtiment et moins sur celui des ponts.

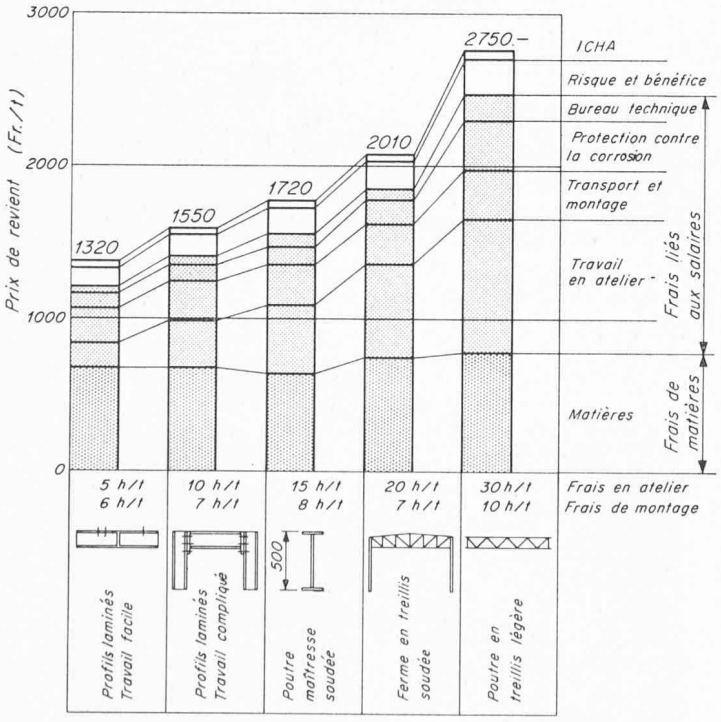


Fig. 9. — Influence des coûts d'atelier et de montage sur le prix de revient des constructions métalliques. Diagramme établi sur la base des prix de l'été 1972, d'une fabrication en grande série et en supposant que toutes les simplifications possibles ont été considérées.

3. L'importance des détails de construction et leur conformation

Après cet aperçu général, nous allons examiner plus attentivement les différentes formes de construction. La figure 9 établit une comparaison sur le plan des heures de travail exigées pour différentes parties de construction.

Le prix d'une construction en acier est essentiellement déterminé par le coût des matériaux, le travail en atelier, le transport et le montage, la protection anticorrosive, les frais du bureau technique et d'administration, le risque et le bénéfice ainsi que l'impôt sur le chiffre d'affaires.

Le prix final peut varier dans le rapport de 1 à 2 selon l'importance du travail nécessaire. Puisque le prix des matériaux ne varie que très peu, il faut attribuer ces différences de prix exclusivement aux frais élevés de travail, ce qui est encore représenté en pourcentages à la figure 10. Ce travail est déterminé en premier lieu par les assemblages fortement sollicités, qu'il s'agisse de joints soudés ou boulonnés faisant partie d'un élément de construction ou de la liaison de deux éléments au montage.

Dans quelle mesure l'ingénieur et le dessinateur projeteur peuvent-ils participer à la réduction de ces frais ?

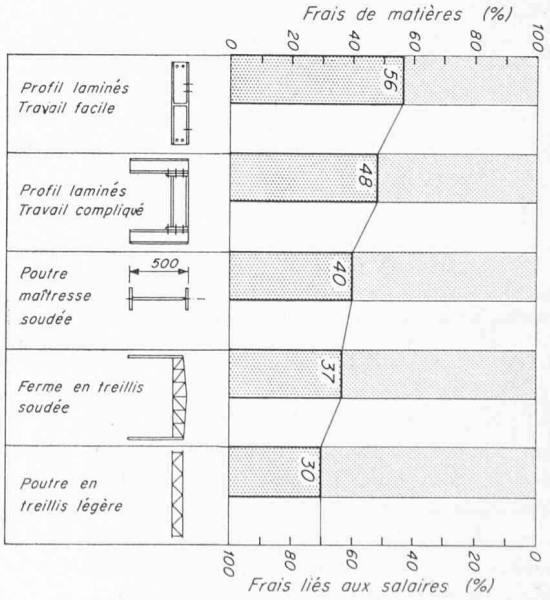


Fig. 10. — Pourcentage de frais liés aux salaires et aux matières pour différents éléments de construction. Les frais résultant des salaires prévalent pour les constructions légères.

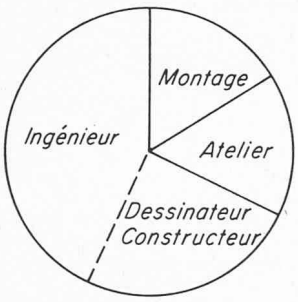


Fig. 11. — Relation entre les possibilités d'économie de travail dans les différents services.

Le diagramme de la figure 11 montre les possibilités d'économie dans les différents secteurs de la réalisation.

L'économie réalisable en ce qui concerne la conception et l'établissement du projet de la charpente constitue environ les deux tiers des économies possibles ; autrement dit, même à l'aide des méthodes de fabrication les plus rationnelles et des conditions optimales de montage, il est difficile de réduire sensiblement le prix d'une structure porteuse bien conçue. Cette constatation montre qu'il appartient à l'ingénieur et au dessinateur projeteur de trouver les solutions les plus économiques, avec la particularité que dans une construction en acier ces économies sont réalisées au niveau de la conception des détails et de l'assemblage des différents éléments. C'est la raison pour laquelle les entreprises de construction métallique s'occupent particulièrement de ces détails et mettent tout en œuvre pour les simplifier. Il est donc nécessaire d'encourager la collaboration entre les entrepreneurs, les ingénieurs et les architectes lors de la réalisation des détails de la construction et aucun d'eux ne devrait se préoccuper de garder des secrets.

4. Possibilités de compression des prix offertes à l'ingénieur et au dessinateur projeteur

Les possibilités qui s'offrent à l'ingénieur et au dessinateur projeteur de réaliser une construction métallique ne nécessitant qu'un travail réduit sont les suivantes :

Projet de l'ingénieur

— un système statique clair et simple ;
— liaisons et nœuds, exécutés en atelier et au montage, soigneusement adaptés aux profilés ;
— uniformisation dans le choix des profilés de manière à obtenir des prix réduits des matériaux à la commande ;
— représentation pratique des procédés de montage, compte tenu d'une utilisation rationnelle des dispositifs de montage, en particulier des engins de levage.

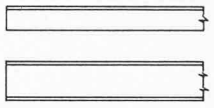
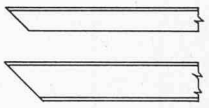
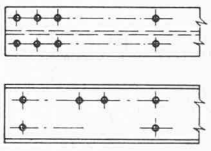
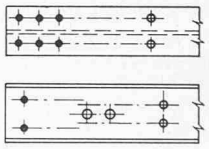
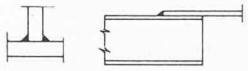
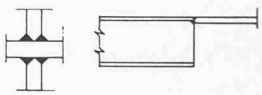
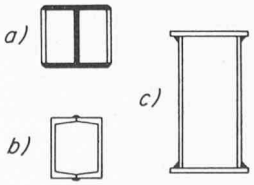
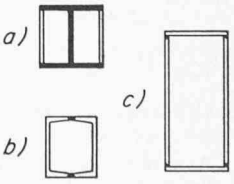
Structure de la construction

— solution bien conçue des détails de la construction pour le système statique donné, permettant de simplifier la fabrication surtout si l'on a un grand nombre d'éléments ;
— utilisation des assemblages normalisés ;
— discussion avec les responsables de la préparation du travail afin d'adapter les pièces (longueur, largeur, conceptions des détails) aux possibilités de l'atelier ;
— détermination du procédé de montage ; choix de la grandeur des éléments (longueur, largeur, poids) en fonction du transport et de la capacité des engins de levage ;
— disposition et conception des assemblages réalisés au chantier en relation avec le procédé de montage ;
— prise en considération des tolérances (profilés et exécution).

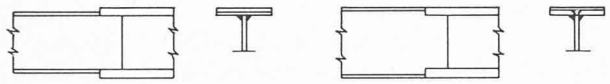
En ce qui concerne le projet établi par l'ingénieur, la solution la plus économique dépend, dans la plupart des cas, de la clarté et de la simplicité du système statique choisi. Le dessinateur projeteur doit chercher avant tout, pour les détails de la construction, les solutions en accord avec les particularités des travaux d'atelier et de montage sur place. C'est par la simplification de détails apparaissant plusieurs fois dans une même construction que l'on peut réaliser des économies appréciables. Les tableaux I et II mettent en évidence quelques possibilités concrètes d'économie de travail se rapportant aux conditions rencontrées en atelier et pendant le montage au chantier.

TABLEAU I

Exemples de réalisations en atelier propres à réduire le travail nécessaire

Solutions demandant peu de travail	Solutions demandant plus de travail
1. Opérations de base	
1.1 *Coupes*	
	
Coupe droite.	Coupe biaise.
1.2 *Perçages*	
	
Boulons de diamètre uniforme pour l'élément considéré. Trous dans l'âme et les ailes alignés.	Boulons de diamètres différents pour l'âme et l'aile : changement de mèche ! Trous dans l'âme et les ailes non alignés : source d'erreurs !
1.3 *Soudures*	
Soudures d'angles.	Soudures en bout.
	
Pas de préparation nécessaire, contrôle aisé du cordon.	Préparation nécessaire, soudure exacte du cordon indispensable.
2. Sections assemblées	
2.1 *Caissons*	
	
a) Larges plats avec soudures d'angle : problèmes de tolérances éliminés ! *b)* Cordons de soudure non retouchés. *c)* Soudures d'angle.	*a)* Larges plats ajustés : ajustages nécessaires à cause des tolérances des profilés. *b)* Cordons de soudure retouchés. *c)* Soudures à cœur.

2.2 *Poutres soudées*

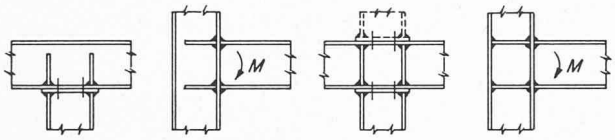


Les âmes de hauteur uniforme facilitent l'assemblage et le soudage des ailes. Soudure longitudinale d'angle !

Des poutres de mêmes dimensions extérieures nécessitent plus de travail de préparation de l'âme.

3. Détails d'assemblages

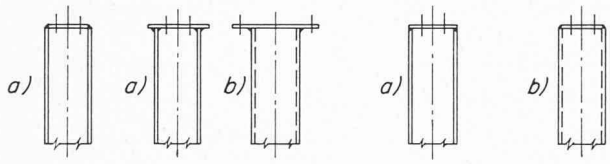
3.1 *Assemblages de poutrelles*



Sauf cas de nécessité statique, pas d'ajustage des nervures, à cause des tolérances.

Ajustage des nervures seulement en cas de nécessité statique.

3.2 *Attaches de colonnes*



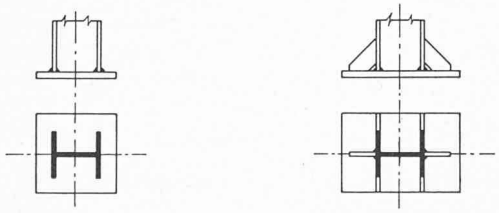
a) Fixation de la plaque de tête par soudures d'angle.

b) Disposer les boulons à l'extérieur des caissons.

a) Plaque de tête ajustée, exigeant une préparation pour la soudure.

b) Eviter les boulons ou écrous soudés : vulnérables !

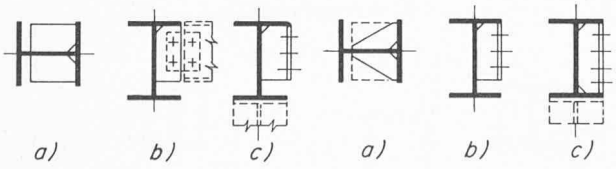
3.3 *Pieds de colonnes*



Plaque de base simple, épaisse.

Plaque de base nervurée : travail de préparation onéreux, économie de matière insignifiante.

3.4 *Détails*



a) Utilisation de fers plats pour les nervures.

b) Assemblage au moyen de couvre-joints d'âme : simple pour l'atelier et le montage.

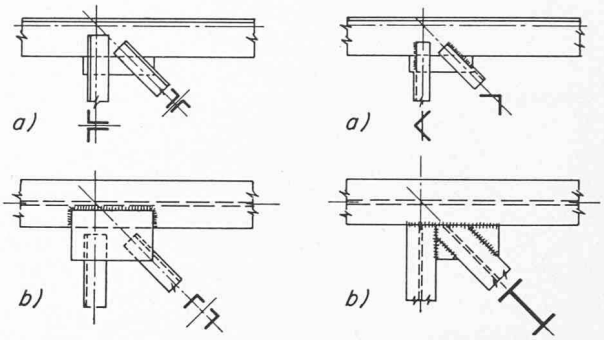
c) Si un assemblage de profilés en T est nécessaire : soudure d'angle.

a) Nervures avec chutes supplémentaires.

b) et *c)* Profilés T alignés, exigeant une préparation pour le soudage.

c) Profilés en T ajustés seulement en cas de nécessité statique. Les tolérances des profilés exigent un ajustage.

4. Nœuds de treillis



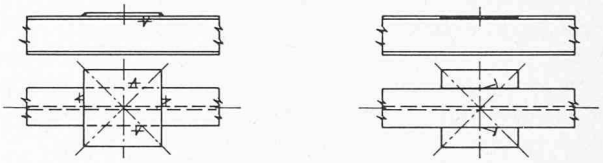
a) et *b)* Les tolérances de longueur des profilés peuvent être compensées. Soudures d'angle, pas de coupes biaises.

b) Les profilés doubles pour les montants et les diagonales compensent les tolérances des membrures.

a) et *b)* Les montants et diagonales doivent être façonnés : *a)* fentes, *b)* coupes biaises.

a) Favorable pour la protection contre la corrosion, économie de matière.

b) Les montants, les diagonales et les membrures doivent avoir la même hauteur. Les garnitures exigent une coupe exacte. (Tenir compte de la contreflèche.)



De quels moyens l'ingénieur dispose-t-il pour trouver parmi toutes les solutions pouvant être envisagées celle qui est la mieux adaptée ? Nous nous rapportons ici à deux publications du Centre suisse de la construction métallique élaborées par sa Commission technique. Il s'agit des « Directives de construction pour les charpentes métalliques du bâtiment » (deux volumes) et du fascicule des « Exemples types ».

Les Directives de construction fournissent au projeteur des données sur la capacité portante des assemblages de poutres. Sur la base de la norme SIA n° 161 (1973) et d'autres directives, on a dressé des tableaux des forces portantes des assemblages boulonnés et soudés. Ces tableaux indiquent les hypothèses simplificatrices de calcul

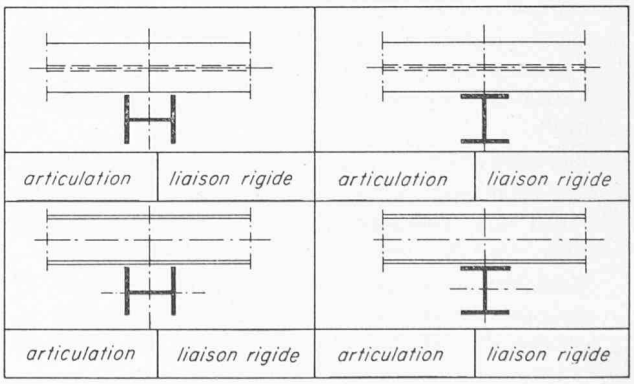


Fig. 12. — Possibilités d'assemblage de poutrelles dont les axes se trouvent dans des plans différents.

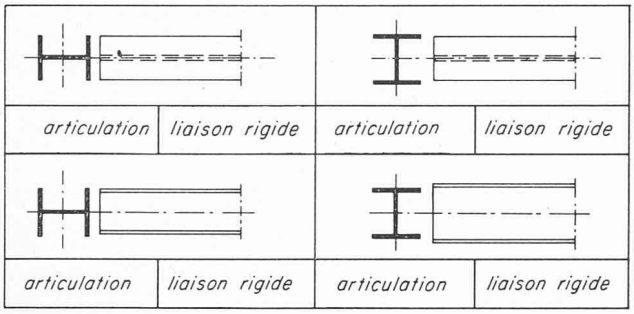


Fig. 13. — Possibilités d'assemblage de poutrelles dont les axes sont coplanaires.

admises. En plus des valeurs statiques, on a également représenté les éléments des assemblages avec leurs dimensions. On obtient ainsi un certain choix d'assemblages normalisés. Etant donné que dans la construction métallique la capacité portante d'un ouvrage et le travail nécessité pour sa réalisation sont déterminés essentiellement par les assemblages soumis à des sollicitations, une large diffusion de cette publication à laquelle est lié un grand effort de normalisation paraît très souhaitable [1].

Le fascicule des exemples types contient une classification systématique des liaisons possibles entre deux profilés. Une première distinction grossière est faite entre le cas où les axes des poutres se trouvent dans un même plan et celui où ces axes sont situés dans des plans différents. Les figures 12 et 13 montrent quelques combinaisons possibles. On constate en pratique que certaines combinaisons sont très fréquentes et offrent de multiples possibilités, alors que d'autres ne sont réalisées qu'exceptionnellement.

Le fascicule contient donc pour les divers genres de liaison, comme le ferait une collection d'échantillons, les possibilités qui correspondent à la construction métallique d'aujourd'hui. Il représente pour l'ingénieur et le dessinateur projeteur un guide des possibilités. La figure 14 montre un échantillonnage d'assemblages articulés de poutres entre fermes [2].

5. Exemples de la pratique

Quelle est donc l'influence de ces points de détail soigneusement conçus sur le nombre d'heures de travail ?

Pour la surélévation de salles d'exposition sur deux niveaux, l'ingénieur projeteur a proposé une charpente métallique. Seule cette solution, d'un poids propre très réduit, permettait d'obtenir le nombre d'étages voulus (fig. 15). Dans ce cas, le détail de l'assemblage poutrelle secondaire - poutre principale avait une importance capitale, vu son très grand nombre. Après examen de plusieurs variantes, on opta finalement pour un assemblage comprenant un couvre-joint d'un seul côté et deux boulons HR (fig. 16 et 17). Ceci permit une économie de travail de 40 % pour l'ensemble du bâtiment (fig. 18 et 19) [4].

6. Collaboration entre l'ingénieur et l'entreprise de construction métallique

L'évolution favorable des prix de la construction métallique, ainsi que la possibilité de réduire les prix par une conception adroite des détails d'exécution, exigent une collaboration étroite entre l'auteur du projet et l'architecte d'une part, l'entreprise de construction métallique d'autre part. Un exposé plus approfondi sur ce problème sort pourtant du cadre de cet article.

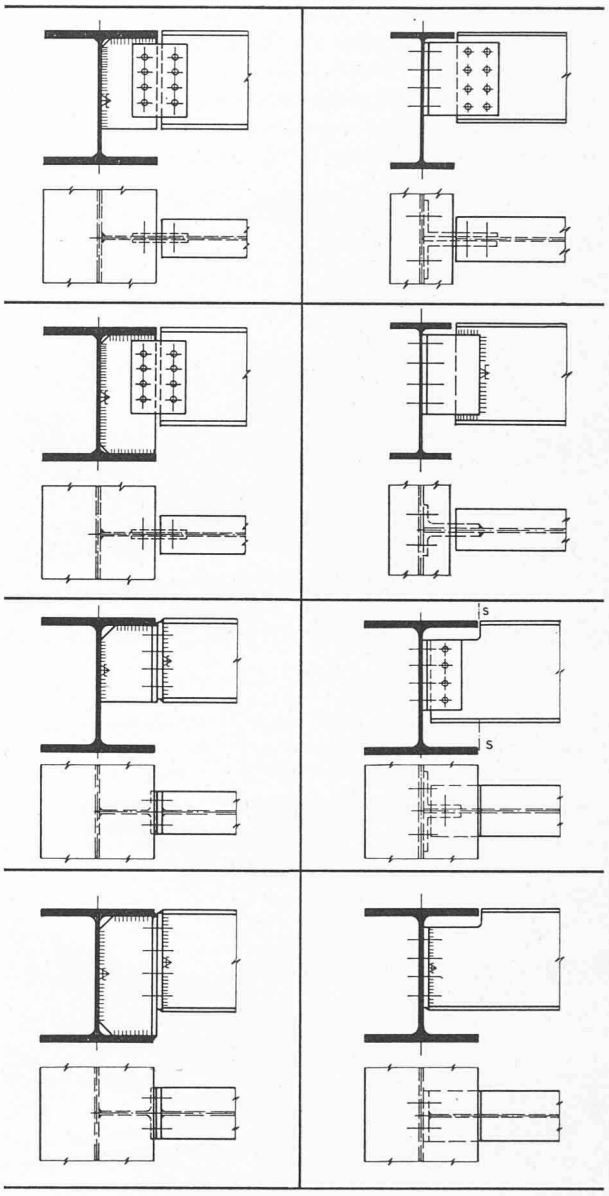


Fig. 14. — Assemblage de poutres de toiture et de plancher sur des fermes. (Poutres simples, glissées dans les fermes.)
Extrait des exemples types [2].

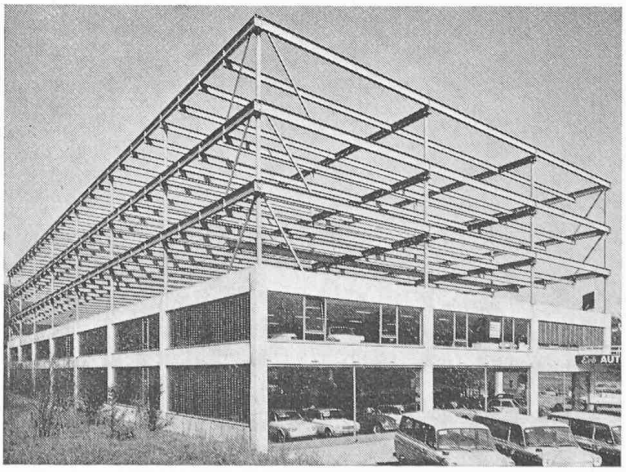


Fig. 15. — Exemple de construction métallique présentant des assemblages simplifiés au maximum : surélévation de trois étages sur une construction en béton de deux niveaux.

La collaboration entre l'ingénieur qui projette et l'entrepreneur devrait se fonder sur les principes suivants : le projeteur devrait, en raison de ce qui précède, reconnaître la portée technique et économique d'une construction métallique rationnelle et, par conséquent, s'efforcer d'intensifier la collaboration. L'entrepreneur, de son côté, devrait veiller à ne pas faire montre abusivement de ses connaissances auprès du maître de l'ouvrage, afin de ne pas empiéter sur le domaine de l'ingénieur. Sur la base de tels rapports, l'ingénieur et l'entrepreneur pourront alors collaborer en toute confiance et contribuer d'une manière efficace à réduire le coût global des constructions.

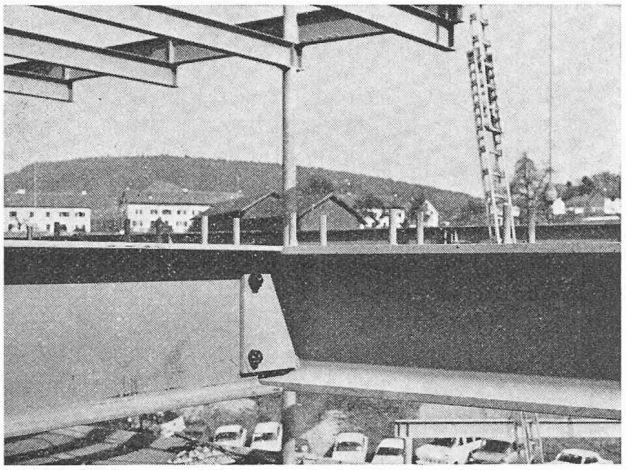


Fig. 16. — Assemblage normalisé d'une poutre secondaire sur une poutre maîtresse. Couvre-joint d'âme avec deux boulons précontraints à haute résistance, disposé asymétriquement. Cet assemblage travaille au cisaillement et reprend l'effort tranchant, ainsi que le moment dû à l'excentricité.

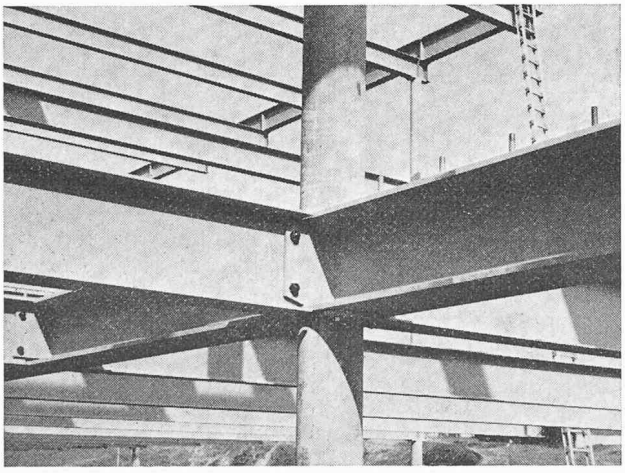


Fig. 17. — Assemblage normalisé d'une poutre secondaire sur une poutre maîtresse au voisinage d'une colonne. Le couvre-joint de la poutre secondaire forme en même temps raidisseur, permettant de reprendre la réaction d'appui de la poutre maîtresse continue.

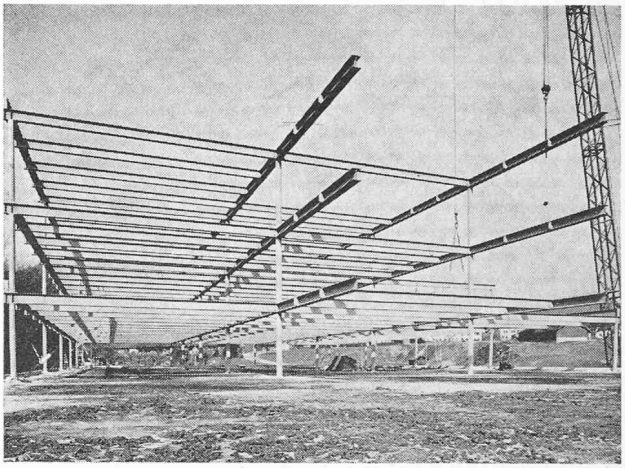


Fig. 18. — Montage de la charpente métallique. La grue de montage lourde ne peut être utilisée que le long d'une façade du bâtiment. La largeur du bâtiment est de 30 m. Les assemblages simples permettent d'utiliser la grue de façon rationnelle et de raccourcir le temps de montage.

Fig. 19. — Le bâtiment achevé. Centre automobile Steig ; maître de l'ouvrage : H. Erb SA, Winterthour ; ingénieur et architecte : Andrychowsky & Stutz, bureau d'ingénieur à Winterthour ; construction métallique : Geilinger Constructions métalliques SA, Winterthour.

TABLEAU II

Exemples de détails propres à réduire le travail de montage

1. Livraison des éléments de la construction

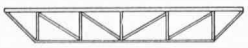
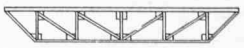
1.1 *Règles générales*

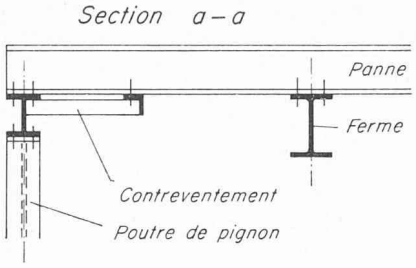
— Assemblage des divers éléments en atelier dans des conditions optimales (protection contre les intempéries, moyens de production et de transports efficaces, assemblage dans des conditions de travail favorables).

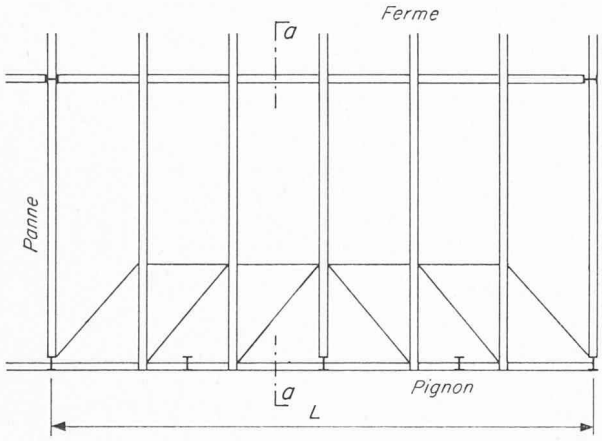
— Utilisation maximale des possibilités de transport : longueur admissible pour les transports routiers jusqu'à 30 m.

— Utilisation complète des capacités des grues : choix des autogrues en fonction du poids maximal des éléments et de la portée maximale. Grue de chantier, normalement pour 3 t, dans les cas extrêmes pour 5 t.

1.2 *Exemples*

Heures de travail réduites	**Heures de travail plus nombreuses**
Treillis pour poutres et contreventements en une pièce	Barres du treillis livrées séparément et assemblées sur le chantier
Poutrelle en treillis soudée	Poutrelle en treillis boulonnée
	
Contreventement soudé en atelier	Contreventement boulonné pièce par pièce





2. Disposition des assemblages exécutés au chantier

2.1 *Règles générales*

— Les assemblages boulonnés permettent une utilisation de courte durée de la grue, de bonnes possibilités d'ajustage et de compensation (jeu des trous, chemises). Ils réduisent les temps de montage et assurent une transmission des forces conforme au projet. C'est pourquoi, si possible, *choisir des assemblages boulonnés.*

— Les assemblages soudés doivent être préalablement boulonnés au moyen de couvre-joints de montage. Lors de l'élaboration des plans et de l'exécution en atelier, il faut tenir compte du fait que les soudures faites au chantier, dans la mesure du possible, sont à exécuter depuis le haut. Attention : considérer la position des éléments lors de l'assemblage, usinage des pièces en conséquence.

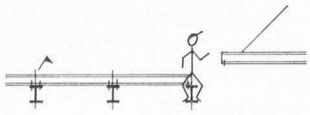
— Les éléments de fixation de petites tailles, posés ultérieurement pour raccorder d'autres éléments (par ex. étriers, cornières, etc.) seront de préférence soudés. De cette manière, les tolérances de montage peuvent être compensées.

— Un bon accès aux assemblages simplifie le travail et diminue les risques d'accidents.

2.2 *Exemples*

Peu d'heures de travail

Poutre continue à *n* travées : Assemblage au point d'appui.



Joint sur ferme :

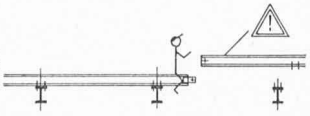
Le monteur se tient en toute sécurité, les pieds sur la poutre support et peut se déplacer le long de celle-ci.

Pas de couvre-joint de montage.

D'éventuelles soudures peuvent être exécutées par la suite.

Plus d'heures de travail

Poutre continue ou poutre Gerber :
Assemblage entre appuis.



Joint entre appuis :

Le monteur est assis dangereusement sur la petite poutrelle. La manœuvre nécessaire à l'assemblage avec la poutrelle suivante requiert une gymnastique dangereuse pour le monteur.

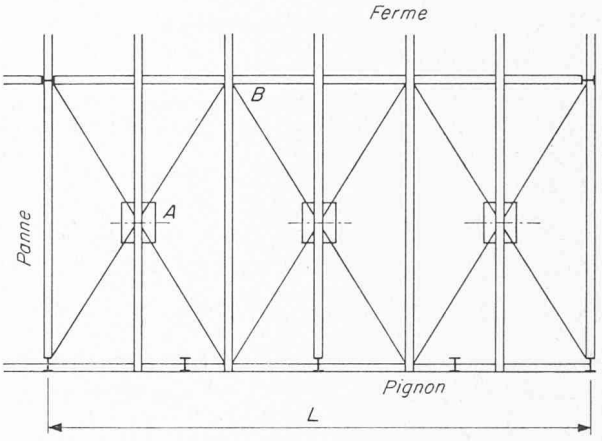
Des couvre-joints sont nécessaires.

Pour d'éventuelles soudures ultérieures, les mêmes risques d'accidents subsistent.

Pannes différentes, car les attaches des contreventements en A et B exigent la pose de goussets (danger de confusion).
Longueur de flambage pour les barres du contreventement accrues.

Economie de matière pour des longueurs L < 30 m insignifiante.

Poutres de rives, diagonales et membranes du contreventement assemblées définitivement en atelier et livrées comme élément *unique* de montage.

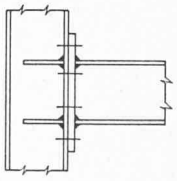


3. Assemblages de poutres

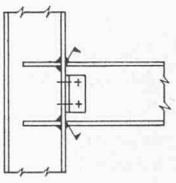
3.1 *Délimitation du travail effectué en atelier et au chantier*
Lors du choix de certains détails de construction, on peut se demander jusqu'à quel point il est judicieux d'augmenter la part du travail en atelier au dépens du travail sur le chantier.

Exemple : Assemblages rigides de poutres.

Assemblage avec plaque frontale et boulons HR



Assemblage soudé avec cornière auxiliaire de montage.



Il est impossible d'énoncer des règles précises qui permettent de déterminer la solution optimale. Par contre, on peut formuler les remarques suivantes :

— Les meilleures conditions de travail en atelier permettent une exécution des travaux plus rapide que sur le chantier.

— Les travaux de soudage exécutés au chantier exigent des opérations et dispositifs supplémentaires qui augmentent les prix (abattage d'arêtes, échafaudages, éventuellement toitures de protection).

— La peinture de fond doit être retouchée lors de soudages au chantier.

— Pour des dimensions données, l'assemblage soudé peut résister à des sollicitations plus importantes que l'assemblage boulonné.

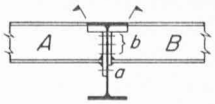
— Les couvre-joints, les plaques frontales, les têtes de boulons, etc., rendent parfois difficile l'attache d'autres éléments (par exemple des tôles profilées).

3.2 *Règles générales pour attaches boulonnées*

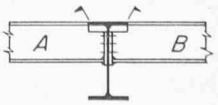
On doit fixer chaque pièce de montage avec *ses propres boulons.*

3.3 *Exemple : poutre continue entre les fermes*

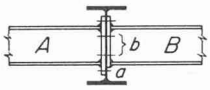
Peu d'heures de travail



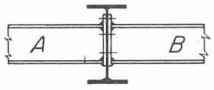
Plus d'heures de travail



Sens de montage de gauche à droite



Des plaques de tête inégales rendent possible le montage de la poutre *A* avec les boulons *a* avant que soit montée la poutre B, avec les boulons *b*.



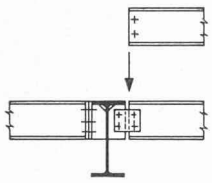
Avec des plaques de tête égales, les boulons doivent être redévissés pour permettre le montage de la poutre *B*.

4. Mise en place de poutrelles

4.1 *Règle générale*

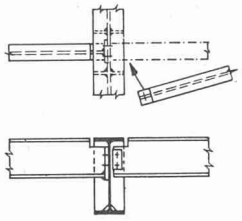
Il faut disposer les joints de montage et les attaches de manière à ne pas rendre nécessaires des mouvements de pivotage ou d'enfilage.

4.2 *Exemple*



La poutre peut être mise en place sans peine par le haut. Chaque poutre est boulonnée pour elle-même.

L'esquisse ci-dessus montre deux possibilités d'attaches de poutres.



Mise en place latérale nécessaire.

Les nervures de la poutre support rendent cette manœuvre difficile.

Les boulons déjà mis en place doivent être à nouveau dévissés.

L'esquisse ci-dessus montre deux possibilités d'attaches de poutres.

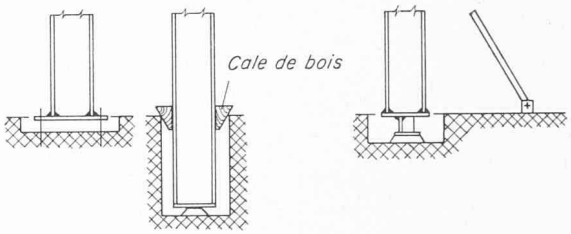
5. Appuis de colonnes

5.1 *Règles générales*

Les colonnes sont conçues de manière à pouvoir être posées et maintenues sur les points prévus. Les articulations à la base sont à éviter !

Scellement avec un mortier normal ou synthétique. Eviter les poches d'air. Eventuellement, disposer des trous à cet effet dans la plaque de base.

5.2 *Exemple*



Poteau tenu à l'aide de boulons d'ancrage ou posé dans l'évidement de fondation.

Ces procédés peuvent également être employés pour les appuis articulés.

Poteau doit être haubané.

Durée d'utilisation de la grue plus grande, mise en place plus difficile.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *Directives de constructions pour les charpentes métalliques de bâtiment*, édité par le Centre suisse de la construction métallique, Seefeldstrasse 25, 8034 Zurich.

[2] *Détails de construction en charpente métallique*. Exemples types. Même éditeur.

[3] *Rippenlose Konstruktionen*. Travail de recherche du Bureau d'ingénieurs Basler & Hofmann, Zurich. Réalisé sous mandat de la Commission technique du Centre suisse de la construction métallique, Zurich.

[4] *Construire en acier*, périodoque du Centre suisse de la construction métallique, nº 24, 1972.

Adresse de l'auteur :
Konrad M. Huber, ing. dipl. EPFZ, SIA
Geilinger Constructions Métalliques S.A.
Case postale, 8401 Winterthour
Président de la Commission technique
du Centre suisse de la construction métallique

Ressources mondiales de puissance et d'énergie

par J.-J. MORF, Lausanne, en collaboration avec W. PETER

Les problèmes énergétiques sont à la une de tous les journaux. Les controverses, les propositions, les prévisions à courte et à longue échéance, le rationnement possible de certaines sources d'énergie, autant de thèmes inspirant spécialistes et profanes. L'observateur neutre a beaucoup de peine à se faire une idée claire de la situation actuelle et des perspectives d'avenir, notamment en ce qui concerne les sources nouvelles d'énergie et leurs possibilités réelles. En organisant des journées d'information sur les énergies non conventionnelles, l'Association suisse des électriciens et l'Union suisse des centrales électriques apporteront certainement une contribution importante à une estimation réaliste des possibilités qui s'offrent à nous. L'obligation faite aux défenseurs des diverses énergies de chiffrer leur appoint à la production mondiale avant de développer leurs exposés constitue une garantie contre l'utopie et permettra d'établir des proportions entre ces différentes sources. Le professeur J.-J. Morf, responsable scientifique de ces journées d'information, qui auront lieu à l'EPFL les 11 et 12 octobre prochains, fait pour nos lecteurs le point de la situation actuelle, en guise de préface à cette manifestation, à laquelle le Bulletin technique *souhaite l'audience et le succès qu'elle mérite.*

Rédaction.