

LES CHARPENTES EN ACIER SOUDÉES DANS LE BATIMENT

TABLE DES MATIÈRES

- I. Observations générales.
- II. Tensions admissibles.
- III. Genres de soudures employés pour les attaches.
- IV. Assemblages des profilés.
 - A. Joints des profilés dont les axes se prolongent.
 - 1) Joints bout à bout.
 - 2) Joints à clin.
 - 3) Joints à couvre-joints.
 - B. Joints de profilés à axes obliques.
 - 1) Joints en T et joints d'angle.
 - 2) Joints à clin.
 - 3) Joints sur goussets.
- V. Calcul des assemblages soudés.
 - A. Soudures bout à bout.
 - B. Soudures par recouvrement.
 - C. Soudures à entaille et en bouchon.
 - D. Assemblage de poutres soumises à la flexion.
- VI. Principaux éléments de la charpente soudée.
 - A. Renforcement par soudure des profilés.
 - 1) Poutres à couvre-joints soudés.
 - 2) Augmentation par soudure de la hauteur d'âme.
 - 3) Renforcement par nervures.
 - B. Formation de profilés par assemblages de tôles soudées.
 - C. Poteaux,
 - D. Poutres à treillis.
- VII. Attaches des poutres entre elles et avec les poteaux.
- VIII. Constructions en tubes.

LES CHARPENTES EN ACIER SOUDÉES DANS LE BATIMENT

I. OBSERVATIONS GÉNÉRALES

La soudure est appliquée à la construction depuis quelques années seulement. On l'a utilisée d'abord à l'exécution de constructions peu importantes et à la réparation de constructions déjà existantes. Depuis cinq ans, l'application de ce procédé prend une extension considérable.

L'exécution de bâtiments soudés est devenue possible à la suite de nombreux essais ayant eu pour but d'étudier la résistance des joints soudés, essais qui ont eu lieu dans différents pays. Ces essais ont fourni la base des calculs nécessaires à la réalisation de constructions soudées; celles-ci peuvent actuellement être calculées avec un degré d'exactitude au moins égal à celui des constructions rivetées. En divers pays, on a déjà publié des règlements relatifs à l'exécution de ces constructions : les premiers règlements ont été publiés en 1928 en Pologne, en 1929 aux Etats-Unis, en 1930 en Allemagne; de nouveaux règlements ont paru en 1933 en Pologne et en Allemagne.

Un si rapide développement de ces constructions est dû à leurs hautes qualités. Tout d'abord, les constructions soudées sont plus légères que les constructions rivées pour les raisons suivantes : les sections des fers sont sensiblement moins fortes car il n'y a pas à en déduire les trous de passage des rivets et la diminution du poids propre de la construction contribue encore à diminuer ces sections; en outre, les goussets, dont il est employé un grand nombre dans les constructions rivetées, sont presque entièrement éliminés, et, là où ils sont nécessaires, leurs dimensions peuvent être considérablement réduites; enfin le poids de la construction est diminué du fait que les attaches soudées assurent une rigidité beaucoup plus grande que le rivetage. L'économie réalisée sur le poids dépend du caractère de la construction; d'une façon générale, elle est de 10 % à 30 %, et même, dans certains cas, encore plus grande.

En ce qui concerne la main-d'œuvre, en principe, les économies réalisées par la soudure sont importantes, car on peut se dispenser d'un traçage détaillé de la construction en atelier, et, en général, simplifier sensiblement tout le travail d'atelier, surtout si l'on a recours au découpage au chalumeau oxy-acétylénique.

La rapidité du travail est beaucoup plus grande, et ce travail peut être exécuté par un nombre d'ouvriers plus restreint que lorsqu'il s'agit du rivetage. D'un autre côté, la soudure exige des soudeurs expérimentés et consciencieux, un contrôle convenable, et un bon métal d'apport, ainsi que toutes les installations nécessaires. Etant donné que ces éléments ont une importance différente selon les divers pays, nous ne pouvons pas donner d'indications précises quant au coût de la main-d'œuvre. D'une façon générale, on peut dire que ce coût est inférieur, par kilogramme, au coût d'un kilogramme de construction rivée. Mais, même dans les régions où les constructions soudées n'ont pas encore atteint le développement qui permettrait d'abaisser le prix de l'assemblage par soudure au-dessous de celui du rivetage, le coût des constructions soudées est quand même inférieur au coût des constructions rivées, ne serait-ce qu'en raison de la diminution de poids. Au fur et à mesure du développement des constructions soudées, cette différence augmente à leur avantage.

Abstraction faite de leur prix plus bas, les constructions soudées possèdent encore les avantages suivants : la soudure peut souvent être exécutée dans des circonstances où le rivetage est difficile, sinon impossible; l'élaboration des projets est beaucoup plus simple, et même, dans certains cas, les constructions soudées peuvent être exécutées sans plans détaillés (comme, par exemple, une partie de la construction de la Caisse d'Epargne Postale de Varsovie); leur entretien est plus facile et moins cher; enfin, il est aisé d'y apporter des modifications en cours d'exécution.

Toutefois, il y a lieu de signaler qu'il est nécessaire de recevoir une préparation spéciale et de posséder l'expérience nécessaire avant d'établir les plans et d'exécuter des constructions soudées. En effet, les plans de ces constructions diffèrent sensiblement de ceux des constructions rivées.

Dans les débuts il a été difficile de trouver la voie à suivre, mais les principes servant de base à l'établissement des plans se précisent peu à peu. Cet exposé a pour but de les indiquer aux ingénieurs et aux architectes, en se basant sur les travaux exécutés.

II. TENSIONS ADMISSIBLES

Les règlements concernant les constructions en acier soudées indiquent toujours les tensions admissibles pour les soudures. Nous reproduisons ci-dessous un tableau récapitulatif de toutes ces tensions admissibles, telles qu'elles ont été prescrites dans les divers pays, en prenant pour base les tensions admissibles du matériel de base qui sont de 1.200 Kg/cm².

Comparaison des tensions admissibles en Kg/cm² dans les différents pays par rapport à la tension de base de 1.200 Kg/cm²

	Pologne	Prusse	Ver. Deutsch. Ingenieure	Amer. Weld. Society	Suisse
Tension à la traction, K _r	1000	720	850	900	840
Tension à la compression, K _c	1000	900	1100	1050	840

III. GENRES DE SOUDURES EMPLOYÉS POUR LES ATTACHES

Dans les constructions en acier, on emploie les types de soudures suivants :

1. Soudures bout à bout, dans lesquelles le métal d'apport est déposé dans une rainure formée par les bords, ceux-ci pouvant être :

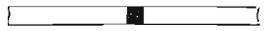


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

- a) écartés, suivant fig. 1, pour les barres ayant une épaisseur inférieure à 4 mm.;
- b) chanfreinés d'un côté, en forme de V, suivant fig. 2;
- c) chanfreinés des deux côtés, en forme d'X, suivant fig. 3.

Les sections des pièces raccordées doivent être concordantes.

2. Soudures par recouvrement ou à clin où le métal est déposé dans l'angle formé par deux surfaces inclinées l'une sur l'autre, le plus souvent rectangulaires (fig. 4). Elles sont pour la plupart quelque peu bombées, mais, dans les calculs, on se base sur une section triangulaire, et, le plus souvent, isocèle.

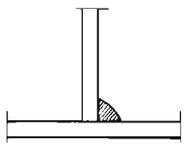


Fig. 4

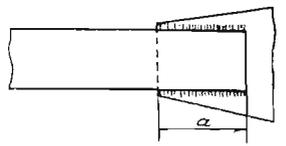


Fig. 5

On distingue les variétés suivantes :

- a) soudures à cordons latéraux, parallèles à la direction des forces (fig. 5);

b) soudures à cordons frontaux, perpendiculaires à cette direction (fig. 6).

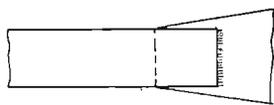


Fig. 6

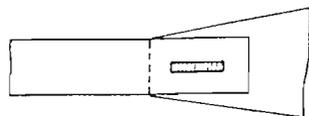


Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9

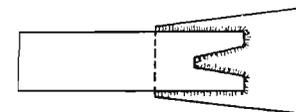


Fig. 10

3. Soudures à entaille et à bouchon (fig. 7). Dans ces soudures l'une des parties jointes présente une fenêtre, le plus souvent allongée, dans laquelle on dépose le métal d'apport. On peut faire ce dépôt soit seulement le long des bords de la fenêtre (fig. 8), soit en la remplissant entièrement (fig. 9). On rencontre parfois, dans un seul assemblage, divers genres de soudures, et, par exemple, la fig. 10 présente des soudures latérales, frontales et à entaille.

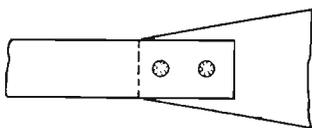


Fig. 11

Nous reproduisons sur la fig. 11 des soudures nommées « rivets soudés », qui s'emploient rarement, le plus souvent lorsque la construction a été primitivement préparée pour le rivetage, ou lorsqu'on a employé pour le montage des chevilles de fer.

Tous ces genres de soudures ont fait l'objet d'études multiples et d'essais en vue de déterminer leur résistance. Les résultats de ces recherches ont permis d'établir leurs calculs avec la précision voulue.

IV. ASSEMBLAGES DES PROFILÉS

A. Joints des profilés dont les axes se prolongent

Les assemblages des profilés en prolongement l'un de l'autre peuvent être exécutés des trois façons suivantes :

- 1) bout à bout; 2) par recouvrement; 3) avec couvre-joints.

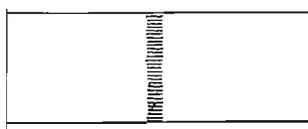


Fig. 12

1. **Les assemblages bout à bout** (fig. 12) sont encore aujourd'hui parmi ceux que l'on n'emploie pas volontiers sans renforcements additionnels, quoique ce soit justement dans ces assemblages que la transmission des forces est la plus directe. Tous les règlements existants estiment que les tensions admissibles dans ces raccords sont inférieures aux tensions admissibles du métal de base, bien que, en se servant des métaux d'apport dont on dispose maintenant pour la soudure, on puisse exécuter ces assemblages en leur assurant le taux de sécurité voulu. Il existe des constructions exécutées exclusivement par assemblages bout à bout; toutefois, le plus souvent, les assemblages

bout à bout sont renforcés à l'aide d'éléments additionnels, tels que couvre-joints, plaques, etc...

2. **Les assemblages par recouvrement** (fig. 13) ont généralement leur raison d'être lorsque l'un des profilés à assembler est double et l'autre simple; on assure ainsi une transmission des forces axiales.

3. On emploie le plus souvent aujourd'hui des **assemblages à couvre-joints** (fig. 14). Ce mode de jonction s'applique aussi bien aux profilés soumis à des forces axiales qu'aux profilés coudés.

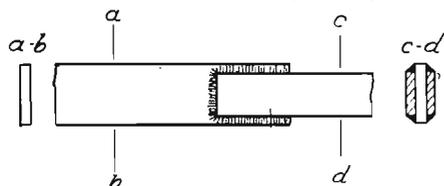


Fig. 13

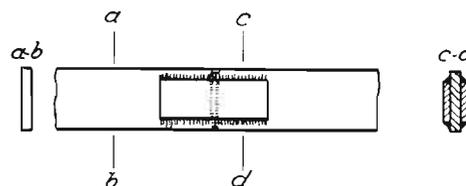
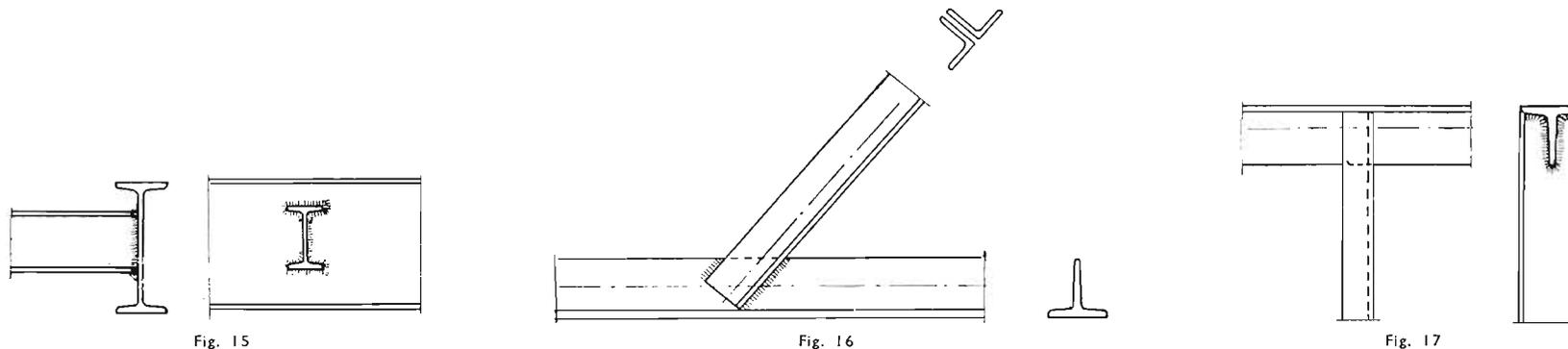


Fig. 14

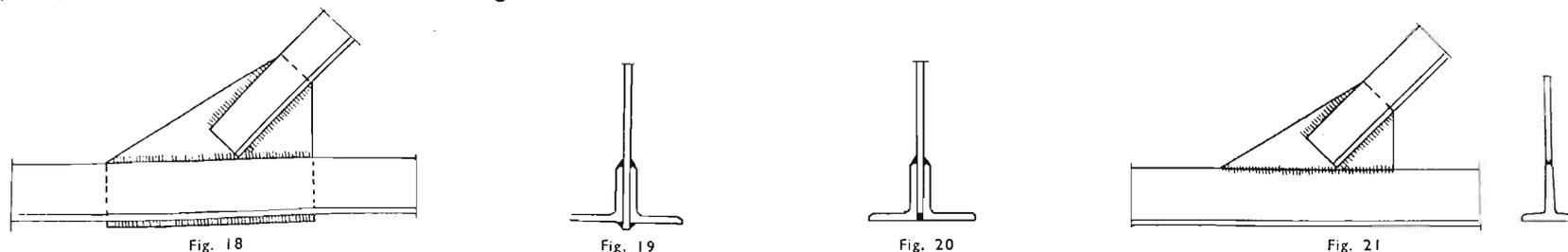
B. Assemblages des profilés à axes obliques

Ces assemblages comportent les catégories suivantes :



1. Assemblages à l'aide de soudures en angle intérieur (fig. 4, 15).
2. Assemblages par recouvrement, qui peuvent être employés soit lorsque le profilé est double et s'attache à une tôle simple (ou vice-versa, v. fig. 16), soit lorsque sur les profilés on découpe une entaille à l'aide du chalumeau oxy-acétylénique (fig. 17). On peut exécuter les assemblages de façons fort diverses, selon les formes des poutres réunies.

Ce sont là des assemblages types : d'une façon générale, la soudure permet d'exécuter une très grande variété d'assemblages, beaucoup plus grande que lorsqu'on se sert du rivetage.



3. Assemblages par goussets, qui sont, à proprement parler, aussi des assemblages par recouvrement. Les goussets peuvent se trouver entre les cornières formant l'entrait (fig. 18) si celui-ci est double; dans ce cas, cependant, ils doivent faire saillie en dehors des ailes des cornières de l'entrait (fig. 19), ou simplement les affleurer (fig. 20) afin que la soudure puisse être placée d'une façon convenable. Lorsque la section de l'entrait est simple, les goussets sont soudés à l'entrait bout à bout (fig. 21).

V. CALCUL DES ASSEMBLAGES SOUDÉS

A. Soudures bout à bout

Si F est la section transversale de la poutre, F_s la section de la soudure, k la tension admissible du métal de base, k_s la tension admissible du métal du cordon de soudure, l'effort S que la poutre peut supporter est égal à $S = Fk$, et celui S_s que la soudure peut supporter est :

$$S_s = F_s k_s$$

Si on emploie une soudure pour laquelle $k_s = k$, la soudure ayant la même section que la poutre ($F_s = F$) pourra supporter en toute sécurité l'effort total.

Si on emploie une soudure de ténacité inférieure à celle du métal de base, $k_s < k$, la différence des forces $\Delta S = F(k - k_s)$ doit être supportée par les couvre-joints. D'après les règlements polonais, on admet pour la soudure normale $\Delta S = 0,17S$, et, d'après les règlements allemands $\Delta S = 0,25S$. Les règlements polonais admettent toutefois que $k_s = k$, c'est-à-dire permettent une soudure bout à bout sans couvre-joints, lorsque l'essai des baguettes de soudure donne une résistance à la rupture moyenne de 4.440 Kg/cm^2 , ce qui peut très bien être réalisé, lorsqu'il s'agit de bonnes électrodes et d'une bonne exécution.

B. Soudures par recouvrement

Ces soudures s'appliquent aussi bien à l'assemblage de poutres devant supporter des forces axiales (par exemple, pour les nœuds d'assemblage), qu'à celui de poutres soumises à des efforts de flexion. Leur calcul est basé sur la supposition que la soudure cédera dans le plan de sa section la plus réduite. On suppose, pour simplifier le calcul, que la surface intérieure de la soudure est plane (fig. 22), par exemple que sa section est ab (rectiligne) ou $a'c'b$, mais non pas aob (curviligne); dans ce cas, la surface de cisaillement sur laquelle la soudure subirait le maximum de tension aurait pour section cc' . En adoptant la ligne droite ab au lieu de aob , on augmente la sécurité du calcul. Pour les soudures isocèles, qui sont les plus fréquentes, $ac = cb = s$; dans ce cas $c'c' = s' = 0,707s$, soit environ $0,7s$ (s' est la surface de cisaillement par unité de longueur de soudure).

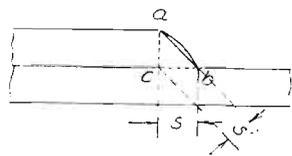
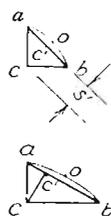


Fig. 22



Pour les soudures non isocèles, on prend comme mesure de base $c'c'$ et dans ce cas $c'c'$ est la perpendiculaire à ab .

Une soudure, dont les dimensions transversales sont $s \times s$, et dont la longueur est l , peut donc supporter l'effort suivant :

$$P = s' l k_s = 0,7 s l k_s$$

k_s étant la tension de cisaillement admise.

On admet, dans la plupart des cas, que la tension admissible k_s par cm^2 est indépendante de l'épaisseur de la soudure. En réalité, les soudures moins épaisses possèdent une résistance (par unité de surface) plus grande que les soudures plus épaisses. Les règlements polonais en tiennent compte, lorsqu'ils établissent un rapport entre les tensions admissibles pour les soudures latérales et leurs dimensions transversales; ces règlements prescrivent, pour les tensions admissibles dans les soudures les valeurs suivantes : (pour le métal de base lui-même on admet 1200 Kg/cm^2).

Dimensions de la soudure en m/m	5×5	6×6	8×8	10×10	12×12	14×14	16×16	18×18	20×20
Tension admissible k_s en kg/cm^2	1000	950	860	775	715	650	625	590	570

La rupture d'un assemblage conforme à la figure 23 nécessite la destruction d'une longueur de soudure totale égale à $(a + a')$.

Dans ce cas, pour les soudures de même section, on a :

$$S = (a + a') w_s$$

S , effort total appliqué à l'assemblage,

w_s , tension de cisaillement admissible par unité de longueur de soudure pour la section considérée.

Cet exemple est basé sur l'hypothèse que la tension est régulièrement répartie sur toute la longueur de la soudure. Ceci ne correspond pas strictement à la réalité, mais est admis d'une façon générale et offre une exactitude suffisante.

Lorsqu'il s'agit de sections symétriques, il y a lieu, de toute évidence, d'exécuter des deux côtés des soudures ayant les mêmes dimensions (fig. 5). Par contre, lorsqu'il s'agit de sections dissymétriques, dont le centre de gravité n'est pas au milieu de la largeur de la poutre, il y a lieu de répartir les longueurs de soudures d'après la position de l'axe de gravité.

Par exemple, dans le cas d'une cornière (fig. 23) la section des soudures étant la même, on doit satisfaire à la relation

$$ae = a'e' \text{ c'est-à-dire } a = \frac{e'}{e} a'$$

a a' , longueurs des soudures,

e e' , distance des soudures à l'axe de gravité de la cornière.

Pour $e = e'$, nous avons $a = a'$, soit des soudures symétriques.

Si, en outre, on fait usage pour les deux cordons de soudures ayant respectivement pour tensions admissibles de cisaillement par centimètre de longueur w_s et w'_s , on doit satisfaire aux relations :

$$w_s a = w'_s a' \text{ pour une section symétrique}$$

$$\text{ou } w_s ae = w'_s a'e' \text{ pour une section dissymétrique.}$$

Dans ce dernier cas on peut exécuter deux soudures de même longueur, en leur donnant des sections différentes satisfaisant à la relation : $w_s e = w'_s e'$.

C'est ce cas que représente la figure 24.

Les soudures frontales sont calculées d'après le même principe que les soudures latérales, quoique les tensions qui s'exercent dans ces soudures aient un caractère plus complexe et comportent à la fois des effets de cisaillement et de traction.

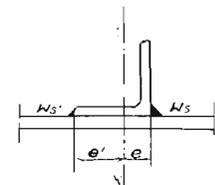


Fig. 24

Les soudures frontales ont une plus grande résistance que les soudures latérales (de 10 à 20%); elles présentent, par contre, un allongement moindre que ces dernières pour une charge identique; par conséquent, si un assemblage comprend en même temps des soudures latérales et des soudures frontales, ces dernières sont le siège de tensions plus grandes et sont les premières à se rompre lorsque l'assemblage cède.

En établissant les calculs pour ces soudures combinées, on ne tient pas compte de la plus grande résistance des soudures frontales et on admet, pour les deux genres de soudures, les mêmes tensions — c'est-à-dire les plus basses — que pour les soudures latérales. Il y a lieu de signaler que, selon certains auteurs, même cette méthode de calcul n'offre pas la sécurité voulue; ces auteurs basent leurs calculs sur la moitié seulement de la longueur des soudures latérales. Cette méthode de calcul n'a cependant pas de raison d'être théorique et peut donner dans de nombreux cas des résultats désavantageux.

D'une façon générale, on peut dire que cette question n'a pas encore été totalement élucidée et qu'elle doit faire l'objet d'études plus poussées.

C. Soudures à entaille et en bouchon

Les soudures à entailles peuvent être exécutées de deux façons différentes. La fenêtre pratiquée dans la tôle peut être large ou étroite; dans le premier cas, la soudure est faite sur les bords de cette fenêtre (fig. 8 et 25); dans le second cas, la fenêtre est entièrement remplie de métal d'apport (fig. 7 et 26). Pour une ouverture large (1^{er} cas) on aura recours à la soudure en angle intérieur, que l'on calculera suivant les principes habituels, en admettant

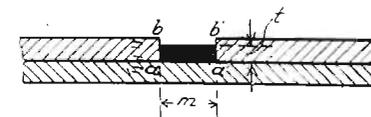


Fig. 26

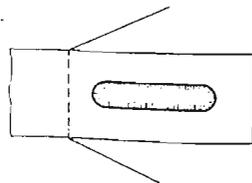


Fig. 25

que sa longueur est celle du contour de l'ouverture. Soit a ce contour, l'effort P que pourra supporter la soudure à entaille aura pour valeur :

$$P = w_s a \text{ en kilogrammes.}$$

Inversement, si on applique un effort P à l'assemblage, la tension de cisaillement s'exerçant par unité de longueur de soudure sera

$$T_s = \frac{P}{a}$$

Pour une ouverture entièrement remplie de métal d'apport (2^e cas) le cisaillement peut avoir lieu soit suivant la ligne aa' de largeur m , soit suivant les lignes ab et $a'b'$ (fig. 26). Par conséquent, il y a lieu de calculer la soudure en tenant compte de ces deux éventualités. Pour la première nous avons $P = n \times w_{sm}$, n étant la longueur de l'ouverture, et w_{sm} la tension admise par unité de longueur; nous supposons que ces deux désignations représentent les mêmes valeurs que pour deux soudures en angle, dont chacune aurait une épaisseur $s' = \frac{m}{2}$, soit $s = 0,7 m$.

Dans la deuxième éventualité, nous avons $P = 2 n w_{st}$, w_{st} ayant la même valeur que la tension de cisaillement d'une soudure en angle dont l'épaisseur serait $s' = t$, correspondant à $s = 1,4 t$.

En comparant ces valeurs de P dans les deux éventualités, on constate qu'elles sont égales quand $w_{sm} = 2 w_{st}$, et par conséquent, quand $m = 2t$.

C'est le rapport le plus convenable de la largeur d'une soudure à entaille à son épaisseur. Pour $m < 2t$, il faut établir les calculs avec w_{sm} , pour $m > 2t$, avec w_{st} . Suivant les règlements allemands, il y a lieu de calculer la section utile après déduction de la section de la soudure à entaille, et, par conséquent, les soudures suivant fig. 7 et 26 ne sont pas admises en Allemagne. Les règlements polonais ne contiennent pas de stipulation de ce genre et, par conséquent, on peut considérer comme section utile la section totale de la poutre.

D. Assemblage bout à bout des poutres soumises à la flexion

Cet assemblage se calcule en tenant compte du moment fléchissant dans la section considérée. Soit W le moment résistant de la section de la poutre au droit de l'assemblage, le moment résistant de la soudure doit avoir la même valeur : $W_s = W$. Cependant, le taux de travail admissible pour la soudure est plus petit que pour le métal de base ($k_s < k$), cette différence étant fixée par les règlements. Posons $k_s = \alpha k = k(1 - \varphi)$. Les prescriptions polonaises spécifient pour α la valeur $\alpha = 0,83$ (ou $\varphi = 0,17$); suivant les prescriptions allemandes la valeur de α est $0,75$, (ou $\varphi = 0,25$). Il est donc recommandé de choisir l'emplacement des joints aussi éloigné que possible de l'endroit où s'exerce le moment fléchissant maximum. Lorsque la différence relative (en %) entre les moments M_s (au droit du joint) et M_{max} est supérieure à α on peut exécuter le joint sans ajouter sur l'assemblage d'éléments supplémentaires. Cela est réalisable dans la majorité des cas.

Lorsqu'on emploie de très bonnes électrodes et si la soudure est bien effectuée, les prescriptions polonaises autorisent à admettre $\alpha = 1$ et à exécuter ainsi l'assemblage sans couvre-joint au droit du moment fléchissant maximum M_{max} , ce que l'on évite cependant de faire en général.

Au cas où cela n'est pas réalisable, on est obligé d'employer les couvre-joints. (Parfois, on utilise un assemblage dans lequel on intercale entre les extrémités des poutres une plaque de tôle à laquelle les 2 poutres sont soudées.

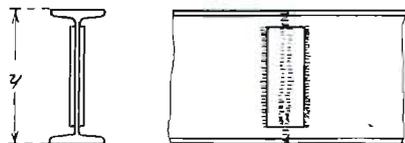


Fig. 27

Lorsqu'on applique les couvre-joints sur les côtés (fig. 27), la hauteur des poutres ne change pas. Si nous désignons par I_p le moment d'inertie des couvre-joints, nous avons alors :

$$M = \alpha k W + k \frac{2 I_p}{h} = k \left(\alpha W + \frac{2 I_p}{h} \right)$$

équation dans laquelle h représente la hauteur des poutres au droit de l'assemblage et α le rapport $\frac{k_s}{k}$

Cette équation donne le moment d'inertie des couvre-joints nécessaires :

$$I_p = \frac{1}{2} h \left(\frac{M}{k} - \alpha W \right)$$

Si les couvre-joints sont appliqués sur les ailes supérieure et inférieure (fig. 28), la hauteur de la poutre est augmentée de l'épaisseur de ces couvre-joints. Dans ce cas, il faut dans le calcul ci-dessus introduire, pour la section de la poutre, non pas $W = \frac{2 l}{h}$ mais $W' = \frac{2 l}{h'}$ et pour les couvre-joints

$$W_n = \frac{2 l_n}{h'}$$

Nous obtenons alors :

$$M = \alpha k W' + k W_n = k (\alpha W' + W_n) = \frac{2}{h'} k (\alpha l + l_n)$$

d'où le moment d'inertie des couvre-joints :

$$I_n = \frac{1}{2} \frac{h'}{k} M - \alpha l$$

A l'endroit où l'effort tranchant T est très grand, il faut tenir compte de cet effort tranchant dans le calcul de l'assemblage bout à bout. Le calcul de l'assemblage soumis au moment fléchissant M et à l'effort tranchant T se fait de la façon suivante :

Si nous désignons par F_s la section de la soudure et par W_s son moment résistant, la tension de la fibre la plus tendue par le moment fléchissant est égale à

$$n_g = \frac{M}{W_s}$$

et la tension due à la force T est $n_t = \frac{T}{F_s}$

Nous avons alors pour la tension résultante la formule :

$$n_{\max} = \sqrt{n_g^2 + n_t^2} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_s} \right)^2 + \left(\frac{T}{F_s} \right)^2}$$

n_{\max} ne doit pas dépasser le taux admissible pour la flexion k_s .

Comme épaisseur de soudure, on admet $s' = 0,7 s$.

Si, par exemple, on fixe la poutre à l'aide de 2 cordons de soudure (épaisseur s' , longueur a), sur les côtés extérieurs des semelles de la poutre (fig. 29) nous obtenons :

$$W_s = \frac{a}{6} \frac{F_s = 2 a s' (h + 2 s')^3 - h^3}{h + 2 s'}$$

Au lieu de cette formule, on peut employer la formule approchée :

$$W_s = a s' h$$

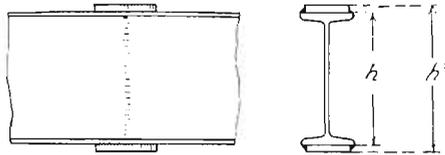


Fig. 28

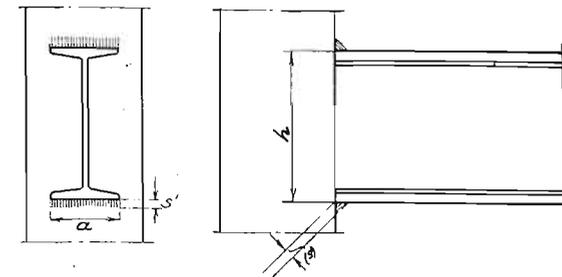


Fig. 29

Fig. 30

VI. PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE LA CHARPENTE SOUDÉE

A. Renforcement par soudure des profilés

On peut augmenter la résistance des profilés en utilisant la soudure, d'après les trois méthodes suivantes :

1) PROFILÉS RENFORCÉS PAR COUVRE-JOINTS SOUDÉS

Il faut déterminer les dimensions des couvre-joints d'après le moment fléchissant maximum. Il y a lieu d'éviter les soudures au plafond, pour assurer la commodité et la sécurité de la soudure. Par conséquent, si la soudure des couvre-joints est effectuée à l'atelier, où l'on peut placer le profilé dans la position voulue, la largeur des couvre-joints peut être supérieure ou inférieure à celle de l'aile du profilé (fig. 30 et 31). Il est préférable dans ce cas d'exécuter deux couvre-joints dont l'épaisseur et la largeur soient identiques.

Si, par contre, on a affaire à un profilé dont on ne peut changer la position pendant la soudure, il est préférable que le couvre-joint supérieur soit plus étroit que la semelle du tirant, et le couvre-joint inférieur plus large (fig. 32) afin de pouvoir disposer la soudure facilement et dans la dimension voulue (min. $m = 5$ mm). La surface de la section des deux couvre-joints doit évidemment être la même $b'g = b''g'$. Si la largeur de la semelle du tirant est grande (en Pologne $b < 25$ g, en Allemagne $b > 30$ g), il y a lieu de placer encore au milieu des soudures supplémentaires à entaille (fig. 33) ou bien d'employer des couvre-joints composés de deux parties (fig. 34 et 35).

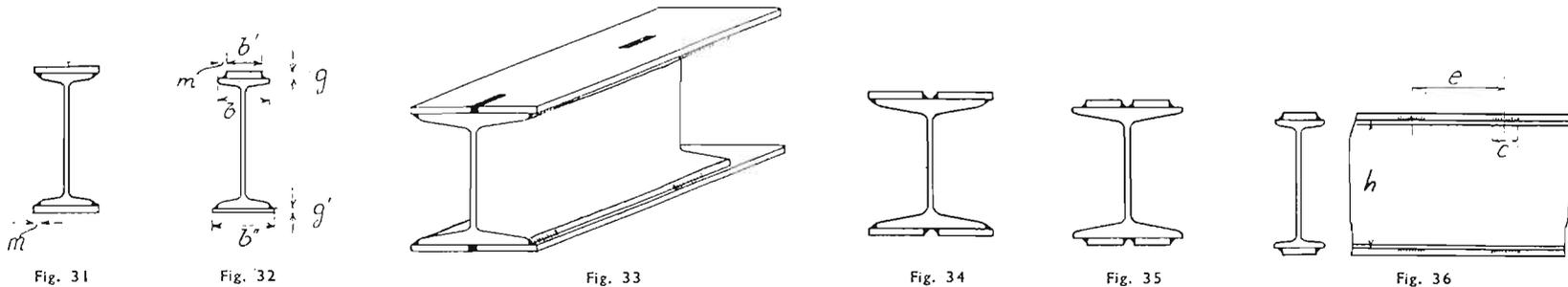


Fig. 31

Fig. 32

Fig. 33

Fig. 34

Fig. 35

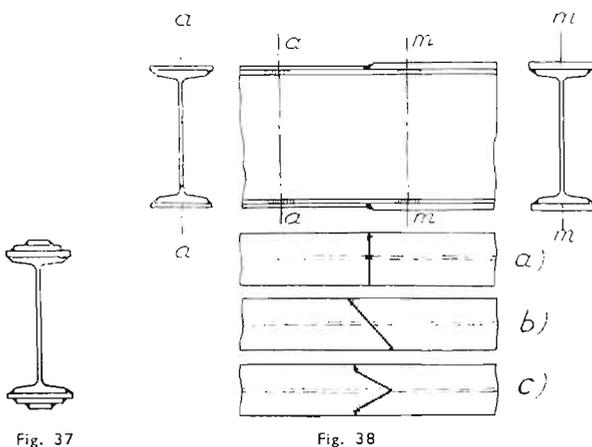
Fig. 36

L'épaisseur des couvre-joints nécessaires est calculée en tenant compte du moment fléchissant. Les soudures d'assemblage sont souvent interrompues (fig. 36) et rarement continues, quoique ce dernier genre de soudures ait une plus grande valeur de conservation. Le calcul est fait comme pour les assemblages des tôles (v. ci-dessus).

La plus grande distance des soudures admise est :

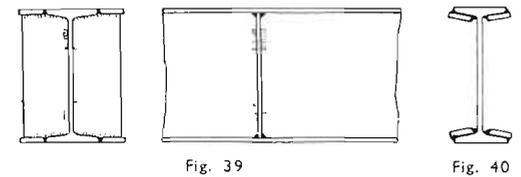
$$e = 5 c.$$

La plus petite longueur de la soudure c peut être 40 mm. (sans tenir compte des cratères).



En cas de besoin, on peut placer sur un profilé deux couvre-joints, et même davantage; dans ce cas, cependant, leurs largeurs doivent être suffisamment différentes pour permettre de bien disposer la soudure (fig. 37). On peut aussi interrompre à un certain endroit le couvre-joint mince et le remplacer, sur la longueur nécessaire, par un couvre-joint plus épais (fig. 38). Cette méthode peut être pratiquée si la soudure est très bien exécutée. Si l'on veut obtenir une sécurité absolue, on peut exécuter la soudure dans un plan non pas perpendiculaire à l'axe du profilé (fig. 38 a), mais oblique (fig. 38 b et c) de sorte qu'un seul point de la soudure considérée se trouve dans la section transversale. A cet effet, il faut avoir recours à une soudure plus longue, et à deux couvre-joints, dont un plus épais et l'autre plus mince.

D'une façon générale, il est préférable d'employer une petite quantité de couvre-joints épais plutôt qu'une grande quantité de couvre-joints minces.



Souvent il arrive qu'il est impossible de placer à l'extérieur des couvre-joints sur les ailes des profilés, c'est-à-dire si, par exemple, il n'est pas permis d'en augmenter la hauteur. Dans ce cas, on peut les souder latéralement au niveau des semelles du tirant (fig. 39). Etant donné toutefois que ceci augmente dans une mesure considérable la largeur des semelles, il y a lieu d'employer des nervures (v. ci-dessous).

Enfin, on peut souder des couvre-joints par l'intérieur (fig. 40). Il y a lieu, dans ce cas, de veiller à ce que la soudure à cet endroit soit bien exécutée, ce qui est assez difficile. Il est utile de chanfreiner le couvre-joint le long de l'arête intérieure, dans l'angle de l'aile et de l'âme.

2) AUGMENTATION DE LA HAUTEUR DES PROFILÉS

Cette soudure est effectuée de la façon suivante : le profilé est coupé en deux, les deux parties sont écartées et ensuite rassemblées entre elles (fig. 41). Dans la plupart des cas, on intercale entre les deux parties du profilé une tôle dont l'épaisseur est égale à celle de l'âme, de forme et de dimension correspondantes. Si le renforcement doit avoir seulement un caractère local, par exemple, sur l'appui d'une poutre continue, il y a lieu de couder en conséquence une partie du profilé découpé.

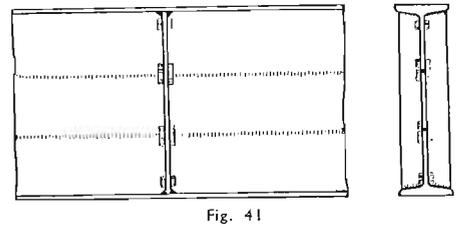


Fig. 41

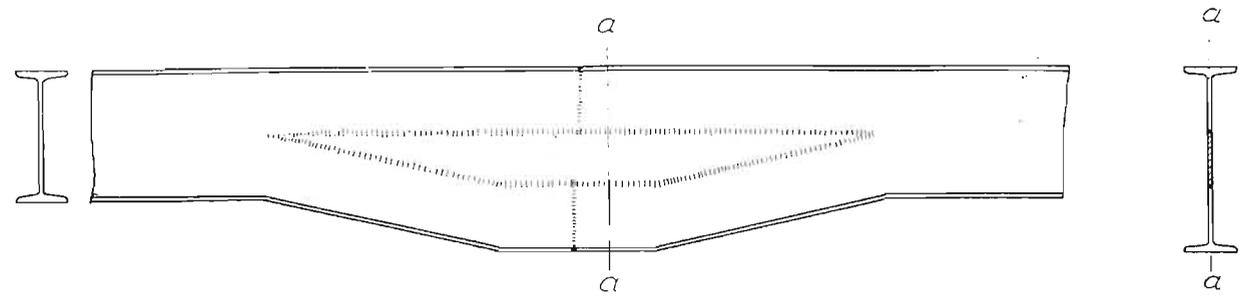


Fig. 42

Les figures 42 et 43 par exemple représentent un profilé découpé et coudé seulement sur une certaine longueur. Le procédé consistant à découper totalement un profilé et à intercaler une tôle entre les deux moitiés ainsi obtenues est assez rarement employé, car c'est une opération relativement coûteuse. D'habitude, il est préférable d'employer simplement un profilé laminé que l'on coupe suivant une ligne brisée; on déplace ensuite les deux parties l'une par rapport à l'autre, pour obtenir la hauteur voulue. Le profilé ainsi préparé comporte de ce fait des ouvertures dans l'âme.

La figure 44 représente le découpage de la poutrelle, la figure 45 la nouvelle poutrelle renforcée, réassemblée au milieu de sa hauteur par des soudures horizontales.

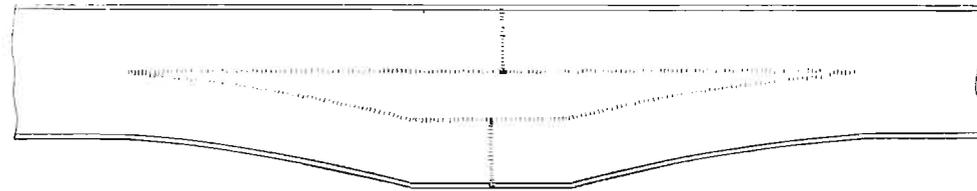


Fig. 43

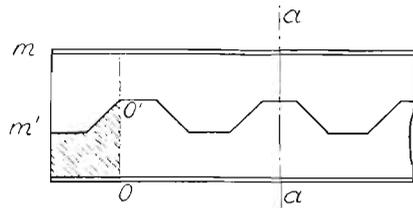


Fig. 44

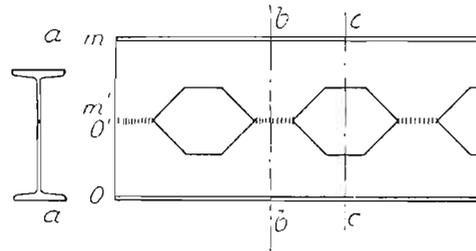


Fig. 45

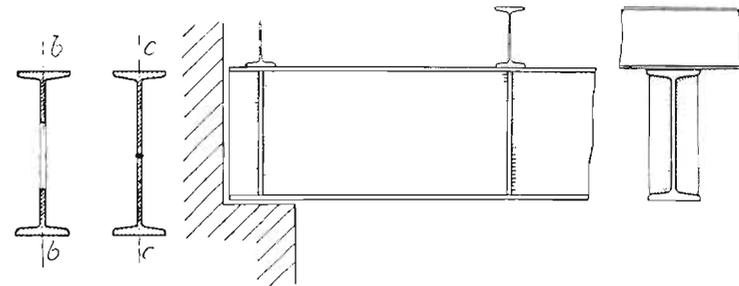


Fig. 46

3) RENFORCEMENT DE PROFILÉS A L'AIDE DE NERVURES

Ces profilés (fig. 46, voir ci-dessus) sont utilisés lorsque, pour des raisons quelconques, il est impossible d'employer les profilés précédemment décrits ou lorsque la poutre est soumise à l'action de forces importantes. Cette méthode donne de très bons résultats, notamment pour renforcer des profils assez hauts, dont la résistance dépend dans une forte mesure de la rigidité de l'âme. Dans les profilés de faible hauteur, l'emploi de nervures n'augmente la résistance que dans une mesure assez réduite. On exécute, dans la plupart des cas, des nervures en fers plats et, parfois à T. Ce renforcement s'emploie lorsque des forces sont concentrées sur la poutre.

Les poutres renforcées suivant cette méthode peuvent être employées dans des constructions neuves, lorsqu'il s'agit d'employer un profilé relativement bas, mais plus résistant qu'un profilé laminé de même hauteur. Ils sont plus souvent encore employés pour renforcer des constructions existantes, qui sont trop faibles pour une raison quelconque.

D'une façon générale, les trois types indiqués ci-dessus, couvre-joints, surélévation d'âme, nervures, peuvent être employés pour les constructions neuves. Le premier est employé lorsqu'il s'agit d'augmenter la résistance, en conservant à peu près la même hauteur au profilé. Le deuxième, lorsqu'il est permis d'augmenter cette hauteur, le troisième doit être employé si des forces concentrées agissent sur la poutre.



Fig. A 1

S'il s'agit de renforcer des constructions déjà existantes, il faut, par contre, avoir recours à la première de ces trois méthodes, suivant les fig. 30 à 36, lorsqu'on peut souder les couvre-joints de l'extérieur, et suivant les fig. 39 et 40 lorsque ces couvre-joints ne peuvent être placés qu'à l'intérieur. La troisième méthode, c'est-à-dire la soudure de nervures pour augmenter la rigidité, doit être appliquée lorsque les poutres supportent une charge concentrée, et lorsque leur âme n'est pas renforcée à l'aide de nervures déjà existantes ou de profilés additionnels. Si un seul profilé ne suffit pas, il y a lieu d'en placer plusieurs l'un à côté de l'autre. Dans le cas où il s'agit de profilés laminés, il faut, de temps en temps, les relier entre eux à l'aide de pièces rapportées, pour établir une liaison entre ces diverses pièces (A 1). Des couvre-joints communs à plusieurs poutres sont, naturellement, la meilleure forme d'assemblage.

B. Formation de profilés par assemblage de tôles soudées

Les assemblages de tôles consistent en une tôle verticale (âme) et des tôles horizontales (ailes), assemblées entre elles par des soudures horizontales (fig. 47).

On peut augmenter la résistance de la poutre à la flexion soit en augmentant le

nombre des ailes, soit en leur donnant une plus grande épaisseur. Les soudures sont calculées d'après les efforts de cisaillement horizontal qui s'exercent sur elles. Au droit des appuis et dans leur voisinage, où les efforts de cisaillement sont souvent les plus grands, on place les soudures les plus fortes et souvent les plus longues, tandis que vers le milieu de la poutre, leur longueur diminue et leur écartement augmente. Si la force de cisaillement est considérable, on exécute des soudures continues.

L'effort de cisaillement sur une longueur de e cm. s'exerçant au droit de l'assemblage de la tôle verticale avec les tôles horizontales, peut être calculé comme suit :

$$t = \frac{TS}{l} e \text{ kg} = 2 c w_s$$

Dans cette équation :

- T - désigne la force transversale dans la section de la poutre en kg.
- S - le moment statique de la surface de la section de l'aile (la tôle horizontale), par rapport au centre de gravité de la section de la poutre (milieu de la hauteur de la poutre) en cm^3 . $S = \frac{h}{2} F_n$ (approximativement).
- l - le moment d'inertie de la section en cm^4 , approximativement $l = 2 F_n \left(\frac{h}{2}\right)^2$
- e - la distance entre les centres des différentes soudures.
- c - la longueur des soudures.
- F_n - la section de l'aile.
- w_s - la tension admissible pour la soudure en Kg. par centimètre de longueur de soudure.

On donne d'habitude l'épaisseur et la longueur des soudures, et on déduit leur écartement de cette relation :

$$e = \frac{2 c h w_s}{T}$$

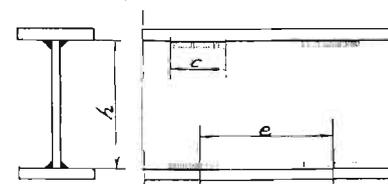


Fig. 47

Si le résultat du calcul est $e > 5c$, on adoptera comme écartement des soudures pratique la valeur $e = 5c$. On exécutera des soudures continues, si $e < 2c$. Dans ce cas, on aura, en admettant que $e = c = 1 \text{ cm}$.

$$w_s = \frac{T}{2h}$$

et par conséquent, nous choisirons une soudure dont la résistance $\geq w_s$.

Suivant les règlements allemands $w_s = s'k_s$. On en déduit la valeur de $s = 1,4 s' = \frac{0,7 T}{h k_s} \text{ kg/cm}^2$

On peut augmenter l'épaisseur des ailes de la même façon que dans les profilés renforcés, en remplaçant la tôle mince par une tôle plus épaisse, à l'aide d'un assemblage transversal simple ou oblique (v. ci-dessus). On peut également recouvrir cet assemblage par un couvre-joint spécial.

L'assemblage de l'âme des tôles soudées s'effectue le plus souvent en appliquant, indépendamment de la soudure bout à bout sur bords chanfreinés, des couvre-joints des deux côtés (fig. 48). D'ordinaire, ces couvre-joints sont relativement étroits, les soudures étant placées le long de ces couvre-joints, parallèlement aux bords de l'assemblage (verticalement).

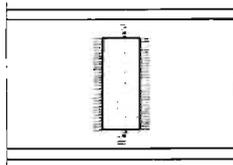


Fig. 48

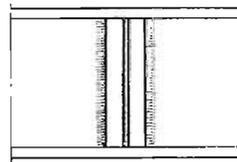


Fig. 49

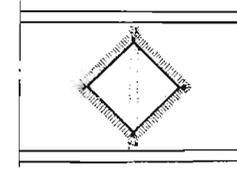


Fig. 50

Ces couvre-joints peuvent être faits en fers à té (fig. 49) et, dans ce cas, ils forment en même temps nervures qui renforcent les tôles soudées. Pour les tôles soudées de faible hauteur, on emploiera utilement des couvre-joints en parallélogramme, suivant la fig. 50, qu'il est beaucoup plus commode d'exécuter sur le chantier.

L'âme des tôles soudées doit être bien renforcée à l'aide de nervures qui sont d'habitude fabriquées avec des fers plats et plus rarement des fers en té.

C. Poteaux

Les poteaux soudés sont exécutés, le plus souvent, en fers à I, en cornières ou tôles, et plus rarement en fers d'autres profils.

Les poteaux qui doivent posséder une résistance considérable à la déformation avec, en même temps, des dimensions transversales réduites, peuvent être fabriqués en partant de tôles. On peut aussi se servir de tubes (v. chapitre sur les constructions en tubes), ou, enfin, de deux fers à I assemblés. Les poteaux composés de deux fers à I entrecroisés et perpendiculaires entre eux ont dans les deux directions le même moment d'inertie.

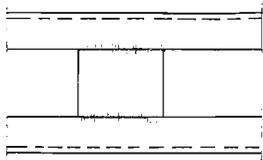


Fig. 51

Si les profilés dont se compose le poteau sont écartés, on les réunit à l'aide de plaques de tôles, qui sont joints aux fers profilés soit bout à bout (fig. 51), soit par recouvrement (A-2 et A-3). Si les profilés se touchent, on les assemble par des soudures, le plus souvent discontinues. Dans le cas où un tel assemblage est difficile ou impossible, on peut avoir recours également aux assemblages à entaille.

La base du poteau peut être exécutée de deux façons différentes :

a) On peut préparer une plaque horizontale en tôle relativement mince, comme celles employées pour



Fig. A 2

les poteaux rivés, et lui donner la rigidité voulue à l'aide de tôles trapézoïdales ou triangulaires A-4. Si la tête de base a de grandes dimensions horizontales, on peut augmenter le nombre des tôles de renforcement en les disposant de manière à assurer la plus grande rigidité du support (A-4). On peut obtenir ce résultat en disposant les tôles dans deux directions rectangulaires (dans le sens de la largeur et de l'épaisseur du pilier) ou dans des directions rayonnantes (A-5), ainsi qu'on le fait pour les piliers en fonte. Enfin, on peut aussi y disposer des renforcements additionnels, sous forme de fers plats (A-4) ou de petites traverses (A-6, A-7), de préférence en fers à U, entre les plaques de renforcement. Ces tôles sont fixées par des soudures au corps du poteau et à la plaque de base. Pour pouvoir les fixer plus facilement, ces tôles ne sont pas exécutées sous forme d'un triangle exact, mais leurs angles sont coupés (suivant fig. 52) de façon



Fig. A 3

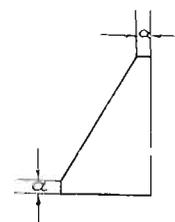


Fig. 52



Fig. A 4

que la dimension a corresponde plus ou moins à l'épaisseur de la soudure.

S'il s'agit de réaliser un renforcement de la base peu élevé, on peut remplacer les tôles par des profilés, de préférence en U ou en I (v. par ex. A-3), en formant à l'aide de ces pièces une grille de renforcement. Si les profilés qui composent la base du poteau sont très écartés



Fig. A 5



Fig. A 6



Fig. A 7

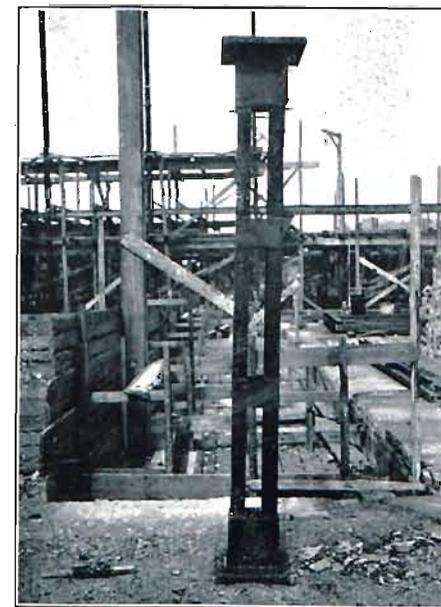


Fig. A 8

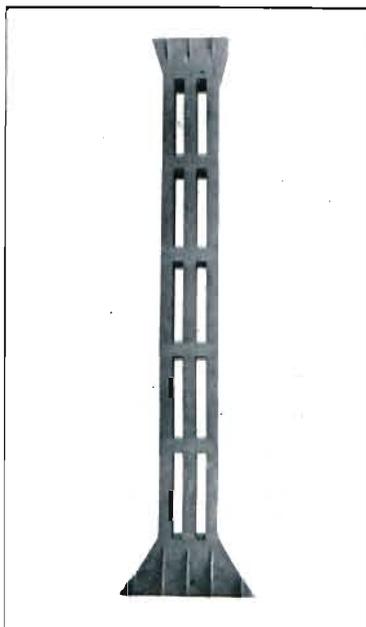


Fig. A 9

entre eux, on peut encore placer entre eux des pièces de renforcement (A-7).

b) On peut aussi former la base des poteaux d'une plaque (A-8), dont l'épaisseur est considérable, et atteint 100 mm. Il faut calculer cette épaisseur au point de vue flexion. Dans ce cas, les tôles de renforcement ne sont pas nécessaires. Les profilés qui forment le corps du poteau sont soudés directement à la plaque de base.

Les chapiteaux des piliers sont recouverts, dans la plupart des cas, d'une tôle horizontale, soudée au poteau A-9. Si une plus grande largeur est nécessaire on augmente la rigidité du chapiteau à l'aide de tôles triangulaires A-9, ou de divers autres supports (A-3, A-10).

Dans les bâtiments à ossature métallique, on emploie, pour faciliter le montage, des

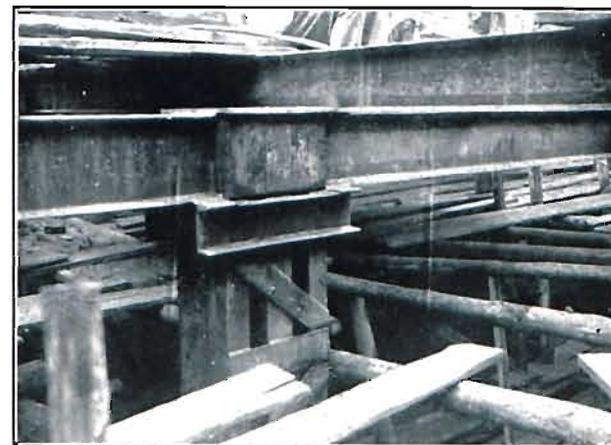


Fig. A 10

poteaux dont les diverses parties traversent deux ou trois étages (A-11). L'assemblage de ces poteaux peut être exécuté par assemblage transversal ou par assemblage longitudinal.

a) L'assemblage transversal est ainsi constitué : le poteau inférieur se termine par un chapiteau, sur lequel repose la plaque de base **b** du poteau supérieur, plaque qui est un peu moins grande que celle du chapiteau **a**, pour permettre de les souder ensemble (fig. 53). Pour faciliter le montage, on ménage dans les plaques des ouvertures correspondantes, à travers lesquelles on fait passer des chevilles rondes, ou encore on soude à la plaque du chapiteau **a** de petits fers plats qui fixent la position de la plaque **b**.

On peut aussi placer sur le chapiteau du poteau inférieur des traverses et faire porter sur elles la base du poteau supérieur. Cette méthode est moins avantageuse, car elle rend le montage plus difficile, et, d'autre part, les traverses peuvent être de hauteurs différentes. Cependant, elle est parfois plus commode (A-1).

b) L'assemblage longitudinal (fig. 14) est basé sur la fixation au chapiteau de couvre-joints qui le dépassent dans le sens de la hauteur; on place le poteau supérieur entre ces couvre-joints, et on les assemble par soudure. Habituellement, les profilés du poteau supérieur reposent directement sur les profilés inférieurs. Le poteau supérieur a ordinairement une section moins grande que celle du poteau inférieur. Si la différence n'est pas grande, on peut y souder au droit de l'assemblage, des couvre-joints dont l'épaisseur rattrape cette différence.

Si, dans la partie supérieure, les profilés dont se composent les poteaux présentent de très fortes différences, on peut exécuter l'assemblage suivant la fig. 54 a, en découpant en conséquence ces profilés et en coudant ensuite les ailes pour s'adapter à la largeur du poteau supérieur.

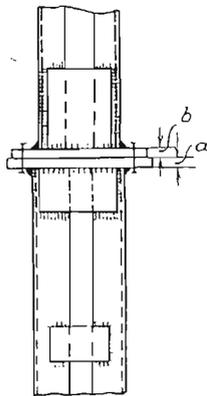


Fig. 53

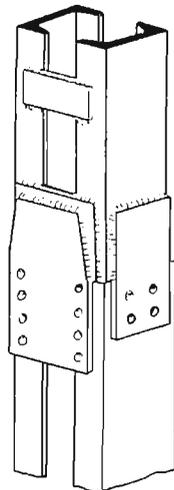


Fig. 54

D. Poutres à treillis

C'est surtout dans la construction de poutres à treillis que la soudure a permis une très grande variété d'assemblages auxquels on ne pouvait pas songer en employant l'assemblage riveté (v. chap. IV B). Cela est devenu possible, d'une part, à cause de l'utilisation d'un plus grand nombre de profilés, et d'autre part, en raison de la possibilité d'assembler ces profilés entre eux.

On peut, par exemple, employer des attaches combinées (fig. 55) dans lesquelles sur un seul nœud se trouvent rassemblés des joints par recouvrement et des soudures bout à bout (légèrement écartées du centre du nœud).



Fig. A 11

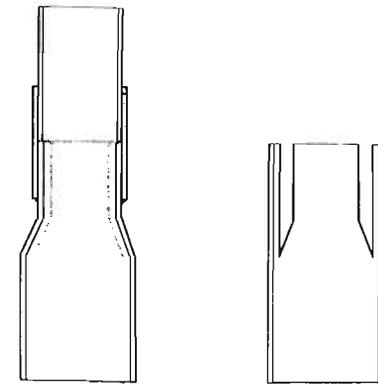


Fig. 54 a

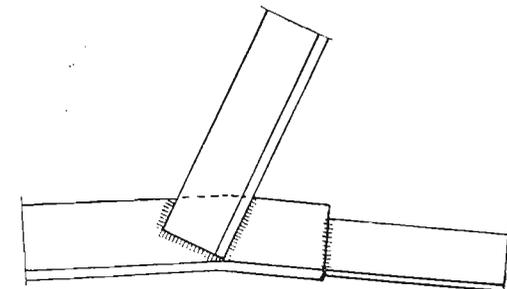


Fig. 55

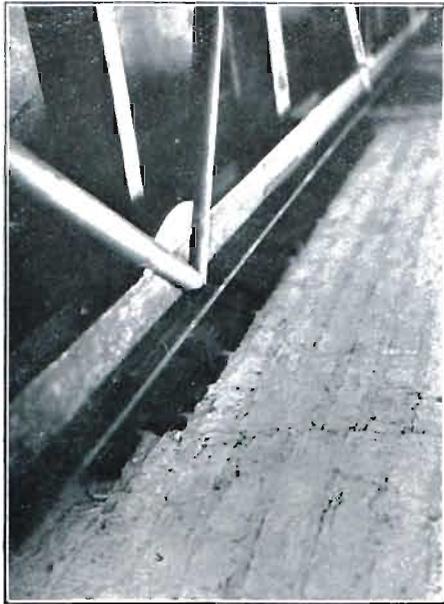


Fig. A 12

L'exécution des poutres à treillis soudées est basée sur l'application des règles indiquées ci-dessus, et sur le choix convenable des sections.

Les sections qui conviennent le mieux pour la construction de membrures de poutres à treillis supportant un effort peu considérable, sont des fers à T ou des fers à double T coupés en deux (A-12). Les sections doubles (par exemple deux cornières) sont moins commodes, d'autant plus que l'on peut difficilement, en les employant, se passer de goussets.

On peut, naturellement, employer des sections différentes, comme, par exemple, des tubes (surtout pour des membrures peu écartées) et des fers plats (pour des membrures assez éloignées l'une de l'autre).

Pour des dimensions et des charges plus grandes, on peut se servir de fers à double T, les barres du treillis pouvant être assemblées directement l'une sur l'autre ou par l'intermédiaire de goussets, suivant fig. 56 et 57.

Pour des charges encore plus grandes (ponts), on se sert de sections composées de tôles et profilés.

Les barres sont faites en profilés, qui sont le plus souvent découpés à

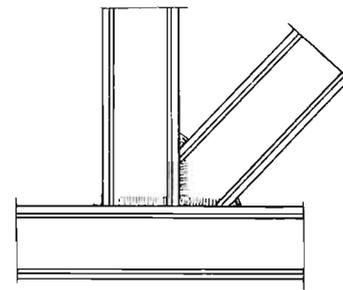


Fig. 56

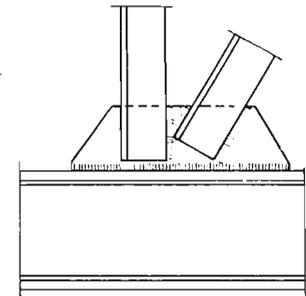


Fig. 57

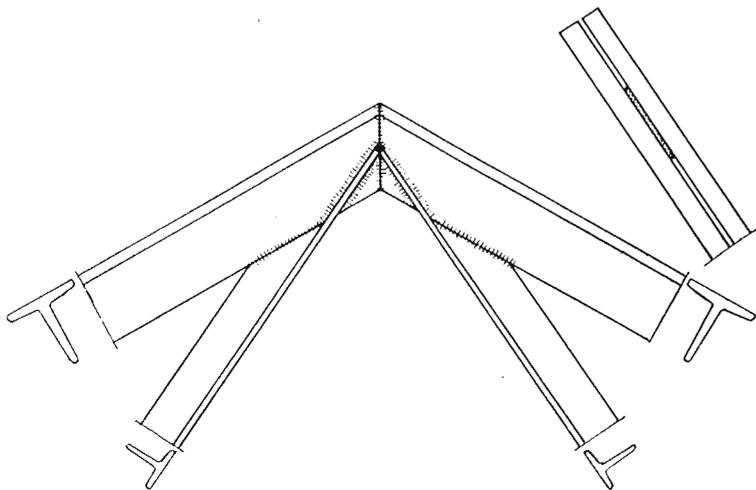


Fig. 58

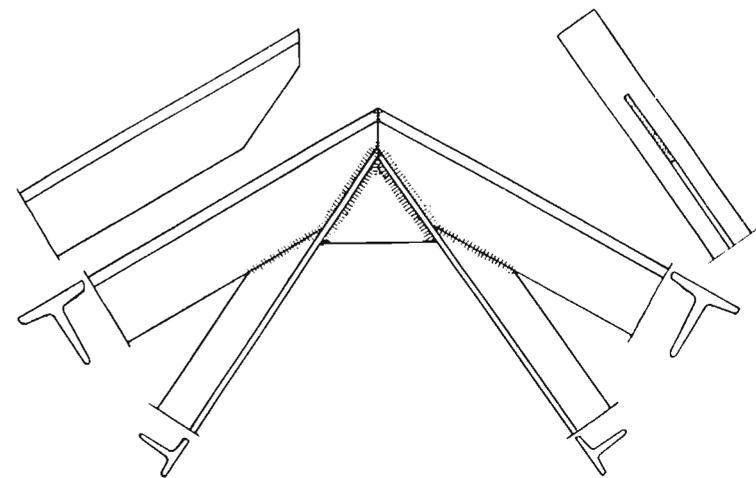


Fig. 59

l'endroit où ils s'attachent aux membrures. Pour des treillis de dimensions réduites, on emploie surtout des cornières ou des fers à T. Les tubes sont employés lorsqu'il s'agit de diminuer, dans la mesure du possible, les dimensions transversales de la barre, par exemple, lorsqu'il faut que le toit projette le moins d'ombre possible sur le vitrage qui se trouve au-dessous de lui (A-12). Pour des treillis qui supportent une plus grande charge, on emploie aux croisements des fers en double T, pour ceux qui sont encore plus chargés (ponts) des sections composées de profilés et de tôles.

Il y a lieu de s'arrêter tout spécialement à la question des nœuds des faîtes des fermes. Cette question est plus difficile à résoudre, car à ces endroits se rencontrent un grand nombre de poutres, qu'il s'agit d'assembler, et les angles entre les axes de ces poutres sont d'habitude très aigus. Les fig. 58 et 59 représentent deux exemples de construction d'assemblages de faîtes de fermes, et montrant la différence existant avec la construction rivée.

Les fers à T représentés par la fig. 58 sont découpés de façon à enserrer des deux côtés l'âme de l'arbalétrier. Sur la fig. 59 nous voyons les âmes des arbalétriers chanfreinées en diagonale et les tôles triangulaires intercalées entre les diagonales.



Fig. A 13

VII. ASSEMBLAGE DES POUTRES ENTRE ELLES ET AVEC LES POTEAUX

L'assemblage des poutres entre elles se fait par soudure suivant le mode représenté fig. A-13. Si l'on peut se contenter de l'assemblage indiqué fig. 59 a, cette méthode paraît plus avantageuse, car elle ne présente pas de soudures au plafond.

Les longrines et les solives sont reliées aux poteaux dans la plupart des cas par des soudures directes (fig. 60) calculées d'après la formule indiquée à la page 13. Pour constituer l'appui nécessaire, on dispose parfois, entre ou sur les membrures du poteau, une tôle soudée (fig. 60 a). Le montage est fortement facilité par des consoles (cornières très courtes) soudées au poteau à l'atelier, sur lesquelles on fait reposer la semelle de la poutre (fig. 60 b). On peut également préparer un support analogue avec de petits fers à T, ou suivant toute autre méthode. Les longrines qui passent à travers un poteau en deux parties peuvent prendre appui sur des traverses ou des tôles interposées entre les membrures (fig. 61). Lorsque les longrines sont formées de deux profils à une certaine distance l'un de l'autre, on peut directement souder leurs âmes au poteau les ailes étant également découpées et soudées au poteau (A-14 et fig. 62).

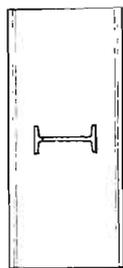


Fig. 59 a

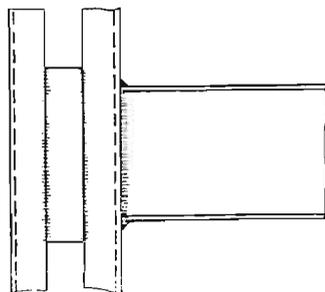


Fig. 60

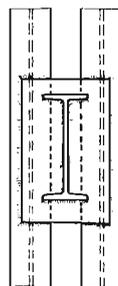
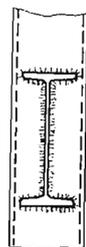


Fig. 60 a

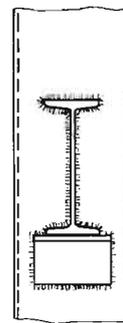
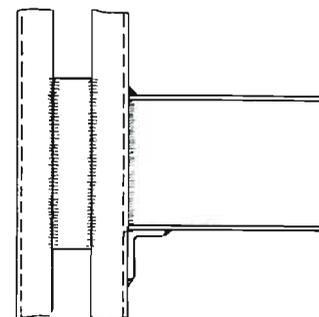


Fig. 60 b



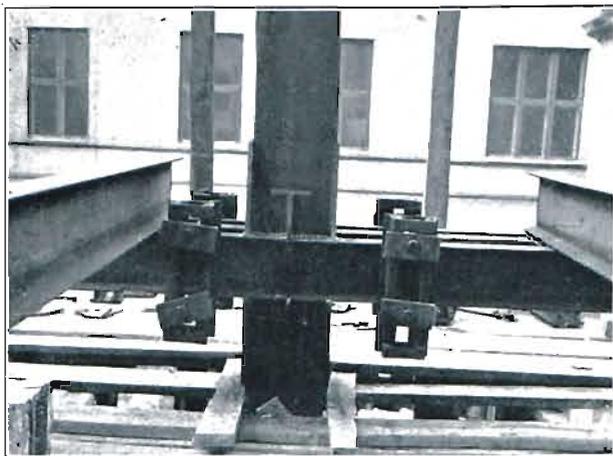


Fig. A 14

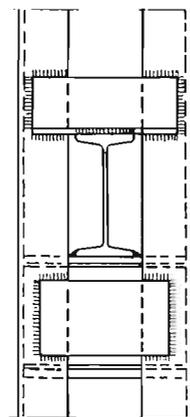


Fig. 61

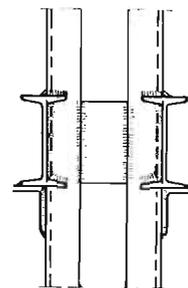


Fig. 62



Fig. A 15

Si le poteau supporte plusieurs poutres l'une à côté de l'autre, on peut exécuter les assemblages de différentes façons. La construction de la Caisse d'Epargne Postale en offre de nombreux exemples (A-10, A-14, A-15, A-16).

Les poutres à une seule travée peuvent être l'objet d'un renforcement; celles qui reposent sur plusieurs appuis peuvent être continues. En pratiquant un renforcement, ou en assurant la continuité de la poutre, on pourra réduire sensiblement ses dimensions. Les assemblages suivants permettent de satisfaire à ces conditions :

- 1° Les profilés ne présentent pas de solution de continuité (A-17);
- 2° Les profilés sont renforcés avec des tôles triangulaires ou trapézoïdales (fig. 63);
- 3° On emploie un couvre-joint qui, par dessus la poutre principale, relie les ailes des deux traverses dont la continuité était interrompue par le passage de cette poutre (A-17). Les dimensions de ce couvre-joint doivent être calculées pour qu'il puisse supporter l'effort total d'extension imposé aux ailes qu'il relie.

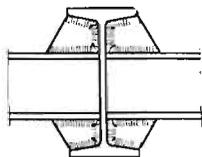


Fig. 63

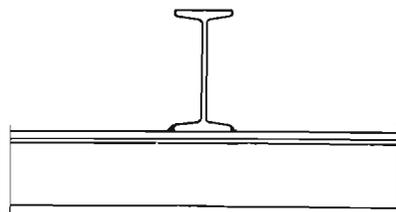


Fig. 64

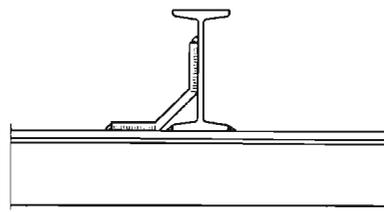


Fig. 65

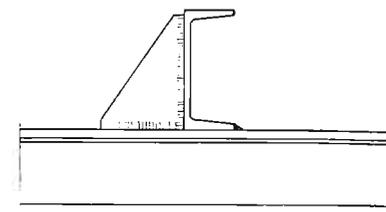


Fig. 66

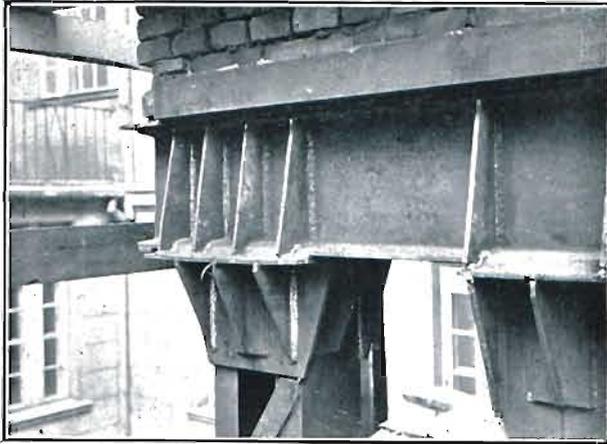


Fig. A 16

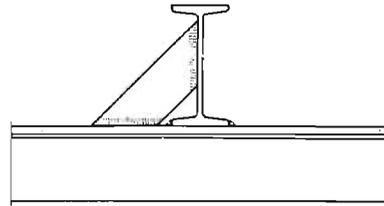


Fig. 67



Fig. A 17

La fixation des pannes sur les arbalétriers est exécutée dans la plupart des cas de la façon suivante :

- a) soit par un assemblage direct à l'aide de deux soudures à clin, lorsque la pente du toit n'est pas très grande (fig. 64);
- b) en se servant d'un appui composé de tôles coudées (fig. 65);
- c) soit en se servant d'un appui composé de tôles triangulaires sur champ (fig. 66 et 67);
- d) soit enfin en remplaçant dans le procédé précédant les tôles par des profilés découpés également en triangles (fig. 68).

Si l'arbalétrier est fait d'un tube, la panne est supportée soit sur des tôles soudées suivant la figure 69, soit sur des supports indiqués fig. 70 que l'on découpe de préférence dans des fers à T ou à double T.

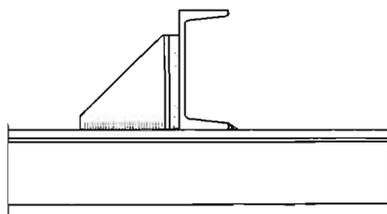


Fig. 68

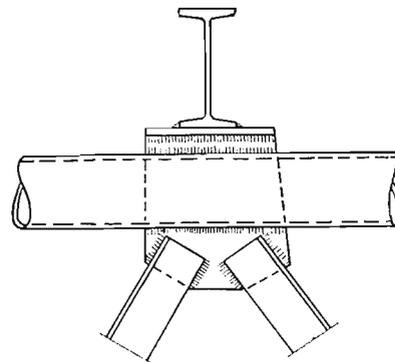


Fig. 69

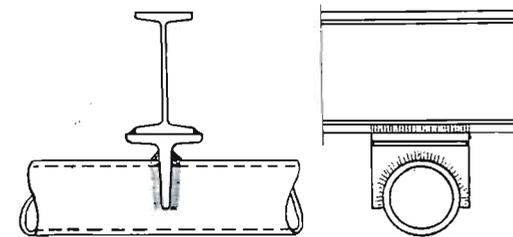
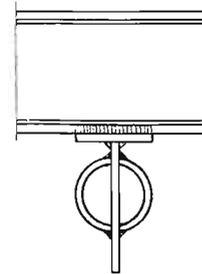


Fig. 70

VIII. CONSTRUCTIONS EN TUBES

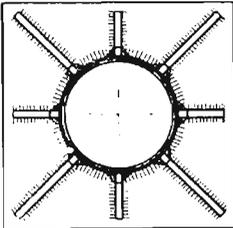
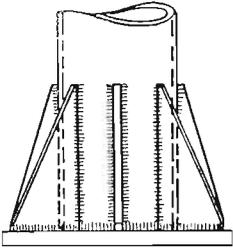


Fig. 71

L'emploi des tubes dans les constructions en charpentes métalliques n'a été rendu possible que par la soudure. On peut se servir de tubes étirés sans soudure, ou de tubes à soudures longitudinales ou en hélice.

Les avantages des tubes, comme éléments de construction, sont les suivants :

Economie maximum de matière dans les éléments travaillant à la compression, et qui présentent le poids le plus réduit. Cette propriété déjà intéressante par elle-même, intervient d'une façon importante dans l'évaluation des frais totaux. Toutefois, quand il s'agit de tubes sans soudure, leur prix élevé ne peut en général être compensé par l'économie provenant de la réduction de poids, mais en employant ces tubes soudés, on diminue sensiblement les prix, et cet emploi peut être tout à fait avantageux.

Bel aspect extérieur surtout dans les petites constructions, supérieur à celui des cornières et autres profilés, particulièrement intéressant pour les mâts, les passerelles, etc... Par ailleurs, les considérations d'ordre architectural rendent souvent nécessaire l'emploi de sections circulaires.

Absence d'arêtes vives, ce qui est surtout appréciable aux endroits où ces arêtes peuvent blesser des personnes, ou lorsqu'il s'agit d'obtenir une surface lisse au toucher. Pour cette raison, les barres d'appui, les rampes, etc., sont souvent construites en tubes.

Sections réduites ; les constructions tubulaires ne projettent que des ombres de faible largeur. Cette qualité les fait apprécier dans les constructions à claire-voie ou servant à l'éclairage. C'est ainsi, par exemple, que la charpente du vitrage au-dessus du hall de la Caisse d'Épargne Postale de Varsovie a été faite en tubes.

Surface extérieure plus réduite qu'avec les autres sections. Cette diminution atteint, dans les cas normaux, 20, 30 et parfois même 50%. Par conséquent, la quantité de revêtement, peinture, etc., employée est aussi plus petite.

Pression du vent moins forte tant à cause de la surface réduite qu'à cause des formes arrondies de la charpente.

D'un autre côté, le principal obstacle à l'emploi des tubes est **leur prix unitaire plus élevé**, dont nous avons déjà parlé ci-dessus. A ne considérer que la question des frais globaux, la construction faite à l'aide de tubes est rarement avantageuse. Cela se produit cependant quelquefois, mais dans la plupart des cas, les décisions sont dictées par d'autres considérations (que nous venons de citer ci-dessus).

On a exprimé des craintes quant à la difficulté de conservation de l'intérieur, mais ces craintes n'ont plus maintenant leur raison d'être. En effet, l'emploi de ciment à l'intérieur des tubes les protège complètement contre la rouille, tout en augmentant quelque peu le poids de la construction. En outre, aux assemblages, les tubes sont fermés et soudés, ce qui les garantit aussi contre la rouille.

On peut assembler les tubes soit bout à bout, soit à l'aide de tôles de jonction. L'assemblage bout à bout peut être exécuté soit sans renforcement, soit avec renforcement.

L'assemblage peut être exécuté à l'aide de tôles de jonction dans deux cas, d'abord lorsqu'il s'agit d'un assemblage exclusivement composé de tubes, et ensuite, lorsque l'assemblage présente à la fois des tubes et d'autres profilés, comme par exemple des fers à T. Les tôles de jonction permettent en effet d'augmenter la longueur des soudures, et éventuellement, d'égaliser les longueurs de plusieurs soudures. On peut les placer aussi de deux façons différentes : soit entre les tubes, soit en les insérant dans des ouvertures découpées dans les tubes (A-12).

La fig. 71 représente des détails de piliers construits en tubes.

Les principes ci-dessus, destinés à l'étude des constructions soudées, ne sont donnés évidemment que d'une façon tout à fait schématique, et seulement pour les constructions qui se rencontrent le plus fréquemment. Nous n'avons parlé ni de la construction des ponts, ni des constructions que l'on rencontre plus rarement, comme par exemple, les châteaux d'eau.

Les bâtiments construits ces dernières années en Pologne forment un exemple des plus intéressants de l'application de la soudure à la charpente d'acier.

Parmi eux, on peut citer diverses constructions exécutées à Varsovie, parmi lesquelles l'immeuble de la Caisse d'Épargne Postale, dont le présent album donne la description et reproduit les photographies des éléments et des assemblages les plus caractéristiques.

Stefan BRYLA, Professeur à l'École Polytechnique de Lwow.