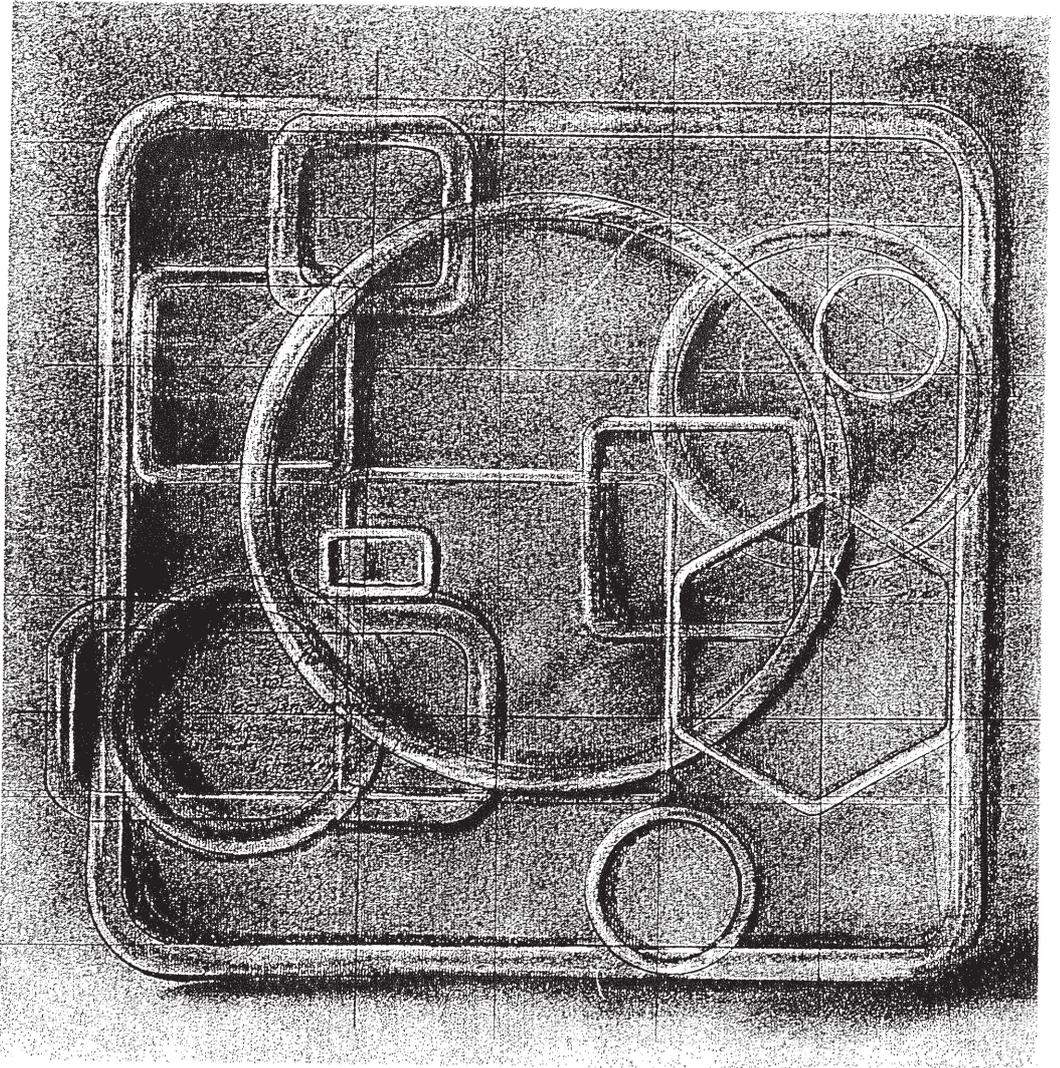


VALEXY

ASSEMBLAGES DE PROFILS CREUX



Dispositions Constructives

ASSEMBLAGES DE PROFILS CREUX

Dispositions Constructives

par
Michel TOURNAY

SOMMAIRE

INTRODUCTION	7
Chapitre 1. – GÉNÉRALITÉS	9
1.1 – Configurations dimensionnelles	9
1.11 – Configuration transversale	9
1.12 – Configuration longitudinale	10
1.2 – Dispositions fondamentales	10
1.21 – Dispositifs de raidissement	10
1.22 – Transmission des efforts	11
1.23 – Obturation des extrémités des profils creux	11
1.24 – Convergence des lignes d'épure	11
1.25 – Excentricité	11
Chapitre 2 – ASSEMBLAGES COURANTS EN N ET K	13
2.1 – Membrure en profil creux circulaire	13
2.11 – Assemblages avec espacement	13
2.12 – Assemblages avec recouvrement	13
2.13 – Assemblages en K avec montant	14
2.14 – Limites usuelles	15
2.2 – Membrure en profil creux carré ou rectangulaire	16
2.21 – Assemblages avec espacement	16
2.22 – Assemblages avec recouvrement	16
2.23 – Assemblages en K avec montant	17
2.24 – Dispositifs de renforcement éventuels	18
2.25 – Limites usuelles	19
2.3 – Membrure en profil ouvert de type I ou H	20
2.31 – Assemblages avec espacement	20
2.32 – Assemblages avec recouvrement	21
2.33 – Assemblages en K avec montant	21
2.34 – Répartition des dispositifs de renforcement éventuels	22
2.35 – Limites usuelles	24
2.4 – Membrure en profil ouvert de type U	25
2.41 – Assemblages avec espacement	25
2.42 – Assemblages avec recouvrement	25
2.43 – Assemblages en K avec montant	26
2.44 – Dispositifs de renforcement éventuels	26
2.45 – Limites usuelles	26

Chapitre 3 – ASSEMBLAGES D'ANGLES ET VIERENDEEL	28
3.1 – Assemblages d'angle	28
3.11 – Assemblages soudés	28
3.111 – Assemblage simple	28
3.112 – Assemblage avec raidisseur transversal	28
3.113 – Assemblage avec « jarret »	29
3.114 – Assemblage avec goussets latéraux	29
3.12 – Assemblages boulonnés	30
3.121 – Assemblage par brides à 45 °	30
3.122 – Assemblage par brides à 90 °	30
3.123 – Assemblage par jarret boulonné	30
3.2 – Assemblages Vierendeel	30
3.21 – Assemblage sans renforcement	31
3.22 – Assemblage avec raidisseur transversal	31
3.23 – Assemblage avec semelle renfort	32
3.24 – Assemblage renforcé par des « jarrets »	32
3.25 – Assemblage renforcé par une pyramide tronquée	33
Chapitre 4 – ASSEMBLAGES BOUT A BOUT	34
4.1 – Assemblages soudés	34
4.2 – Assemblages avec manchon soudé	36
4.3 – Assemblages avec manchon intérieur boulonné	37
4.4 – Assemblages à brides	37
4.5 – Assemblages à éclisses	39
4.6 – Assemblages vissés	40
4.7 – Assemblages avec extrémité rétreinte	41
Chapitre 5 – ASSEMBLAGES AVEC APLATISSEMENTS	42
5.1 – Considérations générales	42
5.11 – Différents types d'aplatissement	42
5.12 – Paramètres influant sur le comportement de l'assemblage	42
5.13 – Longueurs de flambement	43
5.14 – Soudure	44
5.15 – Résistance des assemblages	45
5.2 – Assemblages soudés	45
5.21 – Poutres planes	45
5.22 – Poutres quadrangulaires	46
5.23 – Poutres triangulaires	46

5.3	– Assemblages boulonnés	47
5.31	– Contreventements – Entretoisements	47
5.32	– Structures spatiales	47
Chapitre 6 – EMBASES DE POTEAUX		48
6.1	– Appuis simples	48
6.11	– Cas courant : bride pleine	48
6.12	– Appui avec dispositif de réglage	48
6.2	– Appuis avec articulation	48
6.21	– Chute de T ou gousset soudé	48
6.22	– Chape soudée	49
6.23	– Chape pliée	49
6.24	– Pied de portique à deux membrures	49
6.25	– Appui sur un grain soudé	50
6.3	– Appuis avec encastrement	50
6.31	– Poteaux à membrure unique	50
6.311	– Profil creux circulaire	50
6.312	– Profil creux carré	51
6.313	– Profil creux rectangulaire	51
6.32	– Poteaux à treillis plans	52
6.321	– Membrures en profils creux circulaires	52
6.322	– Membrures en profils creux rectangulaires	52
6.323	– Membrures en profils ouverts IPE	53
6.4	– Poteau avec descente d'eau	53
Chapitre 7 – POUTRES A TREILLIS PLANES		54
7.1	– Pieds de fermes ou de sablières	54
7.11	– Attaches de fermes sur poteaux	54
7.111	– Remarque préliminaire	54
7.112	– Fermes posées sur poteaux	54
7.113	– Fermes boulonnées latéralement sur poteaux	56
7.12	– Attaches de fermes sur sablières	59
7.13	– Repos de ferme sur massif en béton	60
7.2	– Détails de faitage	61
7.21	– Fermes sans articulation	61
7.22	– Ferme avec articulation	62
7.3	– Joints intermédiaires boulonnés	62
7.31	– Joints au droit d'une panne-Poutre en V	63
7.32	– Joint décalé – Poutre en V	63
7.33	– Joint de poutre en N	63

Chapitre 8 – LIAISONS TRAVERSESES-POTEAUX	64
8.1 – Assemblages solives-poteaux	64
8.11 – Cas général	64
8.12 – Assemblages courants	64
8.121 – <i>Simple gousset vertical</i>	64
8.122 – <i>T ou demi-poutrelle soudé sur poteau</i>	65
8.123 – <i>Cornière formant tasseau</i>	65
8.124 – <i>Plat formant tasseau</i>	65
8.125 – <i>Cornières attaches boulonnées</i>	66
8.126 – <i>Platines soudées</i>	66
8.127 – <i>Chute de U soudée</i>	66
8.13 – Attache multiple	66
8.14 – Solive en double C	67
8.15 – Boulons ou rivets aveugles	67
8.16 – Liaison en tête de poteau	67
8.17 – Poteaux interrompus au droit des solives	68
8.171 – <i>Solive avec joint de montage entre deux poteaux</i>	68
8.172 – <i>Solive ininterrompue entre deux poteaux</i>	68
8.2 – Assemblages de lisses de bardage	68
8.21 – Liaison directe	68
8.22 – Liaison par cornière ou platine	69
8.23 – Lisse en profil creux sur poteau en profil creux	69
Chapitre 9 – ATTACHES DE PANNES	70
9.1 – Panne en I	71
9.2 – Panne en profil creux rectangulaire	71
9.3 – Pannes en profils pliés à froid	72
9.4 – Pannes à treillis	73
9.41 – Dispositions générales	73
9.42 – Différents types d'attaches	74
9.5 – Panne avec contrefiches	75
Chapitre 10 – CONTREVENTEMENTS PALÈES DE STABILITÉ	76
10.1 – Contreventements verticaux	76
10.11 – Contreventements en croix	76
10.12 – Contrefiches	76

10.2 – Palées de stabilité	77
10.21 – Portique en croix	77
10.22 – Portique en K	78
10.23 – Palée avec jambes de force	78
10.3 – Poutres au vent	79
Chapitre 11 – ATTACHES DE POUTRES DE ROULEMENT	80
11.1 – Ponts posés	80
11.11 – Joint de poutre	80
11.12 – Fixation intermédiaire	80
11.13 – Poteau à double membrure	81
11.2 – Ponts suspendus	81
11.21 – Membrure inférieure en profil creux carré	81
11.22 – Membrure inférieure en profil H	82
11.23 – Fermes triangulaires pointe en bas	82
11.24 – Fermes triangulaires pointe en haut	82
Bibliographie : OU TROUVER DES RENSEIGNEMENTS PRATIQUES POUR BIEN UTILISER LES CARACTÉRISTIQUES DES PROFILS CREUX ?	83

INTRODUCTION

L'utilisation des profils creux en acier s'est considérablement développée en France depuis une quinzaine d'années grâce à l'arrivée sur le marché de nouvelles gammes de profils adaptés aux besoins spécifiques de la constructions métallique, profils creux carrés et rectangulaires en particulier.

Dans le même temps, des campagnes d'essais réalisés dans le cadre international du CIDECT (1) permettaient la simplification des techniques de mise en œuvre et une meilleure connaissance du comportement des assemblages réalisés à partir de ces profils.

Il a été constaté que, dans la plupart des cas, la simplicité des assemblages va de pair avec la sécurité des constructions.

L'application des formules et des dispositions constructives données dans cet ouvrage suppose que les profils creux utilisés sont conformes aux normes françaises NF A 49-501 et NF A 49-541 (2).

Vérification des assemblages soudés

La vérification de leur résistance doit normalement être faite conformément aux normes françaises :

- NF P 22-250
- NF P 22-255
- NF P 22-258

Le logiciel ASTER, diffusé par le CTICM (3), effectue les calculs de vérification des assemblages soudés de profils creux sous charges statiques en parfaite conformité avec ces normes.

Dispositions constructives

Le présent ouvrage fait l'inventaire des dispositions constructives les plus courantes. Ces dispositions constructives sont, pour la plupart, le résultat de l'expérience acquise depuis 1950 environ par les constructeurs d'une quinzaine de pays, et des recherches menées dans le cadre du CIDECT.

Dans aucun cas, il ne s'agit de recommandations impératives, mais plutôt de suggestions permettant au projeteur de définir la solution la mieux adaptée à son problème particulier.

Les textes de ce document reprennent, dans une grande proportion, les articles du même auteur parus dans le revue CMS (17 rue du Louvre - 75001 Paris).

(1) - Comité International pour le Développement et l'Étude de la Construction Tubulaire.

(2) - Les normes françaises sont diffusées par l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

(3) - Centre Technique Industriel de la Construction Métallique

1 - GÉNÉRALITÉS

La plupart des recherches effectuées au sein du CIDECT (1) ces dernières années ont fait clairement apparaître que les techniques de mise en œuvre des profils creux s'orientent vers des assemblages de plus en plus simples, dépourvus au maximum de goussets, de raidisseurs ou autres dispositifs de renforcement.

Pour bien concevoir un assemblage et le calculer facilement, il faut connaître son comportement. C'est précisément la connaissance du comportement des différents types d'assemblages qui a permis d'abord, de mettre au point des formules de calcul simples et ensuite, de sélectionner un certain nombre de dispositions constructives favorables à une utilisation rationnelle et économique des profils creux.

Il existe de très nombreuses façons d'assembler différents profils entre eux et nous ne citerons que les deux principales techniques d'assemblage :

- le soudage,
- le boulonnage.

Il est bien évident que la forme même des profils creux et le fait qu'ils soient fermés font du soudage la technique la plus répandue dans la mise en œuvre des profils creux.

Cependant, dans de nombreux cas, en particulier en ce qui concerne l'assemblage de sous-ensembles sur chantier, le boulonnage est souhaitable. Les techniques qui permettent de réaliser ces assemblages de façon simple et économique ont été mises au point et sont également traitées dans cet ouvrage.

1.1 — CONFIGURATIONS DIMENSIONNELLES

C'est le calculateur qui détermine, au moment du projet, la conception d'ensemble de la construction ainsi que les dimensions des différentes barres.

(1) - Comité International pour le Développement et l'Étude de la Construction Tubulaire. Cet organisme, constitué par la plupart des principaux fabricants de profils creux du monde, a pour but de promouvoir l'utilisation des profils creux dans la construction en finançant des travaux de recherche et en assurant la diffusion des résultats de ces travaux et de toutes informations relatives à son objet.

Pour effectuer son calcul, le projeteur a dû définir des hypothèses que le dessinateur d'exécution devra bien entendu respecter au maximum. Citons par exemple :

- les longueurs de flambement,
- les conditions d'extrémité (articulation ou encastrement),
- la position des dispositifs de raidissement éventuels,
- etc.

Par ailleurs, le dessinateur d'exécution devra tenir compte dans l'étude de l'assemblage, de l'accessibilité de toutes les faces pour la mise en peinture, de l'outillage existant et des habitudes des ateliers de fabrication.

1.11 — Configuration transversale

Dans les assemblages soudés, il est assez difficile d'effectuer une classification stricte des différents types d'assemblages. Il est cependant possible de distinguer quatre grandes familles d'assemblages soudés en fonction du type de membrure (voir figure 1).

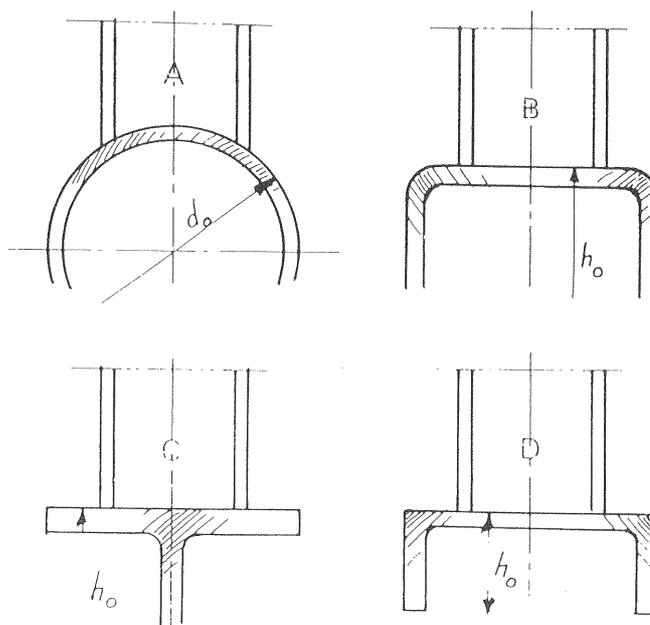


Figure 1.

Le comportement d'un assemblage soudé est fonction de nombreux facteurs, mais il dépend en premier lieu du type de membrure :

- pour une membrure en profil creux circulaire, « l'effet de voûte » donne à l'assemblage une raideur exceptionnelle (figure 1 A) ;
- pour une membrure en profil creux carré ou rectangulaire, ce sont évidemment les zones proches des angles qui confèrent à l'assemblage sa raideur (figure 1 B) ;
- pour une membrure en profil ouvert traditionnel (IPE, HEA, etc.), la zone voisine de l'âme constitue la partie la plus résistante de l'assemblage (figure 1 C) ;
- pour une membrure en profil U, le comportement est analogue à celui des membrures en carré (figure 1 D).

Par conséquent, le dessinateur devra tenir compte, dans les dispositions constructives qu'il adoptera, de la particularité de chacun de ces quatre principaux types d'assemblages.

1.12 – Configuration longitudinale

Les principaux types d'assemblages soudés traités ci-après sont les assemblages de types N, K, T, X, Y.

Pour les deux premiers types, N et K, les plus courants, on verra que la configuration longitudinale d'un ensemble soudé a une très grande influence sur son comportement, donc sur sa résistance.

On retrouve, dans les formules des assemblages soudés, les mêmes paramètres significatifs quel que soit le type de membrure, avec bien entendu des coefficients d'influence différents (voir figure 2).

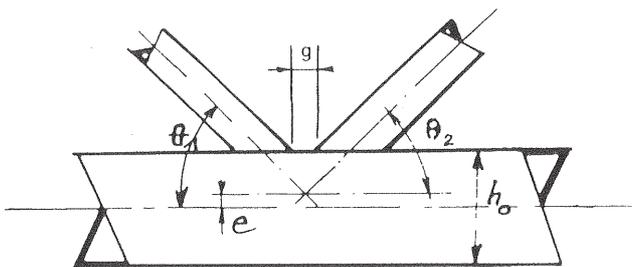


Figure 2.

Ces principaux paramètres sont :

- Excentricité relative :

$$\frac{e}{d_0}, \frac{e}{h_0}$$

avec d_0 ou h_0 suivant le type de membrure (voir figure 1).

- Espacement relatif :

$$\frac{g}{d_0}, \frac{g}{h_0}$$

Dans le cas d'un g négatif (cas du recouvrement), la valeur de ce rapport a également une grande influence et les formules en tiennent compte.

- Angle d'accostage

$$\theta_1, \theta_2$$

Les valeurs limites de ces paramètres de treillis et la membrure sont différentes suivant le type d'assemblage. Elles sont données au chapitre 2.

1.2 – DISPOSITIONS FONDAMENTALES

1.21 – Dispositifs de raidissement

L'expérience acquise par les constructeurs et les études faites en laboratoire ont largement démontré que, dans la plupart des cas d'assemblage soudés, les dispositifs de renforcement ou de raidissement n'étaient pas nécessaires.

Par contre, dans les cas d'assemblages boulonnés :

- base de poteau,
- pied de ferme,
- attache de contreventement,
- attache de solive sur poteau,
- etc.,

il est parfois nécessaire de prévoir certains raidisseurs ou goussets d'assemblage.

Pour la mise en place de ces éléments, il y a lieu de bien distinguer les profils creux circulaires et les profils creux carrés ou rectangulaires. En effet, un raidisseur soudé sur la génératrice d'un profil creux circulaire a toujours la même efficacité quelle que soit cette génératrice (voir figure 3).

Par contre, dans le cas de profils creux carrés ou rectangulaires, il faut éviter de souder un raidisseur en plat au milieu d'une face ; l'angle d'un carré ou d'un rectangle constitue la zone la plus raidie et la plus résistante de ce type de profil (voir figure 4).

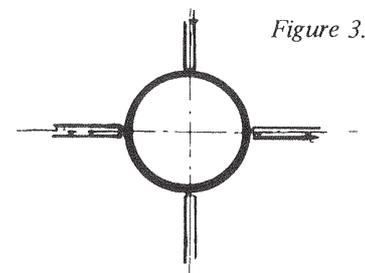


Figure 3.

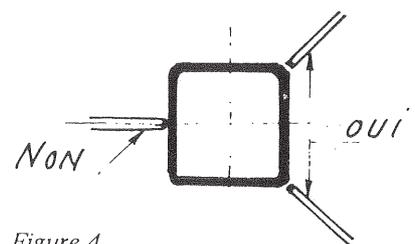


Figure 4.

1.22 — Transmission des efforts

Tous les exemples détaillés dans les chapitres qui suivent tiennent compte des résistances spécifiques des profils utilisés (ronds, carrés ou rectangulaires).

Nous ne mentionnons ci-dessous qu'un exemple de disposition simple qui illustre la nécessité de bien réfléchir à la façon dont les efforts se transmettent (figure 5).

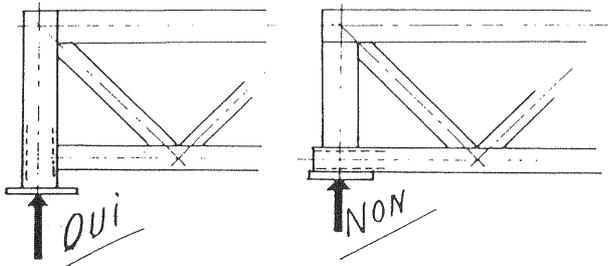


Figure 5.

1.23 — Obturation des extrémités des profils creux (figure 6)

La question de la protection naturelle de l'intérieur des profils creux de construction a été traitée en détail dans la notice 1059 de la Chambre Syndicale des Fabricants de Tubes d'Acier, document diffusé sous le code 23.006 par l'OTUA.

Nous croyons cependant utile, dans ce chapitre de généralités, de souligner cette particularité des profils creux.

Lorsque les extrémités d'un profil creux sont obturées, il n'existe aucun risque de corrosion intérieure de ce profil, quel que soit le milieu ambiant extérieur.

Toutefois dans le cas des constructions galvanisées, les deux faces des profils creux étant protégées, cette obturation, dans la plupart des constructions courantes, n'est pas indispensable. Il faut noter également que cette obturation est formellement déconseillée pour les constructions galvanisées après soudure (galvanisation d'ensembles ou de sous-ensembles terminés).

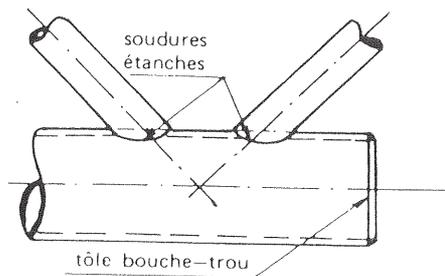


Figure 6.

1.24 — Convergence des lignes d'épure

En règle générale, la convergence des lignes d'épure est souhaitable. Il faut cependant vérifier que l'espacement théorique g est suffisant pour effectuer une soudure correcte.

A l'examen de la figure 7, on constate que pour une même convergence et un même θ , on aura un espacement g nettement plus important dans le cas des assemblages en K que dans le cas des assemblages en N.

La valeur de g minimum pour réaliser le cordon de soudure est variable suivant la forme des barres de treillis.

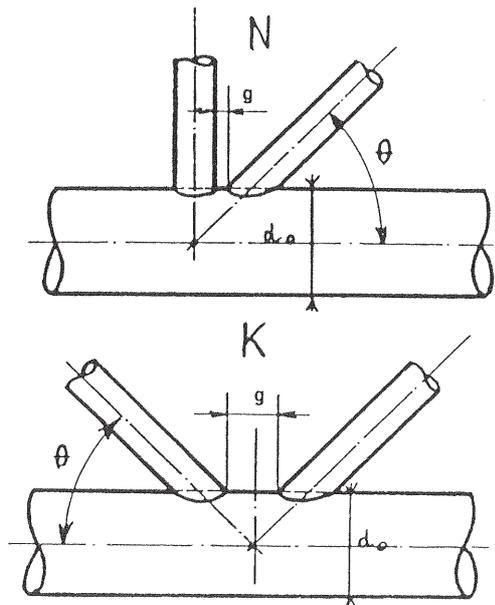


Figure 7.

1.25 — Excentricité

Lorsque les dimensions et les inclinaisons des barres de treillis sont telles que le jeu minimum ne peut être respecté, on peut réaliser un décalage, soit pour augmenter l'espacement, soit pour provoquer un recouvrement net.

Excentricité positive (voir figure 8)

L'excentricité est dite « positive » si le décalage se fait vers l'extérieur de la poutre.

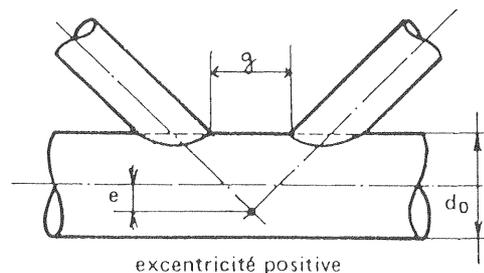


Figure 8.

Excentricité négative (voir figure 9)

L'excentricité est dite « négative » si le décalage se fait vers l'intérieur de la poutre.

En général, le fait de réaliser cette excentricité négative crée un recouvrement des barres en treillis.

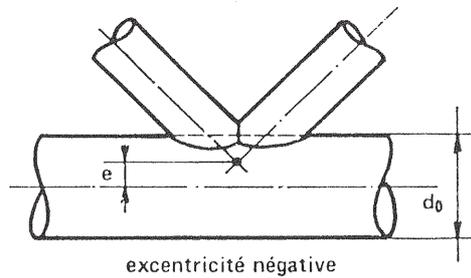


Figure 9.

On peut cependant réaliser un tel décalage sans obtenir un recouvrement lorsque les valeurs des angles θ_1 et

θ_2 sont faibles (voir figure 10), mais ceci est seulement pratiqué si l'espacement doit être réduit pour des questions de résistance.

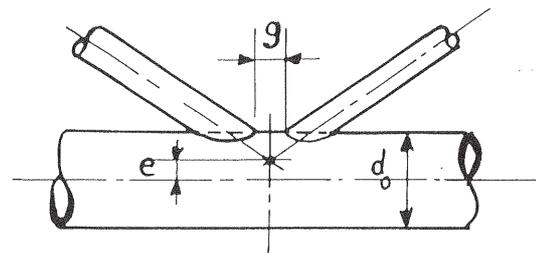


Figure 10.

La valeur de l'excentricité n'intervient pas directement dans les formules de calcul, mais elle permet de définir le moment secondaire qui en résulte et, par suite, les contraintes de flexion dans les barres de l'assemblage.

Ce sont ces contraintes qui sont prises en compte dans les formules de calcul.

2 - ASSEMBLAGES COURANTS EN N ET K

Les assemblages sont étudiés suivant leur type de membrure :

- profil creux circulaire
- profil creux carré ou rectangulaire,
- profil ouvert en H ou en I,
- profil ouvert en U.

2.1 — MEMBRURE EN PROFIL CREUX CIRCULAIRE

2.1.1 — Assemblages avec espacement (figures 1 et 2).

Les formules de calcul comportent généralement un terme $\frac{g}{d_0}$ qui traduit l'influence de l'espacement g .

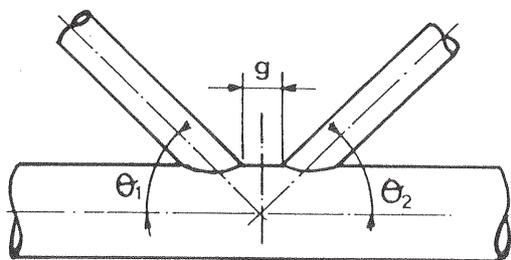


Figure 1.

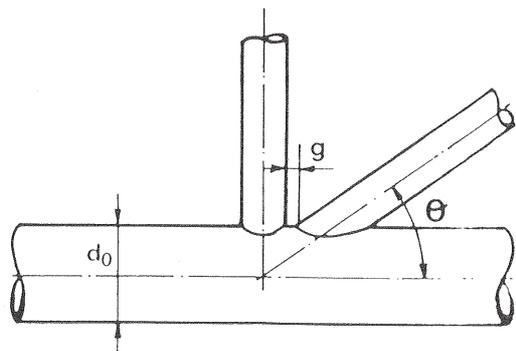


Figure 2.

Les figures 1 et 2 rappellent la définition des assemblages en N et K avec espacement et convergence des lignes d'épure, mais on peut aussi obtenir le même espacement g dans le cas d'un décalage du point de convergence, soit avec une excentricité positive, soit avec une excentricité négative, suivant l'importance des angles θ_1 et θ_2 (voir définition des excentricités dans le chapitre 1 § 1.12).

2.1.2 — Assemblages avec recouvrement

La figure 3 montre un exemple d'assemblage à recouvrement avec excentricité négative. C'est le cas le plus courant. On peut toutefois obtenir un recouvrement avec une excentricité nulle, ou même une excentricité positive. Ce sont alors les valeurs de θ_1 , θ_2 et d_1 , d_2 qui interviennent.

Comme pour la plupart des assemblages, il faut distinguer l'aspect résistance et l'aspect technologique.

Sur le plan de la résistance de l'assemblage, le recouvrement est toujours plus favorable que l'espacement ; les formules de calcul en tiennent compte. Sur le plan de la technologie d'atelier, on peut alors envisager différentes configurations.

Assemblages symétriques (figure 3).

$$d_1 = d_2 \text{ et } \theta_1 = \theta_2$$

Dans ce cas, la solution la plus généralement retenue est la découpe identique pour les deux diagonales :
une coupe droite à l'intersection des diagonales,
une coupe en forme à l'intersection avec la membrure.

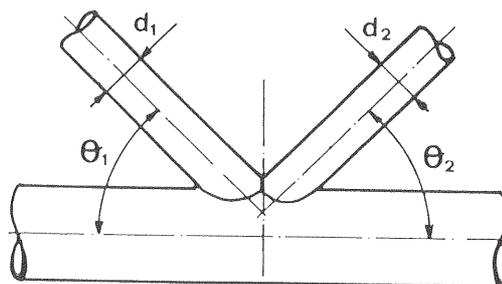


Figure 3.

Assemblages dissymétriques

Plusieurs solutions peuvent être retenues. Citons, à titre d'exemple, les trois suivantes :

1er cas : figure 4

Un gousset transversal permet d'effectuer, pour chacune des barres de treillis, une coupe plane et une coupe en forme. C'est une solution à retenir surtout lorsque les diamètres sont très différents.

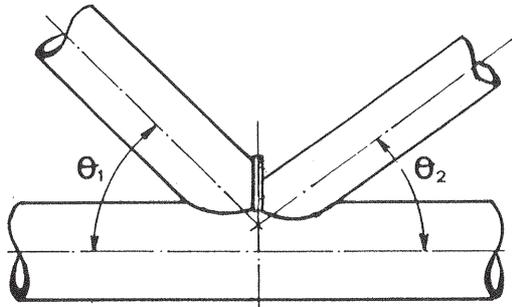


Figure 4.

2e cas : figure 5

Les angles sont différents mais les barres de treillis ont des diamètres et des épaisseurs très voisins. Il est alors courant de procéder comme suit :

- la barre de treillis tendue est soudée directement sur la membrure,
 - la barre de treillis comprimée recouvre la précédente.
- Cette disposition peut se présenter avec des assemblages en K comme avec des assemblages en N.

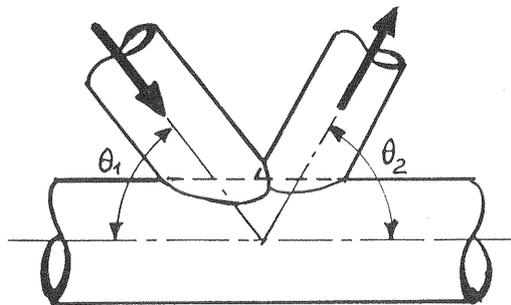


Figure 5.

3e cas : figure 6

Les barres de treillis ont des diamètres très différents. Dans ce cas, quels que soient les sens des efforts, il

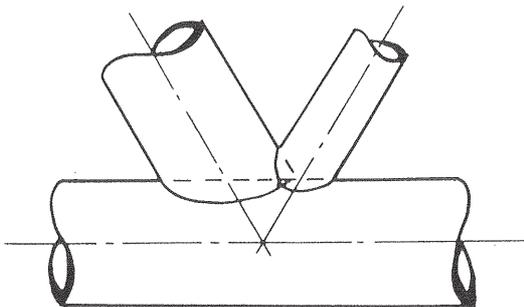


Figure 6.

est couramment admis que c'est la barre de treillis la plus importante qui est positionnée la première sur la membrure.

■ Pratique courante d'atelier (figure 7)

Dans un atelier de fabrication, il arrive assez fréquemment que les barres de treillis soient mises en place sur un mannequin de montage et simplement « pointées » (fixées par un point de soudure) par un premier opérateur. Elles sont ensuite soudées en totalité par l'opérateur suivant et il devient impossible d'effectuer le cordon de soudure dans la partie recouverte A que l'on distingue sur la figure 7. Les études de résistance faites sur de tels assemblages à recouvrement prouvent que l'omission de cette partie de cordon de soudure n'est pas préjudiciable au bon comportement de l'assemblage.

Cette pratique courante ne peut cependant pas être retenue dans le cas de diagonales d'épaisseurs très différentes pour lequel il est impératif de souder en premier lieu et en totalité la barre de treillis la plus épaisse.

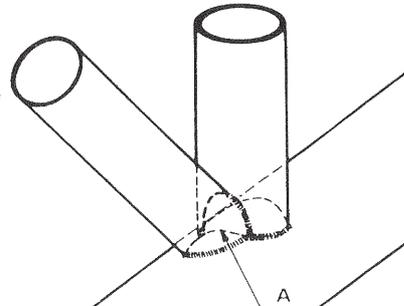


Figure 7.

2.13 — Assemblage en K avec montant

La figure 8 nous montre un exemple de poutre de type Warren avec montant, ce qui détermine, en membrure inférieure, des assemblages en K avec montant.

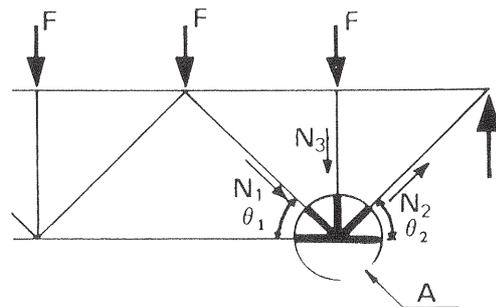


Figure 8.

L'examen de cette figure fait apparaître la différence de sollicitation des trois barres de treillis pour le détail *A* considéré :

– les deux diagonales doivent transmettre la totalité de l'effort tranchant de la poutre à treillis, ce qui donne, dans l'exemple choisi ($\theta_1 = \theta_2 = 45^\circ$), l'effort dans la dernière diagonale :

$$N_2 = \frac{\Sigma F}{2} \cdot \sqrt{2} \text{ en traction}$$

– le montant ne doit transmettre que l'effort local *F* venant de la membrure supérieure, d'où l'effort dans le montant :

$$N_3 = F \text{ en compression}$$

Il peut exister des cas particuliers de chargement pour lesquels l'effort N_3 est du même ordre de grandeur que les efforts N_1 et N_2 , mais la disposition décrite représente un cas de chargement très répandu. C'est donc à partir de ce cas que nous étudions les dispositions constructives ci-après.

1ère solution (figure 9)

Les diagonales et le montant sont des profils creux circulaires. Lorsque le montant a un diamètre voisin de celui des diagonales il est, en général, mis en place le premier. Il faut cependant veiller à ce que les découpes d'extrémités des diagonales ne gênent pas leur mise en place.

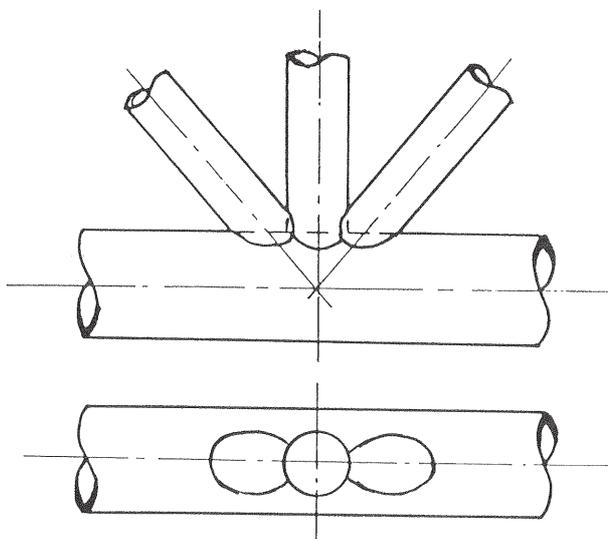


Figure 9.

Si le montant est nettement plus petit, il peut être mis en place après les diagonales.

2e solution (figure 10)

Les diagonales sont des profils creux circulaires, mais le montant est un profil creux carré ou rectangulaire. Dans ce dernier cas, il est assez commode de placer le rectangle en travers par rapport à la membrure pour assurer une face de contact plane, ce qui simplifie la deuxième découpe des diagonales.

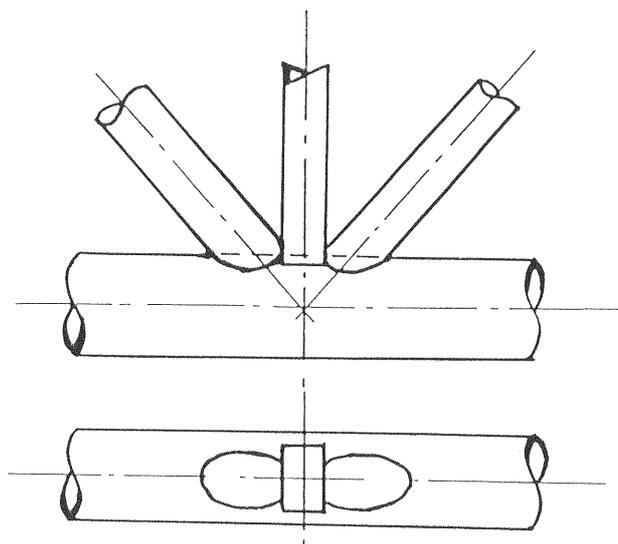


Figure 10.

3e solution (figure 11)

Toujours en tenant compte de l'effort de compression relativement faible dans le montant, on peut envisager la solution de l'aplatissement complet en extrémité de celui-ci. Cette disposition évite l'interférence entre diagonales et montant.

Il faut toutefois se rappeler que, pour le calcul du montant, l'aplatissement d'extrémité exclut toute réduction de sa longueur de flambement.

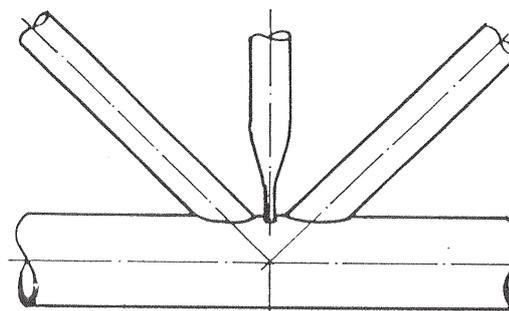


Figure 11.

2.14 – Limites usuelles (figures 12 - 13)

Les limites usuelles ci-après sont déterminées soit par les dimensions des profils creux existant sur le marché, soit par certains impératifs technologiques.

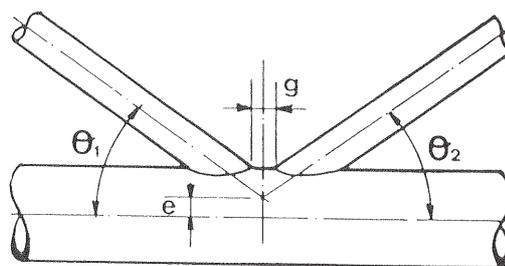


Figure 12.

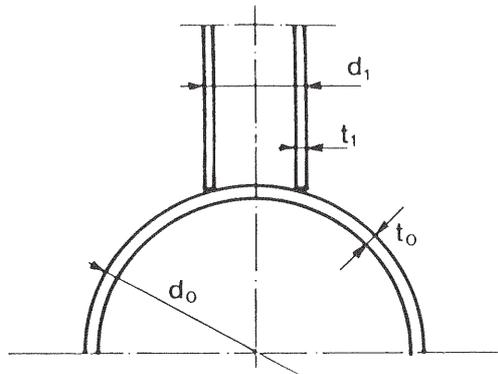


Figure 13.

$$0,25 \leq \frac{d_1}{d_0} \leq 1$$

$$0,01 \leq \frac{t_0}{d_0} \leq 0,1$$

$$20^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

$$0 \leq \frac{g}{d_0} \leq 0,6$$

$$|e| \leq 0,25 d_0$$

Valables pour
les assemblages
avec espacement
ou avec recouvrement

Remarques concernant ces limites

Angle θ

Il est possible, dans le cas de profils creux circulaires d'effectuer une soudure correcte avec un angle aigu voisin de 20° .

Toutefois, lorsque l'angle θ est compris entre 20 et 30° , la valeur de l'angle à prendre en compte dans les formules de calcul est de 30° .

Espacement relatif $\frac{g}{d_0}$

Les valeurs de $\frac{g}{d_0}$ supérieures à $0,6$ sont acceptables sur le plan technologique, mais l'assemblage en K est alors calculé comme deux assemblages en Y, hypothèse beaucoup moins favorable. Cette recommandation résulte du fait que plus l'espacement est important, plus la résistance de l'assemblage est réduite.

Excentricité e

La valeur de $0,25$ pour $\frac{e}{d_0}$ est une limite supérieure assez souvent citée dans les notices d'utilisation actuellement en circulation.

Cependant la norme de calcul NF P 22-250 ne précise aucune limite supérieure pour la valeur de l'excentricité.

Le logiciel de calcul des assemblages tient compte du moment de flexion engendré par cette excentricité.

2.2 – MEMBRURE EN PROFIL CREUX CARRÉ OU RECTANGULAIRE

2.21 – Assemblages avec espacement

Membrane carrée (figure 14)

Comme pour les assemblages avec membrane circulaire, on peut avoir, pour une même valeur de l'espacement g , suivant les valeurs respectives de b_1 , b_2 , θ_1 , θ_2 , les configurations suivantes des assemblages en K ou N :

- avec excentricité négative,
- sans excentricité (cas de la figure 14),
- avec excentricité positive.

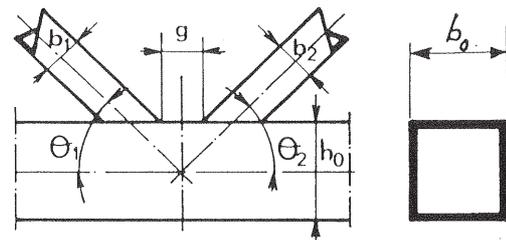


Figure 14.

Membrane rectangulaire (figure 15)

Dans les cas les plus courants de membrane rectangulaire, l'espacement pour les assemblages en K (traits pleins) ou en N (traits pointillés) n'est obtenu que pour une excentricité positive.

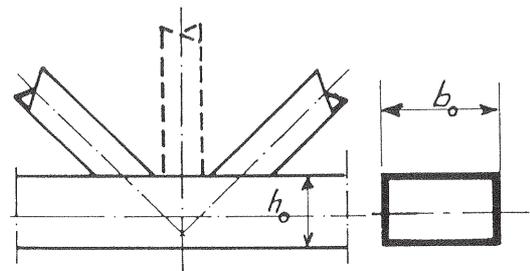


Figure 15.

2.22 – Assemblages avec recouvrement

Assemblage symétrique (figure 16)

La disposition constructive la plus couramment retenue est la suivante :

- chacune des deux diagonales comporte deux coupes planes d'extrémité. Notons que cette double découpe d'extrémité est facilitée par une disposition pratique en atelier dans le cas du tronçonnage par fraise-scie à tête pivotante. Cette technique est décrite au § 2.136 de la notice *La mise en œuvre des profils creux en acier pour*

construction. Cette notice est diffusée par l'OTUA sous le code 23.017.

Rappelons d'autre part que, d'une façon générale, l'assemblage à recouvrement ainsi conçu a une résistance nettement plus grande que celle de l'assemblage à espacement équivalent.

La figure représente une membrure rectangulaire placée à plat, mais le même recouvrement peut être obtenu avec une membrure carrée.

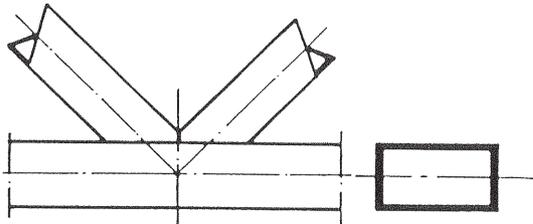


Figure 16.

Assemblage dissymétrique

■ Assemblage en K (figure 17)

Lorsque la dissymétrie vient de la différence entre les dimensions des diagonales, l'ordre de mise en place des diagonales est déterminé, non pas par le sens des efforts (traction ou compression), mais par les dimensions transversales des barres de treillis. C'est en effet la barre de treillis la plus large qui est soudée la première sur la membrure. Seule la deuxième diagonale comporte alors une double découpe.

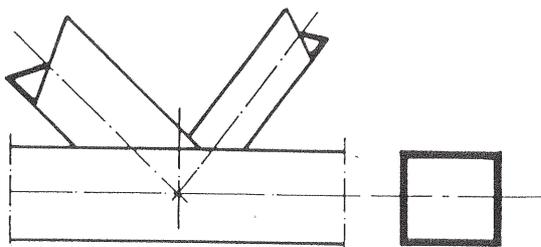


Figure 17.

■ Assemblage en N (figure 18)

La figure représente une membrure rectangulaire placée à chant mais il est assez courant de rencontrer le même type d'assemblage en N avec recouvrement dans le cas de membrure carrée.

Il est recommandé de retenir la disposition constructive suivante, quel que soit le sens des efforts dans les barres de treillis :

- le montant est mis en place le premier,
- la diagonale est positionnée ensuite et comporte une double découpe.

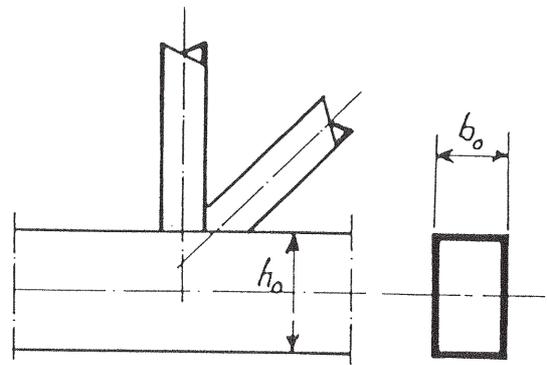


Figure 18.

Il n'est pas rare que, pour obtenir une largeur transversale suffisante pour le montant, la section carrée de celui-ci soit remplacée par une section rectangulaire équivalente, le rectangle étant bien entendu placé transversalement par rapport à la membrure.

Pratique courante d'atelier (figure 19)

Pour respecter une pratique d'atelier très répandue, de nombreux essais en laboratoire ont été réalisés de la façon indiquée à la figure 19 : la partie A du montant qui est cachée par la diagonale n'est pas soudée sur la membrure.

Les résultats ont prouvé que l'on pouvait continuer à ne pas réaliser la soudure de cette portion de montant.

Cette recommandation s'explique par les constatations faites en ce qui concerne la répartition des contraintes dans les barres de treillis. Ce sont en effet les cordons I_1 et I_2 parallèles aux deux parois de la membrure qui transmettent la plus grande partie des efforts. Par conséquent, le cordon transversal, dont l'importance est secondaire, peut ne pas être fait.

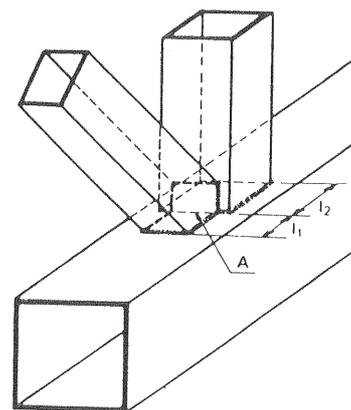


Figure 19.

2.23 – Assemblages en K avec montant

Nous avons étudié, dans le cas des assemblages avec membrures circulaires, la répartition des efforts dans les barres de treillis d'un tel type d'assemblage (voir § 2.13, figure 8).

Nous pouvons retenir les mêmes principes en ce qui concerne l'importance respective de ces efforts mais les dispositions constructives seront quelque peu différentes dans ce cas de membrure carrée ou rectangulaire.

Assemblage avec montant carré ou rectangulaire (figure 20)

Même si le montant ne supporte qu'un effort moindre, on a toujours intérêt à ce qu'il soit mis en place le premier et par conséquent, à ce qu'il ait une dimension transversale au moins égale à celle des diagonales. Pour cela, il est courant de remplacer le montant carré par un rectangle placé transversalement par rapport à la membrure.

Ce sont alors les deux diagonales qui comportent deux coupes d'extrémité. Elles peuvent être circulaires ou carrées.

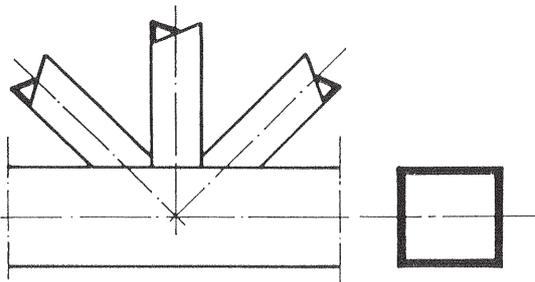


Figure 20.

Assemblage avec chute de T (figure 21)

Toujours en tenant compte de l'effort relativement faible transmis par le montant, l'interposition d'une chute de T (ou d'une demi-poutrelle) peut constituer une solution économique. Elle permet de n'effectuer qu'une seule coupe plane en extrémité des diagonales circulaires ou carrées.

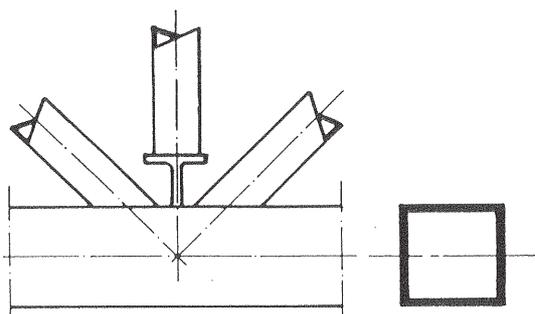


Figure 21.

Assemblage avec montant aplati (figure 22)

Un montant en profil creux circulaire dont l'extrémité est aplatie représente une solution également très économique. Dans le cas de la figure 22 les diagonales et le montant n'interfèrent pas.

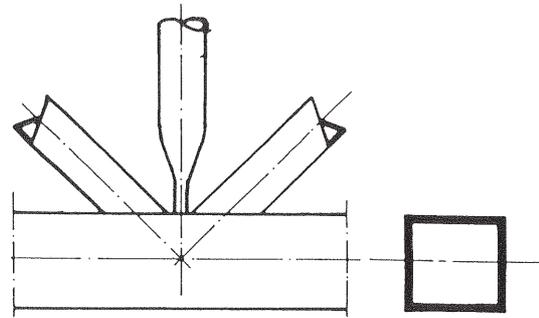


Figure 22.

La variante ci-après pourrait être envisagée :

- la partie aplatie est remplacée par un gousset transversal,
- le montant comporte une extrémité cisailée soudée en bout sur ce gousset,
- les deux diagonales sont soudées sur la membrure avec ou sans recouvrement.

2.24 — Dispositifs de renforcement éventuels

D'une manière générale, les assemblages en profils creux carrés ou rectangulaires doivent être conçus et calculés sans dispositifs de raidissement ou de renforcement. Les formules données dans la première partie de cet ouvrage ont été établies dans ces conditions afin d'aboutir à des constructions simples et économiques.

Toutefois, on peut, dans certains cas qui sortent des domaines d'utilisation des formules, être amené à adopter des dispositions constructives plus complexes. Il n'est pas possible d'examiner toutes les solutions particulières qui pourraient se présenter, mais les croquis qui suivent permettront d'imaginer d'autres variantes.

■ **Gousset transversal (figure 23)**

On peut retenir cette solution dans au moins deux cas :
 — lorsque l'angle formé par les deux diagonales est faible,
 — lorsque la membrure en profil creux rectangulaire placée à plat présente un rapport $\frac{h_0}{b_0}$ inférieur à la limite donnée pour l'application de la formule de calcul.

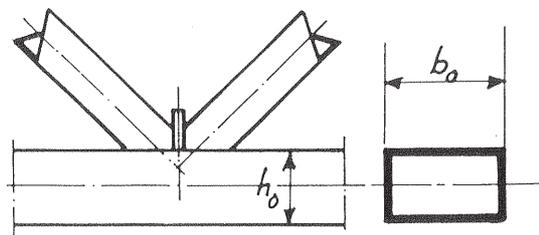


Figure 23.

■ **Chute de T placée transversalement (figure 24)**

C'est une disposition constructive assez proche de la précédente, mais l'épaisseur de la membrure est considérablement augmentée.

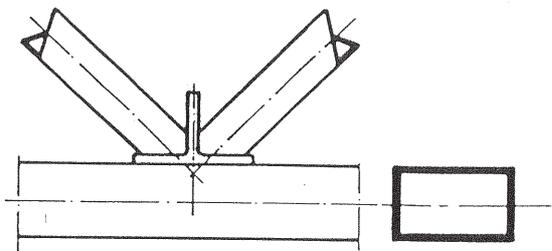


Figure 24.

Par rapport à la précédente, cette solution a néanmoins l'inconvénient d'augmenter la longueur totale des cordons de soudure.

■ **Semelle renfort** (figure 25)

Cette solution peut être retenue par exemple dans le cas de diagonales formant un angle très aigu avec la membrure, ce qui entraîne un espacement non négligeable.

Pour des questions de corrosion, il importe, dans ce cas, de souder la semelle sur la membrure par cordons continus, même si la longueur de soudure s'avère surabondante du point de vue résistance.

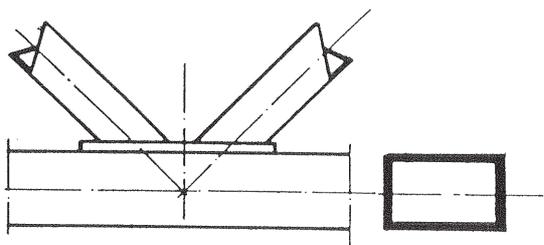


Figure 25.

■ **Cornières inversées** (figure 26)

C'est une disposition pratique lorsque les diagonales sont placées à 45°.

Bien entendu, pour des questions de corrosion, il est recommandé de boucher les extrémités de la cornière.

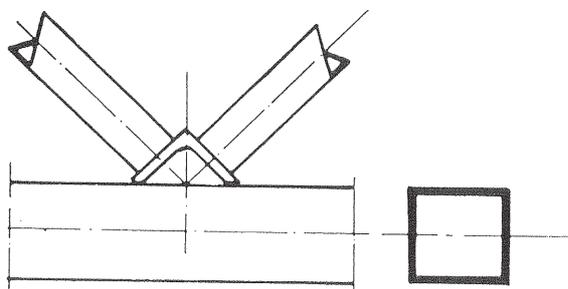


Figure 26.

■ **Goussets longitudinaux** (figure 27)

Cette disposition a parfois été mentionnée dans certaines publications. Nous nous devons de la citer, mais nous

soulignons néanmoins les inconvénients majeurs qu'elle entraîne.

D'abord elle est onéreuse, de mise en œuvre difficile. Ensuite elle constitue un important « nid à rouille ». Enfin, elle donne à l'assemblage une trop grande rigidité dans le plan de la poutre, ce qui est assez défavorable lorsqu'il s'agit d'assemblages soumis à la fatigue.

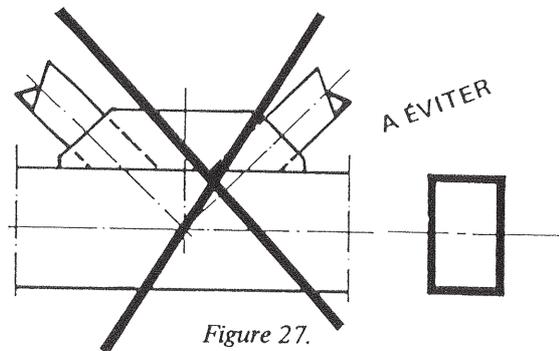


Figure 27.

2.25 — **Limites usuelles** (figure 28)

Les limites usuelles ci-après sont déterminées soit par les dimensions des profils creux existant sur le marché, soit par certains impératifs technologiques.

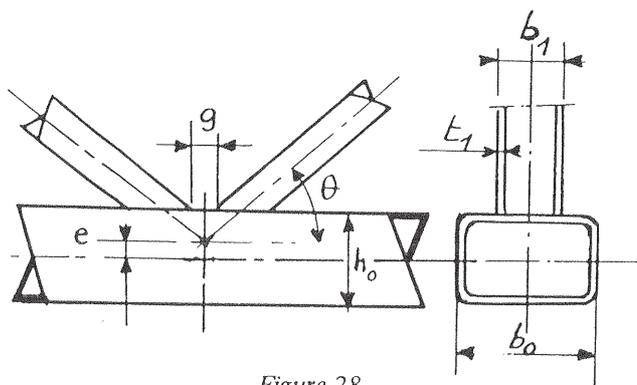


Figure 28.

$$0,25 \leq \frac{b_1}{b_0} \leq 1$$

$$15 \leq \frac{b_0}{t_0} \leq 50$$

$$\frac{h_0}{t_0} \leq 50$$

$$0,33 \leq \frac{h_0}{b_0} \leq 2,00$$

$$30^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

$$|e| \leq 0,25 h_0$$

Valables pour les assemblages avec espacement ou avec recouvrement

Remarques concernant ces limites (figure 29 et 30)

Angles θ_1, θ_2

Contrairement aux assemblages avec profil creux circulaire en membrure, il n'est pas toujours très facile de réaliser le cordon de soudure dans l'angle formé par la diagonale et la membrure (figure 29 et 30 : angle A) lorsque celui-ci est inférieur à 30° . Cependant, lorsque toutes les barres de treillis sont en profils creux circulaires, il est possible de réaliser une soudure correcte dans l'angle qu'elles forment entre elles (figures 29 et 30 : angle B), même si cet angle est égal à 20° .

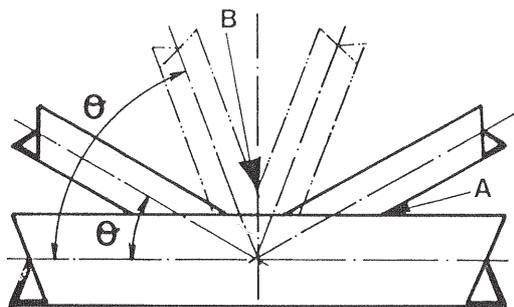


Figure 29.

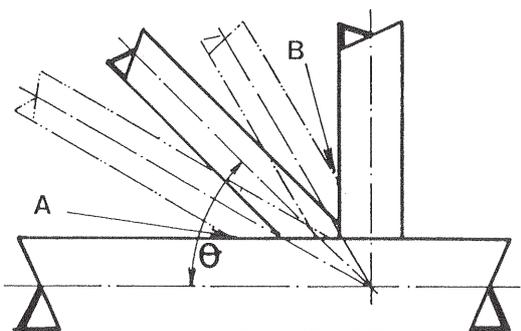


Figure 30.

Espacement relatif $\frac{g}{h_0}$

Les formules de calcul précisent leurs limites d'emploi en fonction de cet espacement relatif. Au-delà de ces limites, considérer l'assemblage en K comme deux assemblages en Y, ou l'assemblage en N comme un assemblage en T et un assemblage en Y.

2.3 — MEMBRURE EN PROFIL OUVERT DE TYPE I ou H

2.3.1 — Assemblages avec espacement

Assemblages en K (figures 31 et 32)

Dans les assemblages en K sur membrure en profil ouvert, il est courant d'obtenir un espacement si l'on respecte la convergence des lignes d'épure.

On obtient bien entendu dans le cas de profil I (figure 32) un espacement relativement plus important que dans le cas de profil H (figure 31). Le profil I est, en effet, toujours relativement plus haut que le profil H de section équivalente.

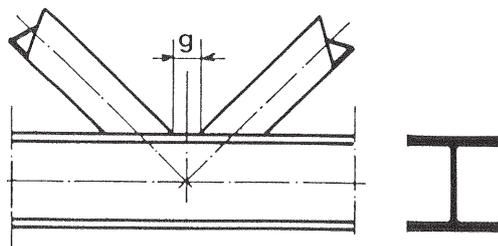


Figure 31.

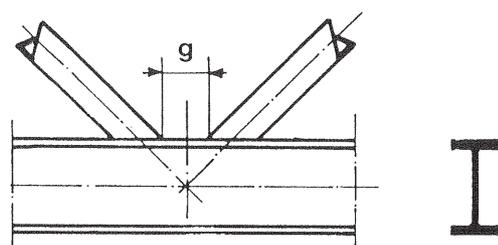


Figure 32.

Assemblages en N (figures 33 et 34)

Dans le cas de membrure en H, on n'obtient en général un espacement qu'à condition de réaliser une excentricité positive. Dans le cas de membrure en I, relativement plus haut, l'espacement s'obtient dans la plupart des cas sans décalage du point de convergence.

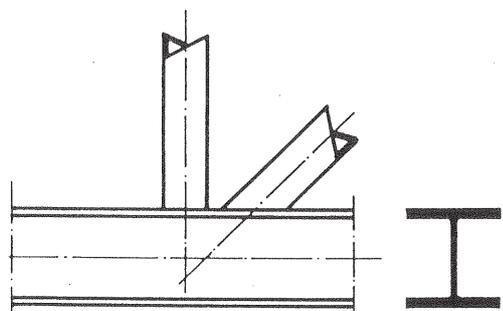


Figure 33.

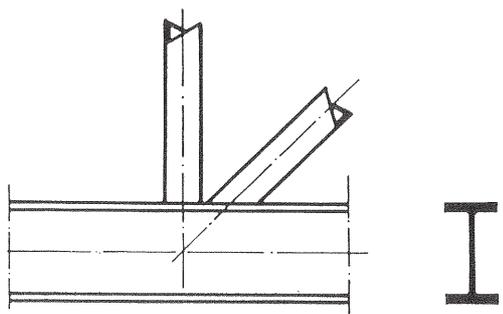


Figure 34.

2.32 — Assemblages avec recouvrement

Membrane en H (figure 35)

Comme pour les assemblages avec membrane en profil creux, le recouvrement représente toujours une solution plus intéressante du point de vue de la résistance, même au prix d'une excentricité négative. Il faut en effet remarquer que l'inertie en flexion de la membrane en profil ouvert placé à chant est toujours beaucoup plus importante que celle des barres de treillis. Cette propriété de la membrane permet de minimiser l'influence du moment de flexion secondaire dû à l'excentricité.

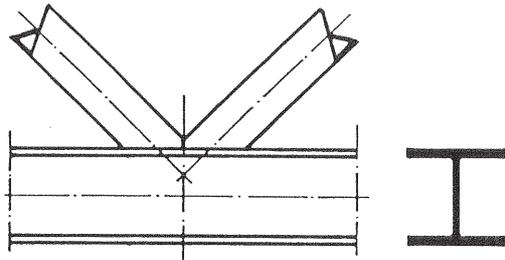


Figure 35.

Membrane en I (figure 36)

Il arrive que, pour obtenir une plus grande stabilité latérale d'une poutre à treillis avec membrane en profil ouvert, on soit amené à placer le profil I à plat.

Dans ce cas, on n'a pas intérêt à créer une excentricité, puisque l'inertie en flexion de la membrane est assez faible dans ce plan.

Une technique courante consiste à placer transversalement un raidisseur en plat sur toute la largeur du profil I. Pour réaliser une soudure correcte malgré la présence des ailes verticales de la membrane, il faut cependant veiller à ce que les angles θ_1 et θ_2 ne soient pas trop petits.

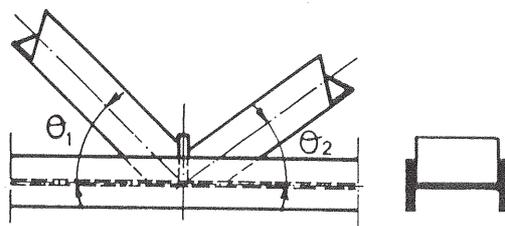


Figure 36.

Pratique courante d'atelier (figure 37)

Pour les mêmes raisons de technologie d'atelier évoquées dans l'étude des poutres à membrures en profils creux, une partie de la paroi transversale du montant (en A sur la figure 37) est cachée par la diagonale après la mise en place de celle-ci.

Contrairement à ce qui se passe pour les assemblages avec membrures en profils creux, les efforts transmis

par les barres de treillis passent préférentiellement par les cordons transversaux l_1 et l_2 puisque la partie la plus raide de la membrane est placée dans l'axe de celle-ci. Il importe donc de ne pas omettre d'exécuter le cordon de soudure transversal en A puisqu'il constitue un des éléments résistants de l'assemblage.

Il est bien entendu que, dans le cas de barres de treillis très étroites, les cordons longitudinaux sont suffisamment proches de l'âme pour reprendre une partie importante de l'effort. Il est alors possible de négliger le cordon en A.

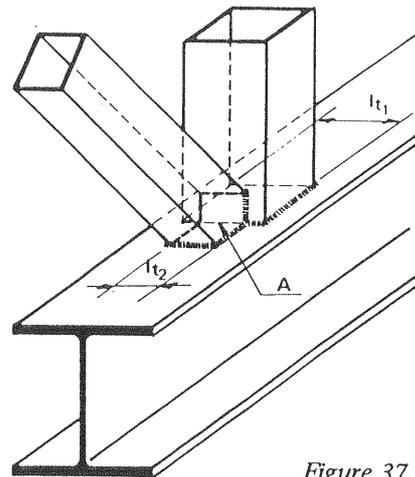


Figure 37.

2.33 — Assemblages en K avec montant

Montant en profil creux carré ou rectangulaire (figure 38)

La figure représente trois barres de treillis carrées, mais les diagonales peuvent être constituées de profils creux circulaires. Même dans ce cas, on a intérêt à conserver le montant en profil creux carré ou rectangulaire pour réaliser une coupe verticale plane pour des diagonales.

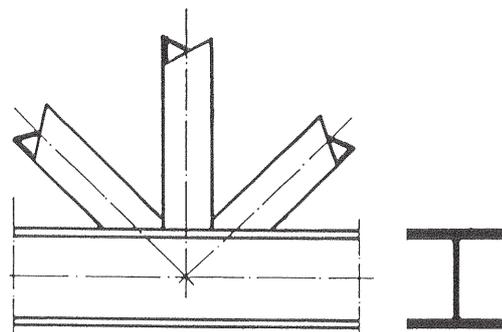


Figure 38.

Montant soudé sur gousset transversal (figure 39)

On retrouve ici une configuration analogue à celle de la figure 36 ci-dessus. Les diagonales peuvent être des profils creux carrés ou circulaires, mais à cause de l'opération de cisailage en extrémité du montant, on a intérêt à choisir un profil creux circulaire pour celui-ci.

ci. Le gousset doit être suffisamment large pour être soudé à la fois sur l'âme et les ailes de la membrure.

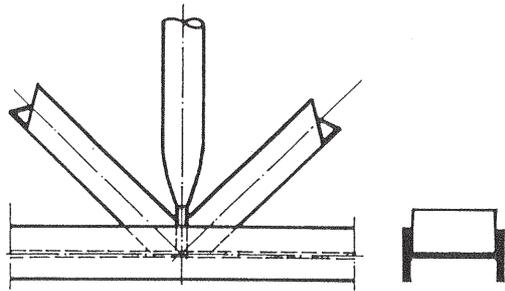


Figure 39.

2.34 — Répartition des dispositifs de renforcement éventuels

Comme pour les assemblages avec membrures en profils creux, les solutions les plus simples, toujours les plus économiques, sont souvent les plus performantes. C'est pourquoi les formules de calcul des assemblages courants tiennent compte du fait qu'il n'existe aucun gousset ni autre dispositif de renforcement. C'est d'ailleurs le cas le plus fréquent des assemblages des poutres à treillis classiques.

Il peut néanmoins exister un certain nombre de cas pour lesquels il est nécessaire de prévoir ces dispositifs de renforcement. Sans prétendre faire l'énumération exhaustive de ces cas particuliers, nous allons examiner quelques configurations que l'on peut rencontrer.

Le figure 40 donne un exemple de poutre à treillis continue dans laquelle on trouve trois types d'assemblages sollicités de façon différente et, par conséquent, conçus et réalisés différemment.

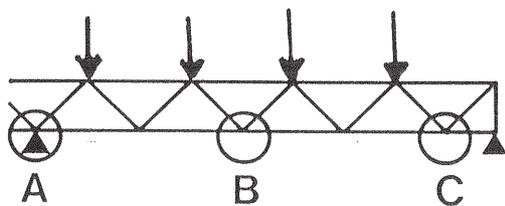


Figure 40.

En A — Appui intermédiaire (figure 41)

Cet appui intermédiaire représente un cas particulier d'assemblage en K dont le mode de sollicitation est différent de celui de la partie centrale.

En effet, la décomposition des efforts dans les différentes barres de treillis de cette poutre, chargée comme indiqué sur la figure, donne un effort de compression dans les deux diagonales qui aboutissent à l'appui.

La figure 41 donne le détail de renforcement par raidisseurs latéraux de l'âme de la membrure. Ces raidisseurs d'âme s'expliquent par la sollicitation en compression avec risque de voilement de l'âme surtout lorsqu'il s'agit d'un profil I relativement haut.

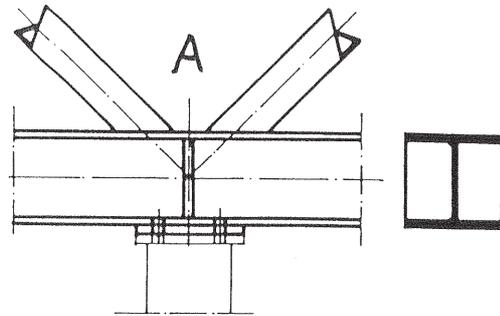


Figure 41.

En B — Nœud courant en travée (figure 42)

Dans ce nœud en travée, la répartition des efforts donne généralement un effort de compression dans l'une des deux diagonales et un effort de traction dans l'autre.

C'est le cas le plus courant et il peut être calculé avec les formules données dans la norme NF P 22-255.

De plus, en milieu de travée, les efforts dans les diagonales ont un niveau moins élevé qu'au voisinage des appuis. Il est donc logique de prévoir un assemblage simple, sans dispositif de renforcement comme étudié précédemment et rappelé à la figure 42 ci-dessous.

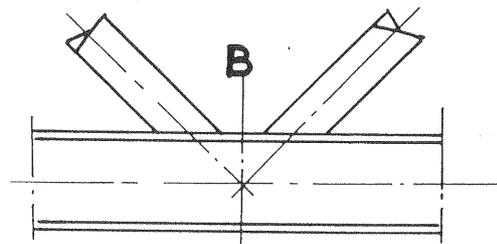


Figure 42.

En C — Appui d'extrémité (figure 43)

Pour les barres de treillis situées au voisinage des appuis, donc plus sollicitées, les recommandations de calcul existantes indiquent deux vérifications essentielles :

- critère de ruine par fissuration de la diagonale,
- critère de cisaillement de l'âme.

Ruine par fissuration

Les recherches effectuées dans ce type d'assemblage avec membrure en profil ouvert de type I ou H ont mis en évidence que la distribution des contraintes

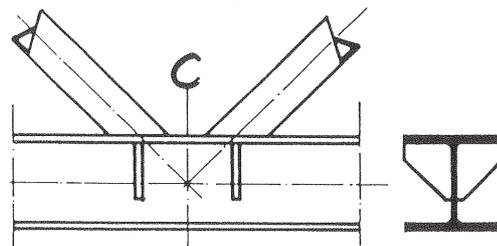


Figure 43.

longitudinales de traction ou de compression dans la barre de treillis était assez inégale au voisinage immédiat de la semelle (figure 44). Les points de contrainte se situent, dans le cas d'un profil creux carré par exemple, dans l'axe des parois transversales de la diagonale.

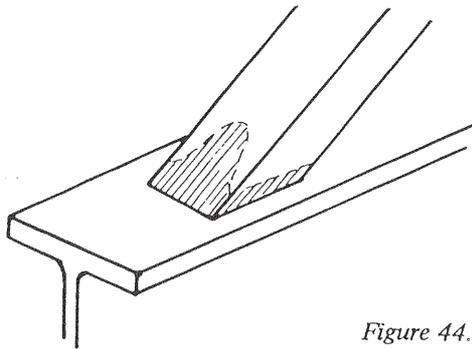


Figure 44.

La norme NF P 22-255 donne les conditions géométriques limites pour lesquelles ce mode de ruine par fissuration n'est pas à prendre en compte. Pour les assemblages dont les caractéristiques seraient en dehors de ces limites on procèdera à une vérification par calcul.

Au cas où cette vérification ferait apparaître un risque de ruine par fissuration de la diagonale, il serait possible de pallier cet inconvénient en adoptant l'une des solutions suivantes (ou une combinaison de deux solutions) :

- diminution de la largeur de la diagonale, avec augmentation de l'épaisseur ;
- augmentation des épaisseurs de la membrure (HEB au lieu de HEA par exemple) ;
- interposition de raidisseurs d'ailes qui auraient pour effet de répartir la contrainte dans les quatre faces de la diagonale.

Répetons cependant que cette dernière solution représente un cas particulier et que les assemblages sans raidisseurs sont préconisés dans la majorité des cas.

Critères de cisaillement de l'âme

Si la vérification de la membrure au cisaillement fait apparaître la nécessité de renforcer l'épaisseur de l'âme, on peut envisager l'une des trois techniques ci-après :

Figure 45

Les renforts longitudinaux sont soudés directement sur l'âme, et dans ce cas, seule la solution B est à retenir avec une hauteur de renfort $h'_0 = h_0 - 2 t_0$.

Dans la solution A, en général, la hauteur h'_0 est au maximum égale à la partie plane de l'âme et le renfort n'a aucune efficacité. Cette solution est à déconseiller. A noter que dans la solution B, plus favorable sur le plan de la résistance, il est nécessaire de chanfreiner les bords longitudinaux des renforts pour éviter l'arrondi à la base des ailes.

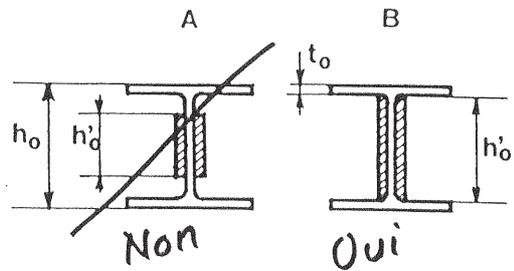


Figure 45.

Figure 46

La solution présentée à cette figure est plus facile à mettre en œuvre et en même temps très efficace. Les deux goussets longitudinaux sont soudés entre les ailes de la membrure. La longueur l est calculée de façon à déborder légèrement de l'impact longitudinal des barres de treillis.

Pour faciliter l'accès de la face arrière des goussets renforts au moment de la mise en peinture, il importe de ne pas augmenter exagérément la longueur de ce gousset qui peut également être découpé à 45° en partie inférieure. Cette question de face difficilement accessible est certainement l'inconvénient majeur de ce type de renforcement.

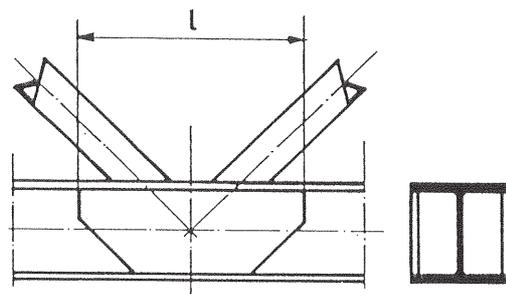


Figure 46.

Figure 47

Cette autre solution, tout aussi efficace, ne présente pas cet inconvénient puisque les goussets renforts pliés en extrémités constituent de part et d'autre de l'âme, deux caissons étanches à l'intérieur desquels la corrosion ne peut pas se produire.

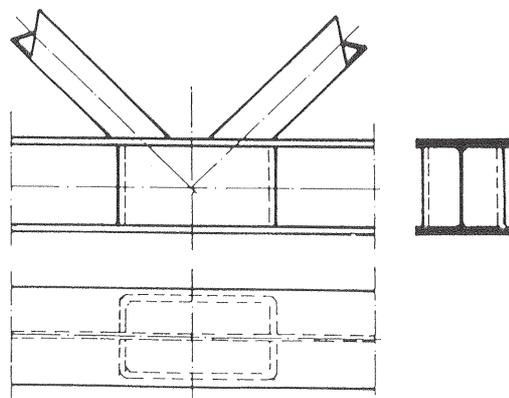


Figure 47.

2.35 – Limites usuelles

Comme pour les assemblages de profils creux entre eux, les limites usuelles d'assemblages sur profils ouverts sont déterminées, soit par les dimensions des produits existant sur le marché, soit par certains impératifs technologiques.

Pour certains paramètres géométriques, tels que l'angle θ_1 ou θ_2 , le rapport b_1/b_f par exemple, il est nécessaire de distinguer les 2 possibilités de disposition de la membrure.

- HE ou IPE placé à chant
- IPE placé à plat.

1ère disposition : H ou I placé à chant (figure 48)

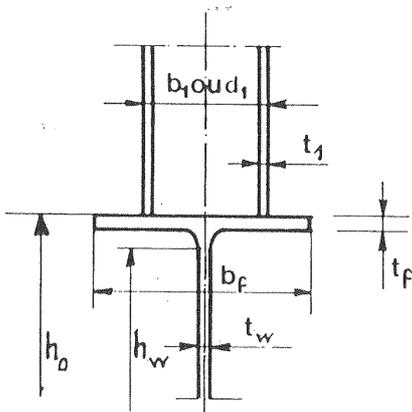


Figure 48.

$$\frac{d_1}{b_f} \text{ ou } \frac{b_1}{b_f} \leq 1$$

$$\frac{h_w}{t_w} \begin{cases} \leq 44 \text{ (pour acier E 24)} \\ \leq 36 \text{ (pour acier E 36)} \end{cases}$$

$$t_1 \leq t_f$$

$$30^\circ \leq \theta_1 \text{ (ou } \theta_2) \leq 90^\circ$$

$$|e| \leq 0,25 h_0$$

Valables pour les assemblages avec espacement ou avec recouvrement

2e disposition : I placé à plat (figure 49)

$$0,25 \leq \frac{d_1}{b_0} \text{ (ou } \frac{b_1}{b_0}) \leq 0,7$$

$$t_1 \leq t_w$$

$$30^\circ \leq \theta_1 \text{ (ou } \theta_2) \leq 90^\circ$$

$$|e| \leq 0,25 h_0$$

Valables pour les assemblages avec espacement ou avec recouvrement

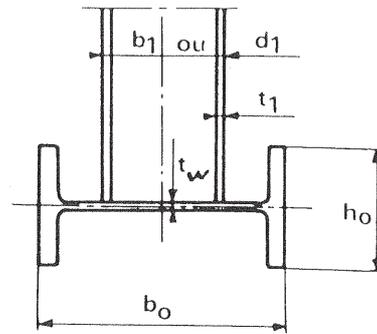


Figure 49.

Remarques concernant ces limites

- Angles θ_1 et θ_2 (figures 50 a et 50 b)

Lorsque le profil IPE ou HE est placé à chant (figure 50 a), l'angle θ_1 ou θ_2 peut descendre à la valeur 20° si les barres de treillis sont des profils creux circulaires.

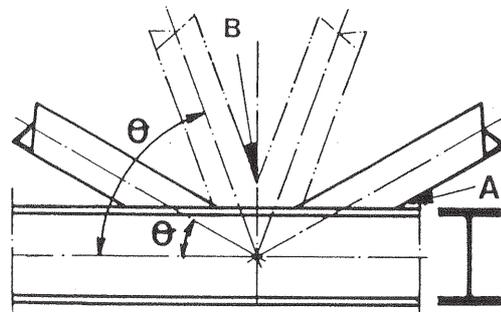


Figure 50 a.

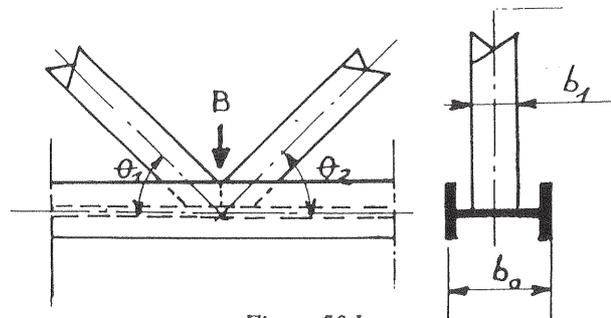


Figure 50 b.

Par contre, dans le cas de la figure 50 b (I placé à plat), même avec des barres de treillis circulaires, il n'est pas conseillé de descendre en dessous de 30° . De plus, la limite inférieure de cet angle θ_1 ou θ_2 sera influencée par le rapport $\frac{b_1}{b_0}$ ou $\frac{d_1}{b_0}$. En effet, dans le cas d'un rapport $\frac{b_1}{b_0}$ ou $\frac{d_1}{b_0}$ voisin de 0,7, la présence des ailes verticales de la membrure ne permettrait pas la réalisation d'une soudure correcte avec θ_1 ou $\theta_2 \leq 30^\circ$.

En ce qui concerne l'angle que font entre elles les deux barres de treillis, afin de réaliser la soudure correcte en B, les limites suivantes sont toujours retenues :

- $\theta \geq 20^\circ$ pour treillis circulaires
- $\theta \geq 30^\circ$ pour treillis carrés.

- Espacement relatif $\frac{g}{h_0}$ (figure 51)

Nous pouvons faire ici les mêmes remarques que pour les membrures en profils creux (voir § 2.25).

- Excentricité e (figure 51)

Il n'existe pas, actuellement, de formule enveloppe permettant de calculer ces assemblages avec membrures en H ou I. On peut néanmoins penser que l'influence de l'excentricité peut être négligée pour des valeurs de e inférieures à $0,12 h_0$.

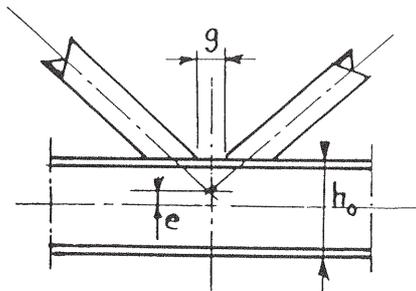


Figure 51.

2.4 – MEMBRURE EN PROFIL OUVERT DE TYPE U

2.41 – Assemblages avec espacement (figure 52)

Étant donné la faible distance qui existe, dans les gammes courantes des profils U, entre le dos du profil et la fibre neutre, il est très rare que l'on obtienne un espacement avec ce type de membrure sans une excentricité négative importante.

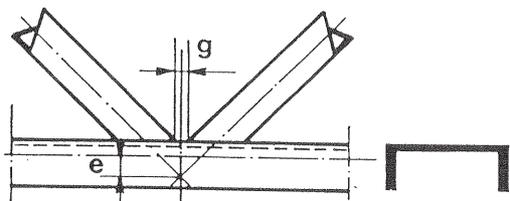


Figure 52.

2.42 – Assemblages avec recouvrement

1ère disposition (figure 53 K et N)

Les ailes du profils U sont tournées vers l'extérieur de la poutre.

Pour les raisons que nous venons d'évoquer, les assemblages avec recouvrement avec ou sans excentricité sont de beaucoup les plus courants, aussi bien pour les assemblages en K que pour les assemblages en N.

Les dispositions constructives pour les découpes d'extrémité et le positionnement des barres sont analogues à celles rencontrées pour les membrures en profils creux carrés ou rectangulaires.

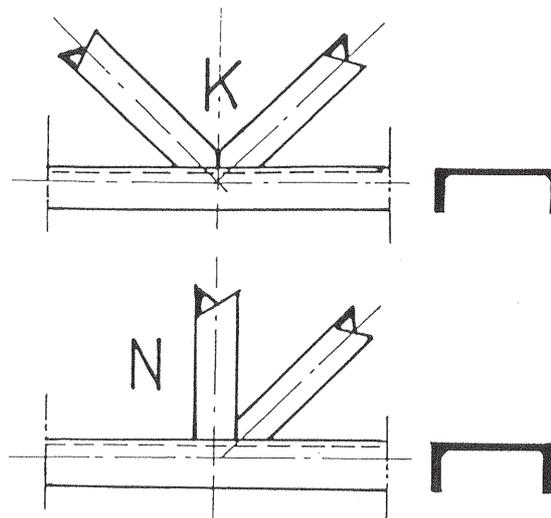


Figure 53.

2e disposition (figure 54)

Les ailes du profil U sont tournées vers l'intérieur de la poutre. C'est une disposition beaucoup plus rare que la précédente, mais qui peut être retenue lorsque, par exemple, les fixations sur les membrures imposent une face extérieure plane.

Il est évidemment difficile d'imaginer un tel assemblage avec convergence des lignes d'épure sans recouvrement.

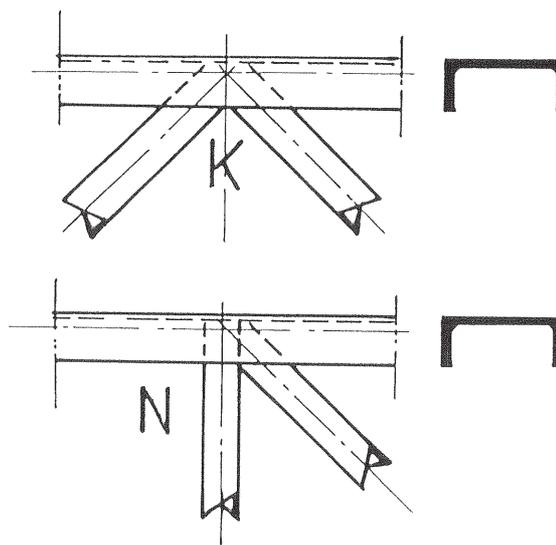


Figure 54.

Pratique courante d'atelier (figure 55)

Le comportement d'un assemblage avec membrure en profil ouvert U est assez analogue à celui d'un assemblage avec membrure en profil creux carré ou rectangulaire, surtout en ce qui concerne la transmission des efforts par les cordons de soudure l_1 et l_2 .

Par conséquent, comme pour les assemblages avec membrures carrées ou rectangulaires, on pourra, dans la plupart des cas, négliger de réaliser la soudure en A.

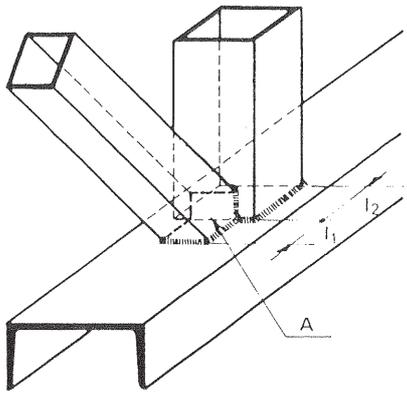


Figure 55.

2.43 — Assemblages en K avec montant (figure 56)

La plupart des solutions suggérées dans le paragraphe qui traite des assemblages avec membrures en profils creux carrés ou rectangulaires peuvent être retenues avec les membrures en U.

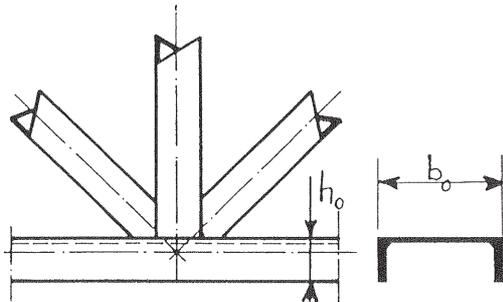


Figure 56.

On remarquera cependant qu'étant donné le rapport $\frac{b_0}{h_0}$ relativement grand, on a souvent intérêt à retenir la solution du montant en profil creux rectangulaire placé transversalement par rapport à la membrure.

2.44 — Dispositifs de renforcement éventuels

Les renforcements sont rarement nécessaires et, comme pour les autres assemblages, on doit tendre à les éviter. On évoquera néanmoins ci-après deux dispositions faciles à réaliser :

Gousset transversal (figure 57)

Cette solution peut être rendue nécessaire, par exemple, par un rapport $\frac{b_1}{b_0}$ trop faible.

Il est alors souhaitable de placer le gousset transversal entre les ailes comme indiqué à la figure 57 plutôt que de la positionner entre les deux diagonales comme indiqué à la figure 23 qui traite d'une membrure en profil creux carré.

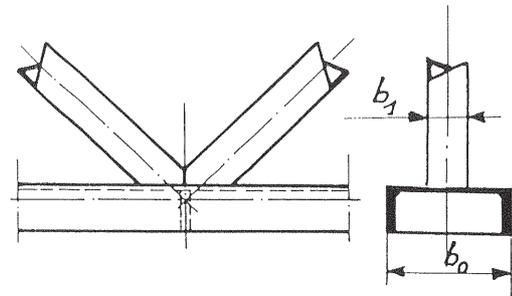


Figure 57.

Cornière transversale (figure 58)

Il s'agit d'une disposition constructive surtout intéressante lorsque les angles θ_1 et θ_2 valent tous deux 45° .

Pour des questions de corrosion, il faut veiller à ce que les extrémités de la cornière soient obturées par les ailes du profil U. Dans le cas contraire, il y est nécessaire de prévoir des petits triangles en tôle pour réaliser des bouche-trous.

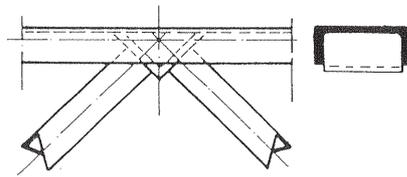


Figure 58.

2.45 — Limites usuelles

La similitude de fonctionnement de ces assemblages avec celui des assemblages en profils creux carrés et rectangulaires nous permet de reprendre les limites énoncées pour ces derniers avec les mêmes réserves (voir § 2.25).

On notera toutefois quelques nuances en ce qui concerne le rapport $\frac{b_1}{b_0}$ ou $\frac{d_1}{b_0}$ suivant la position de la membrure : ailes vers l'intérieur de la poutre ou ailes vers l'extérieur.

1ère disposition (figure 59)

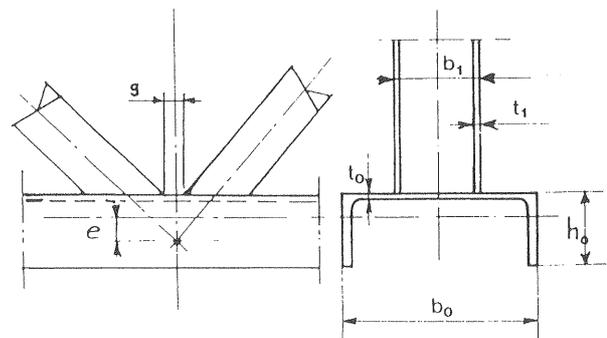


Figure 59.

$$0,25 \leq \frac{b_1}{b_0} \text{ (ou } \frac{d_1}{b_0}) \leq 1$$

$$30^\circ \leq \theta_1 \text{ (ou } \theta_2) \leq 90^\circ$$

$$|e| \leq 0,5 h_0$$

Valables pour
les assemblages
avec espacement
ou avec recouvrement

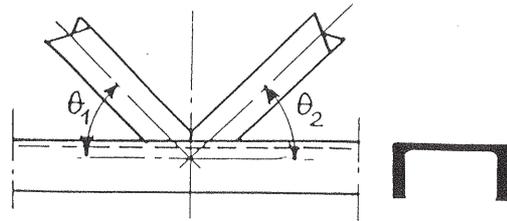


Figure 61.

2e disposition (figure 60)

$$0,25 \leq \frac{b_1}{b_0} \text{ (ou } \frac{d_1}{b_0}) \leq 0,7$$

$$30^\circ \leq \theta_1 \text{ (ou } \theta_2) \leq 90^\circ$$

$$|e| \leq 0,5 h_0$$

Valables pour
les assemblages
avec espacement
ou avec recouvrement

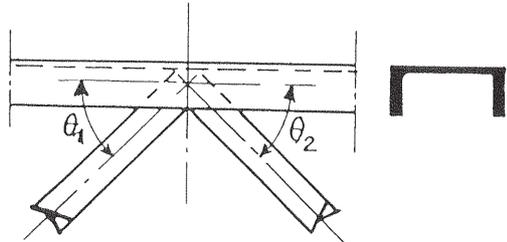


Figure 62.

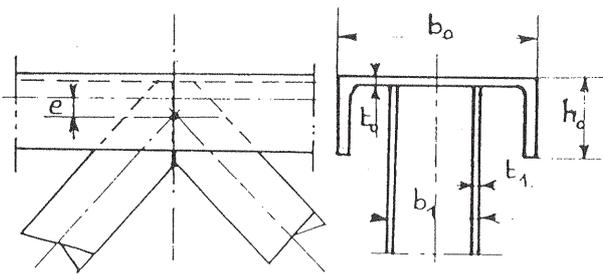


Figure 60.

Remarques concernant ces limites

■ Angles θ_1 et θ_2 (figure 61 et 62)

On peut faire les mêmes remarques que pour les membrures en profils creux carrés ou rectangulaires lorsqu'il s'agit de la première disposition (ailes de la membrure tournées vers l'extérieur).

■ Espacement relatif $\frac{g}{h_0}$ – Excentricité e

Pour ces deux paramètres géométriques, on peut reprendre exactement les mêmes valeurs que celles des assemblages avec membrures en profils creux carrés et rectangulaires données en 2.25.

3 - ASSEMBLAGES D'ANGLE ET VIERENDEEL

3.1 - ASSEMBLAGES D'ANGLE

Le calcul des portiques implique que soient connues de façon parfaite la résistance et la raideur des assemblages d'angle.

On peut imaginer un très grand nombre de formes géométriques de portiques, mais les formes courantes ont pour bases les trois principaux schémas suivants : (figure 1) :

- A - portique encasté à traverse droite,
- B - portique articulé en pied, à traverse brisée.
- C - portique à trois articulations (système isostatique).

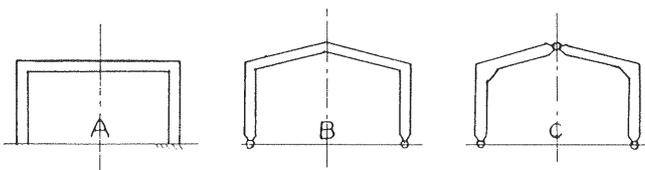


Figure 1.

C'est l'importance des moments de flexion aux angles qui détermine les dispositions constructives à adopter.

3.11 - Assemblages soudés

3.111 - Assemblage simple (figure 2)

Cette disposition peut être retenue lorsque la traverse et le montant ont les mêmes dimensions transversales et lorsque l'élanement de paroi $\frac{b_0}{t_0}$ est faible. Notons pour mémoire, qu'un tel assemblage peut transmettre un moment très voisin du moment plastique de la traverse pour des rapports de $\frac{b_0}{t_0}$ compris entre 10 et 15.

Pour un rapport de 20, la résistance en flexion de l'assemblage a pour valeur approximative 65 % du moment plastique de la section de la traverse ou du montant.

Il est évident que, dans les cas où le moment fléchissant dans l'angle est très inférieur à celui en travée, ce type d'assemblage non renforcé convient parfaitement.

A noter que le rapport $\frac{h_0}{t_0}$ a également une influence sur la résistance de l'assemblage d'angle.

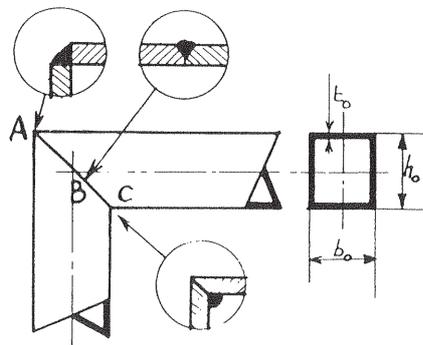


Figure 2.

Les détails des cordons de soudure seront différents suivant qu'il s'agit :

- de l'angle extérieur A,
- de la face latérale B,
- de l'angle intérieur C.

3.112 - Assemblage avec raidisseur transversal (figure 3)

Cette disposition est impérative lorsque les deux éléments principaux (montant et traverse) sont de largeurs différentes ($b_1 \neq b_2$), mais l'interposition d'une platine

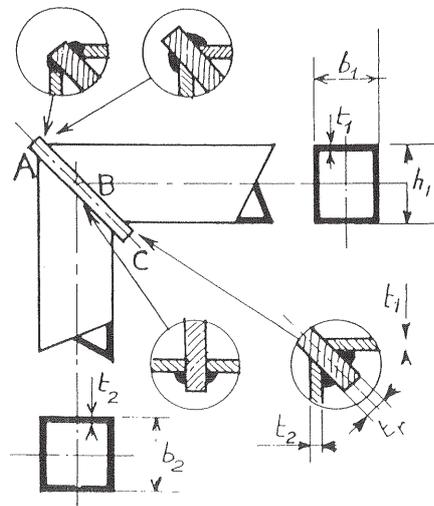


Figure 3.

peut également être rendue nécessaire, même dans le cas de largeurs identiques, pour assurer le raidissement de la paroi lorsque l'élanissement de paroi est grand.

Un tel type d'assemblage reprend en général la totalité du moment plastique de la traverse.

Les détails des cordons de soudure font apparaître deux possibilités pour l'angle extérieur (A) suivant que la platine peut ou non faire saillie.

D'autre part, il est recommandé de prévoir, pour l'épaisseur de la platine t_r , la plus grande des 2 valeurs suivantes :

$$1,5 t_1 \text{ ou } 1,5 t_2$$

Cette valeur t_r ne doit pas être inférieure à 10 mm.

3.113 – Assemblage avec « jarret » (figure 4)

Ce type de renforcement est à prévoir lorsque le moment fléchissant à l'angle du portique est nettement plus important que celui en travée, et lorsque l'on ne veut pas surdimensionner la traverse et le montant.

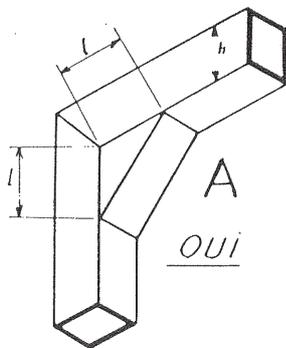
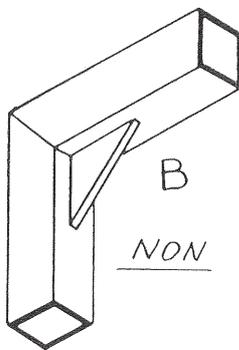


Figure 4.



La figure 4 donne deux exemples de dispositions constructives :

■ En A, le renfort est réalisé par une chute de profil creux de mêmes dimensions que la traverse et le montant. La longueur l est, en général, définie par la dimension du profil creux puisque ce jarret est coupé à 45° : $l_{max.} = h \sqrt{2}$.

C'est un renforcement très efficace. En effet, les faces latérales du jarret arrivent exactement dans le prolongement des faces latérales des éléments principaux du portique.

■ En B, le simple gousset placé dans l'axe du profil n'apporte pratiquement aucune raideur supplémentaire à l'assemblage. C'est donc une disposition constructive vivement déconseillée.

■ Soudure du jarret

Dans le cas du jarret en profil creux de même largeur que les éléments principaux, il faut vérifier que le rayon extérieur du profil creux ne crée pas une difficulté de soudure (figure 5).

Il suffit alors de vérifier que le jeu g est inférieur ou égal à 3 mm (solution A).

Dans le cas contraire, il faut adopter la solution B avec une largeur b_1 du jarret inférieure à celle des éléments principaux. Si le rapport $\frac{b_1}{b_0}$ est égal ou supérieur à 0,85, on peut considérer que le renfort a la même efficacité que dans le cas de largeurs identiques.

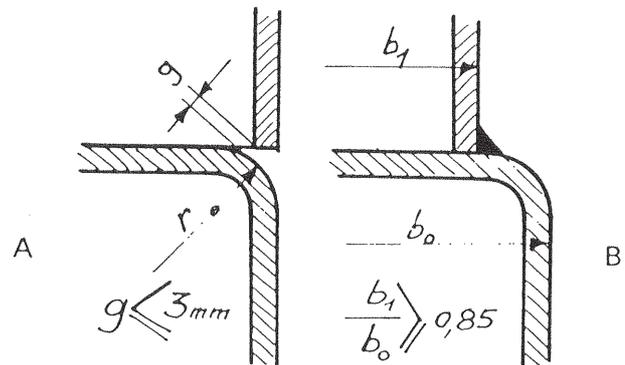


Figure 5.

3.114 – Assemblage avec goussets latéraux (figure 6)

Cette solution peut également être retenue mais elle n'est ni aussi efficace ni aussi élégante que la précédente.

D'autre part, pour s'opposer à tout risque de voilement local des goussets, il faut prévoir une épaisseur au moins égale à 1,5 fois celle des profils creux,

Par conséquent, ce renforcement, mentionné uniquement à titre indicatif, doit être évité à chaque fois que la solution précédente (jarret) peut être retenue.

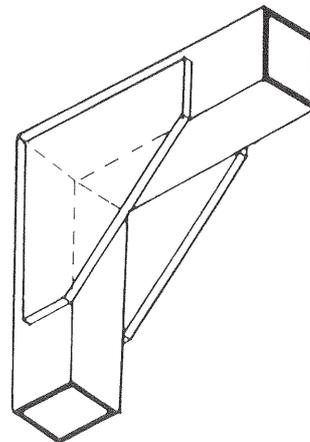


Figure 6.

3.12 — Assemblages boulonnés

Lorsque les dimensions du portique exigent un ou plusieurs joints de montage, ce qui est assez fréquent, on peut éviter les opérations de soudage sur chantier en prévoyant des assemblages d'angle boulonnés.

3.121 — Assemblage par brides à 45° (figure 7)

L'épaisseur de la bride et le nombre de boulons sont déterminés en fonction du moment fléchissant à transmettre.

Pour donner à l'assemblage le maximum d'efficacité, réduire le plus possible la distance a de l'axe des boulons au bord des profils. Cette réduction va d'ailleurs dans le sens de l'économie et de l'esthétique.

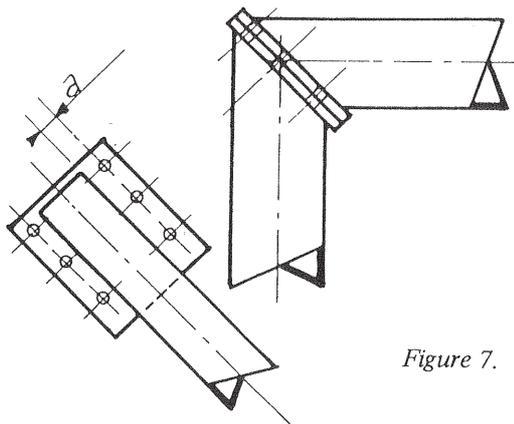


Figure 7.

3.122 — Assemblage par brides à 90° (figure 8)

Dans les cas les plus courants, la solution de la simple bride non raidie soudée en bout de la traverse sera tout à fait acceptable, l'autre bride étant soudée latéralement sur le montant.

C'est le tracé en traits pleins.

L'épaisseur des brides est dimensionnée comme nous venons de l'évoquer précédemment.

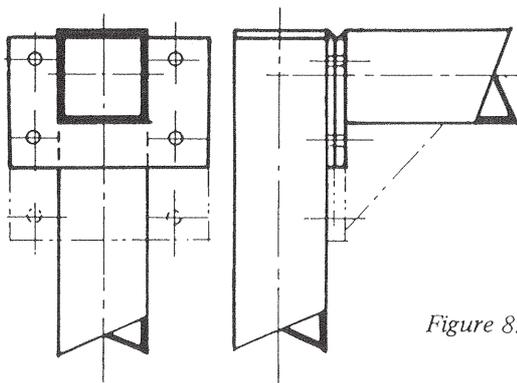


Figure 8.

Il faut également veiller à ce que l'extrémité haute du montant soit obturée.

Dans les cas d'assemblages d'angle très sollicités en flexion, il peut être avantageux de souder un jarret en profil creux sous la traverse.

C'est le tracé en traits mixtes.

3.123 — Assemblage par jarret boulonné (figure 9)

Une autre solution très répandue dans la construction de portiques de grande portée consiste à réaliser des pièces d'angle indépendantes des autres éléments de portique et assemblées par boulons sur chantier.

Ce nœud indépendant peut être réalisé soit en profil creux avec renforcement par jarret soudé, soit sous la forme d'un caisson en tôle.

Dans les deux cas, les brides sont calculées en fonction du moment fléchissant mesuré au droit de la bride (c'est-à-dire en B). En effet, le moment fléchissant à la distance l peut être très inférieur au moment fléchissant maximum à l'angle du portique (c'est-à-dire en A). Cette différence est d'autant plus importante que la distance l est grande.

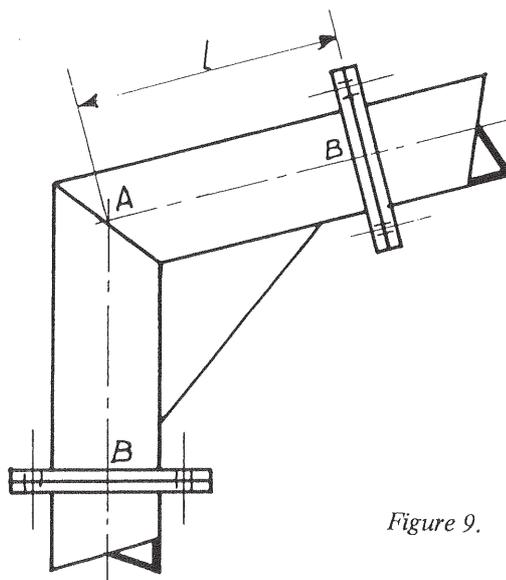


Figure 9.

3.2 — ASSEMBLAGES VIERENDEEL

Le développement des gammes de profils creux carrés et rectangulaires ces dernières années a permis une utilisation beaucoup plus large des poutres Vierendeel ou poutres à traverses de liaison, ou encore « poutres-échelles ».

Ces poutres peuvent être réalisées avec des membrures parallèles ou non (figure 10).

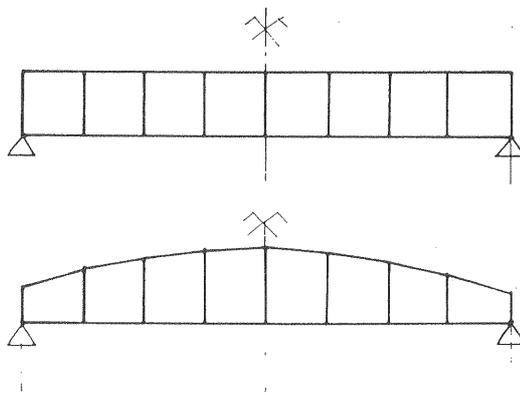


Figure 10.

Dans les deux cas, l'assemblage est considéré comme un assemblage en T même si, dans le second, l'angle entre la membrure et la traverse est différent de 90°.

Les difficultés qui ont freiné un certain temps le développement de ce type de construction étaient, tout d'abord, un prix de revient plus élevé que pour les poutres triangulées, mais également l'absence de formules de calcul pour le dimensionnement des assemblages.

Les récentes recherches, effectuées principalement à l'Université Mac-Master, Hamilton, Canada ont permis de combler cette lacune (référence : Rapport Cidect 5J par R.M. Korol).

Pour examiner les différentes possibilités de dispositions constructives, nous suivons la même progression que celle de l'étude canadienne qui va de l'assemblage le plus simple (sans renforcement) à l'assemblage le plus compliqué (avec pyramide tronquée).

3.21 — Assemblage sans renforcement (figures 11 et 12)

C'est, bien entendu, l'assemblage le moins cher, mais sa capacité de résistance est inférieure à celle de la traverse correspondante.

L'emploi d'assemblages non renforcés est cependant recommandé lorsque les dimensions des éléments de poutre (membres et traverses) font que ceux-ci ne sont pas sollicités à 100% de leur capacité.

De plus, la souplesse relative de tels assemblages peut être considérablement atténuée si la largeur de la traverse est identique à celle de la membrure : $\frac{b_1}{b_0} = 1$ (figure 12)

Les études récentes ont fait apparaître en effet que, dans ce cas (le rapport $\frac{b_1}{b_0} = 1$), le moment transmis à l'assemblage était assez proche de celui que pouvait transmettre la traverse pour des épaisseurs relatives de la paroi de membrure assez élevées (valeur de $\frac{b_1}{t_0}$ inférieure à 20).

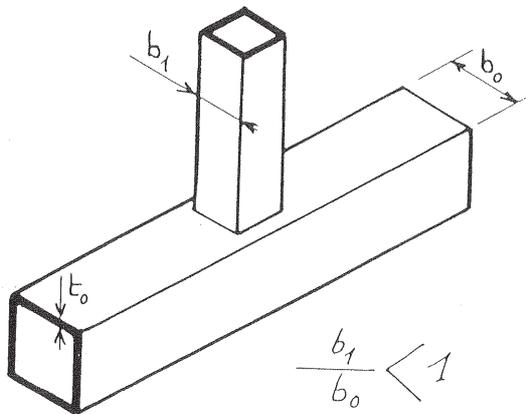


Figure 11.

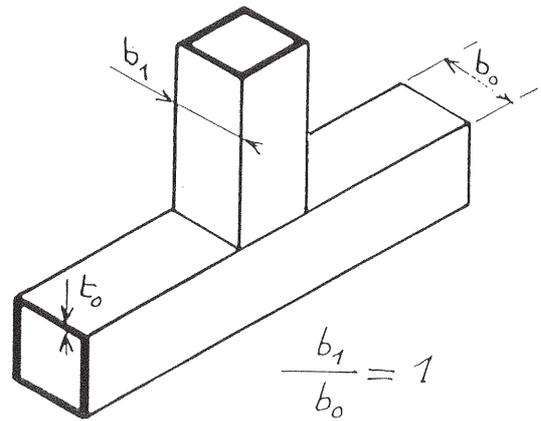


Figure 12.

Il faut, en effet, se rappeler que les paramètres les plus influents dans ce type d'assemblage non renforcé sont les rapports $\frac{b_1}{b_0}$ et surtout $\frac{b_1}{t_0}$.

Influence du cordon de soudure.

Au cours de ces mêmes essais, l'influence de la forme des cordons de soudure a également été testée :

- cordon d'angle (figure 13 A)
- cordon avec chanfrein (figure 13 B)

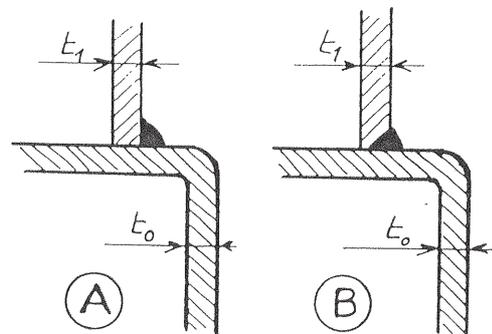


Figure 13.

Les essais ont montré que les deux types de cordons donnaient pratiquement les mêmes résultats.

Cette remarque ne signifie nullement qu'il ne faille pas réaliser un chanfrein d'extrémité lorsque l'épaisseur t_1 est supérieure à certaine valeur. Dans la pratique, on convient généralement de réaliser un chanfrein à partir de l'épaisseur de 7 mm.

3.22 — Assemblage avec raidisseur transversal (figure 14)

Ce type d'assemblage est mentionné simplement pour mémoire parce qu'il a déjà été réalisé, mais aussi parce qu'il a fait l'objet d'essais dans le cadre de la recherche canadienne.

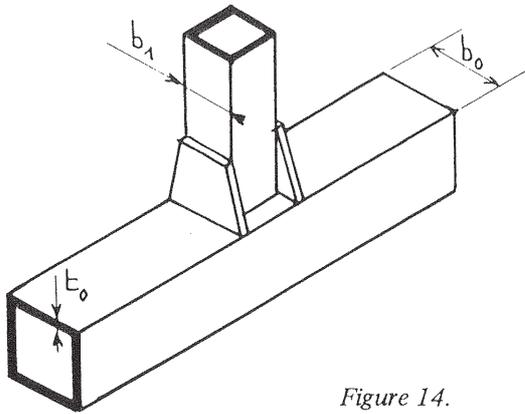


Figure 14.

Les résultats obtenus ne sont pas concluants et ce type de renforcement est vivement déconseillé.

En effet, pour des rapports de largeurs $\frac{b_1}{b_0}$ voisins de 0,75, le dispositif de renforcement n'apporte pratiquement pas de résistance supplémentaire par rapport au même assemblage non renforcé.

Pour des rapports inférieurs à 0,75, le moment transmis est supérieur à celui de l'assemblage non renforcé, mais le gain n'est pas suffisamment important pour que l'on puisse retenir ce type de renforcement.

3.23 — Assemblage avec semelle renfort (figure 15)

L'épaisseur de la semelle est, en général, égale à 2 fois l'épaisseur de la paroi de membrure :

$$t_r = 2 t_0 .$$

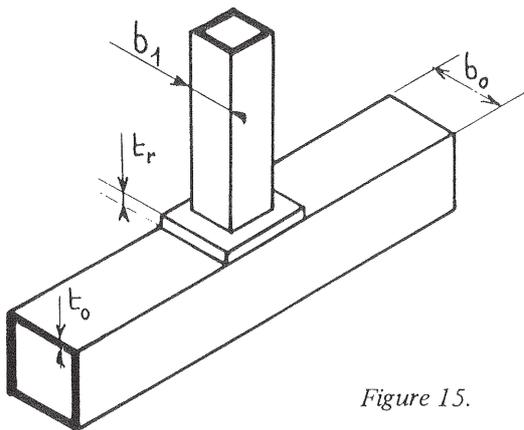


Figure 15.

Toutefois, si l'on peut considérer ce type de renforcement comme acceptable sur le plan de la résistance, il faut retenir qu'en ce qui concerne le degré de rigidité, il est moins favorable que le renforcement par jarrets indiqué à la figure 16.

3.24 — Assemblage renforcé par des jarrets (figure 16)

Il s'agit d'un renforcement efficace et économique. La technique consiste à utiliser des chutes de profils creux provenant de la traverse et coupées à 45 °.

Pour apprécier l'efficacité de ce type de renforcement, il faut distinguer, comme pour les autres assemblages, les différents rapports $\frac{b_1}{b_0}$.

Pour les rapports $\frac{b_1}{b_0} \geq 0,75$, le gain est très important, et l'assemblage a un degré de résistance et de rigidité très intéressant.

A mesure que le rapport de largeur diminue, le renforcement devient de moins en moins performant.

Les paramètres influents sont, comme pour les autres assemblages les rapports :

$$\frac{b_1}{b_0} \text{ et } \frac{b_1}{t_0}$$

mais on trouve ici un troisième paramètre important,

le rapport $\frac{l}{b_1}$ avec $l = b_1 + 2a$ (voir figure 16).

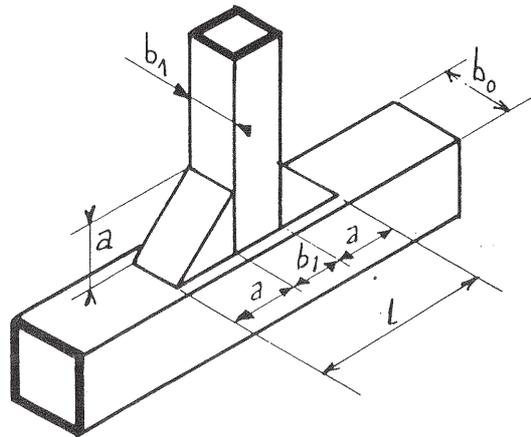


Figure 16.

Bien entendu, la résistance et la rigidité de l'assemblage augmentent lorsque l augmente, et les formules en cours d'étude tiendront compte de cet important paramètre.

Indépendamment de la question du calcul, il faut noter que, dans la pratique, il est assez commode d'utiliser la largeur b_1 de la traverse en effectuant des coupes à 45 ° (figure 17) ce qui donne pour a la dimension maximale $b_1 \sqrt{2}$.

Des essais réalisés avec des dimensions de renfort beaucoup plus faibles ont donné d'excellents résultats sur le plan de la résistance.

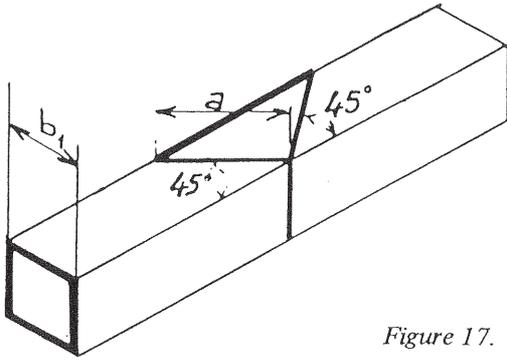


Figure 17.

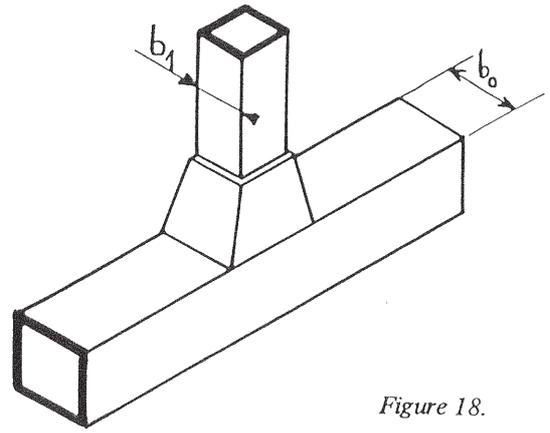


Figure 18.

3.25 — Assemblage renforcé par une pyramide tronquée (figure 18)

C'est de loin le renforcement le plus efficace, mais il présente l'inconvénient d'être aussi le plus cher.

Il ne faudra le retenir que dans des cas, très rares, où le rapport $\frac{b_1}{b_0}$ est très petit.

Même dans ces cas, d'autres dispositions devraient permettre d'éviter ce type de renforcement, par exemple, l'augmentation de la largeur b_1 de la traverse.

4 - ASSEMBLAGES BOUT A BOUT

4.1 — ASSEMBLAGES SOUDÉS

■ Classification succincte

Le plus simple des assemblages de deux profils creux de mêmes dimensions extérieures est évidemment la soudure bout à bout sans préparation.

La figure 1 passe en revue les trois principaux cas qui peuvent se présenter :

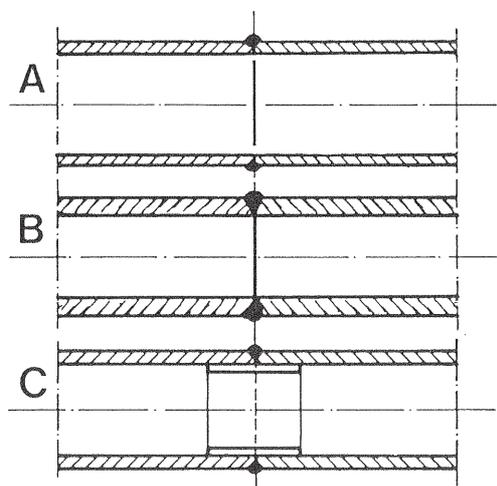


Figure 1.

- En A — Les profils creux raboutés sont relativement peu épais et les extrémités n'ont subi aucune préparation spéciale.
- En B — Les profils creux sont plus épais et doivent comporter un chanfrein en extrémité.
- En C — En plus du chanfrein, il a été prévu une bague intérieure qui servira de support de soudure.

Le choix de la préparation d'extrémité et des dimensions des bagues intérieures éventuelles est fonction des différents domaines d'utilisation et des modes de sollicitation. Toutefois nous allons tenter de dégager, ci-après, les principales dispositions constructives que l'on rencontre dans la majeure partie des cas d'utilisation.

■ Rôle de la bague intérieure (figure 2)

- La bague intérieure assure deux fonctions essentielles :
- elle permet un meilleur centrage des deux barres à rabouter,
 - elle sert de support au bain de soudure.

Elle peut donc avoir une épaisseur relativement faible et sa section transversale ne doit pas être prise en compte dans le calcul de résistance de l'assemblage.

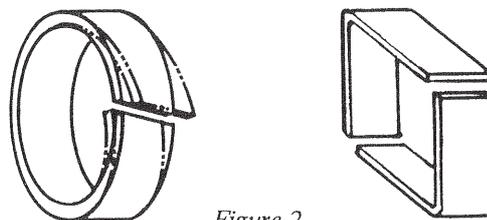


Figure 2.

En général, les bagues sont réalisées, comme l'indique la figure, avec une fente qui, grâce à l'élasticité de l'acier, facilite la mise en place en jouant sur l'effet de ressort.

Cette facilité d'adaptation est beaucoup plus évidente dans le cas de profils creux circulaires puisqu'il suffit de faire glisser les deux extrémités coupées en biais pour augmenter ou diminuer légèrement le diamètre de la bague. (Voir sur la figure le tracé en traits mixtes). Dans le cas de profils creux carrés, on rencontre souvent la disposition qui consiste à réaliser la bague à l'aide de deux cornières.

■ Profils creux relativement minces (figure 3)

La soudure bout à bout sans préparation des extrémités est possible pour des épaisseurs de profils égales ou inférieures à 5 mm environ. Nous devons rappeler qu'il s'agit, bien entendu, d'une indication et non pas d'une exigence puisque certains cahiers des charges peuvent comporter des clauses plus précises.

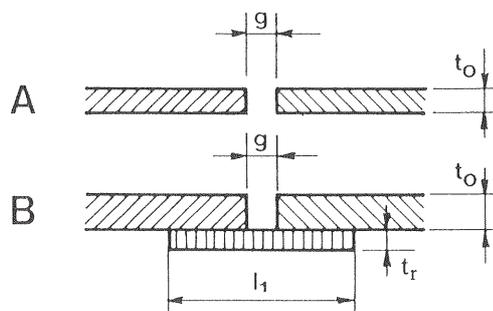


Figure 3.

■ En A — Il n'a pas été prévu de bague support de soudure :

$$1 \text{ mm} \leq g \leq 3 \text{ mm}$$

■ En B — La bague support de soudure est mise en place pour les deux raisons évoquées précédemment mais également pour pallier, par exemple, une difficulté de mise à longueur précise.

Dans ce cas, le jeu g pourra varier dans de plus grandes proportions :

$$1 \text{ mm} \leq g \leq 8 \text{ mm}$$

Les dimensions de la bague sont :

$$3 \text{ mm} \leq t_r \leq 6 \text{ mm}$$

$$30 \text{ mm} \leq l_1 \leq 60 \text{ mm}$$

■ Profils creux épais (figure 4)

Au-delà de l'épaisseur $t_0 = 5 \text{ mm}$ dont nous venons de parler, il est nécessaire de réaliser un chanfrein à chaque extrémité des profils à rabouter. Les modalités de réalisation de ces chanfreins (angle, valeur du talon p , espacement g) sont toujours fonction des prescriptions propres à chaque type de construction.

Il est cependant possible de mentionner les dispositions habituellement rencontrées :

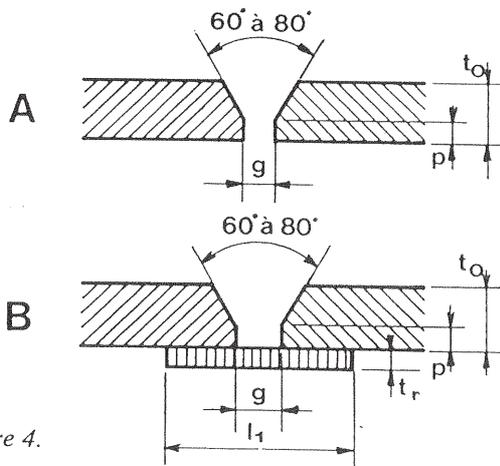


Figure 4.

■ En A — Lorsque la disposition d'ensemble de la structure permet de garantir un jeu $g \leq 2 \text{ mm}$, il n'est pas indispensable de prévoir une bague support de soudure.

■ En B — Si l'on veut, au contraire, laisser une plus grande liberté de réglage sur le chantier, prévoir impérativement cette bague.

Dans ce cas :

$$2 \text{ mm} \leq g \leq 8 \text{ mm}$$

Dans les 2 cas on a généralement :

$$1 \text{ mm} \leq p \leq 3 \text{ mm}$$

L'épaisseur t_r de la bague sera bien entendu fonction de l'épaisseur des pièces à rabouter. Même si t_r peut être inférieure à t_0 , il faut éviter une trop grande différence entre ces deux épaisseurs.

■ Rabotage de profils creux placés verticalement (figure 5)

Lorsqu'il n'est pas possible de positionner les éléments à souder horizontalement, le détail des préparations d'extrémités doit être différent pour tenir compte des possibilités de réalisation de la soudure sur le chantier.

La bague est indispensable et doit avoir les mêmes dimensions que dans le cas précédemment étudié.

Par contre, les angles des chanfreins sont différents selon qu'il s'agit de l'élément supérieur ou de l'élément inférieur.

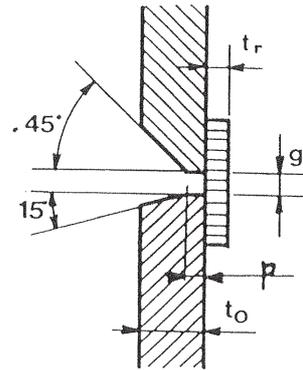


Figure 5.

■ Profils creux d'épaisseurs différentes (figure 6)

Nous avons représenté des configurations possibles suivant l'importance du jeu g :

■ En A : $2 \text{ mm} \leq g \leq 3 \text{ mm}$

On peut se dispenser de la bague intérieure

■ En B : $3 \text{ mm} < g \leq 8 \text{ mm}$

La bague intérieure est indispensable.

Dans les 2 cas, il est recommandé de limiter la valeur de $g' = t'_0 - t_0$ à 3 mm .

La valeur du talon $p = 2$ à 3 mm est à considérer pour le profil le plus mince.

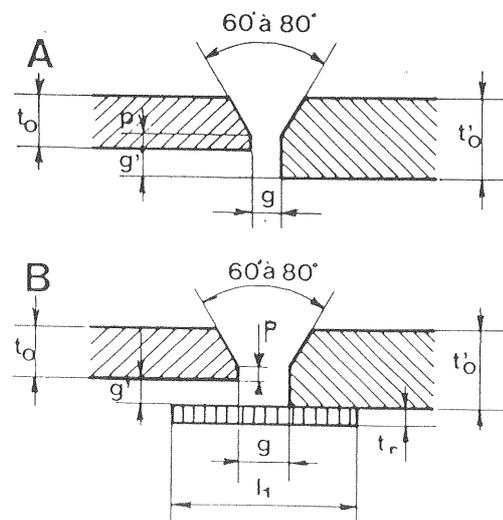


Figure 6.

Il est important de noter que, dans la pratique, les gammes de profils creux sont étudiées de telle sorte que, pour des mêmes dimensions extérieures, la différence entre deux épaisseurs consécutives n'excède pas 3 mm, qui est la valeur limite de g' .

Si cette limite ne peut pas être respectée, il y a lieu de prendre toute disposition pour que le changement d'épaisseur soit le moins brutal possible.

Deux solutions peuvent alors être envisagées :

■ **Profils creux circulaires** (figure 7)

Le profil creux le plus épais est chanfreiné intérieurement avec une pente douce égale à 25 % :

$$q = 4 (t'_0 - t_0)$$

Il s'agit d'une opération mécanique que l'on doit, bien entendu, éviter autant que possible en s'efforçant de rester dans les limites de $t'_0 - t_0 \leq 3 \text{ mm}$.

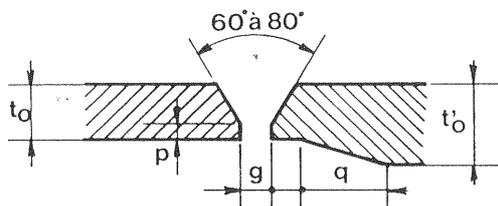


Figure 7.

■ **Profils creux rectangulaires** (figure 8)

On peut difficilement usiner intérieurement l'extrémité du profil creux le plus épais lorsqu'il s'agit d'un rectangle. Aussi, dans ce cas, on peut adopter la solution d'une bague intérieure peu épaisse et qui serait déformée comme le montre le croquis.

Il est nécessaire, pour ce faire, de cisailer la bague dans les angles, afin de pouvoir la déformer. Cette déformation se réalise généralement à chaud.

Il est évident qu'il s'agit d'une opération qui doit garder un caractère exceptionnel étant donné sa complexité.

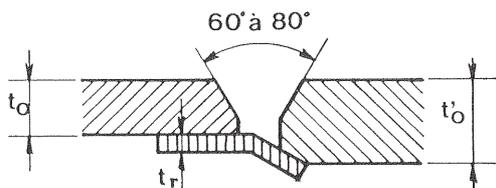


Figure 8.

4.2 — ASSEMBLAGES AVEC MANCHON INTÉRIEUR SOUDÉ

Manchon circulaire (figure 9)

Il arrive que les gammes de tubes de canalisation permettent de trouver un manchon de diamètre extérieur d_i correspondant au diamètre intérieur des profils creux à rabouter.

Cette technique est, en général, retenue lorsque le jeu g est trop important pour permettre de retenir les solutions précédemment décrites.

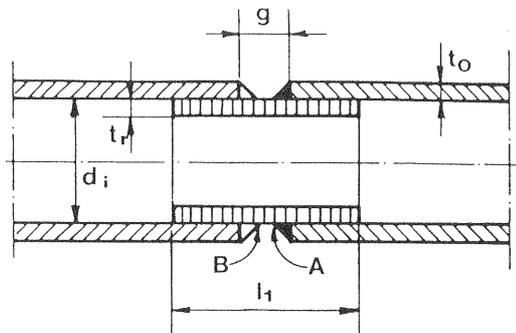


Figure 9.

Dans le cas de cette disposition constructive, il faut que le manchon intérieur participe à la résistance du joint. Par conséquent, l'épaisseur t_r aura une valeur supérieure à t_0 pour obtenir une section résistance équivalente.

Le cordon de soudure A peut être fait en atelier, et le cordon B réalisé sur chantier après réglage longitudinal.

■ Manchon rectangulaire (figure 10)

Il s'agit d'une variante de la solution précédente. Toutefois, il est assez rare que les gammes de profils creux existantes permettent de trouver un manchon ayant des dimensions extérieures correspondant exactement aux dimensions intérieures des profils à rabouter.

Aussi, il s'agit le plus souvent d'un manchon réalisé à l'aide de 2 cornières ou, si les profils sont relativement petits, à l'aide d'un manchon plein.

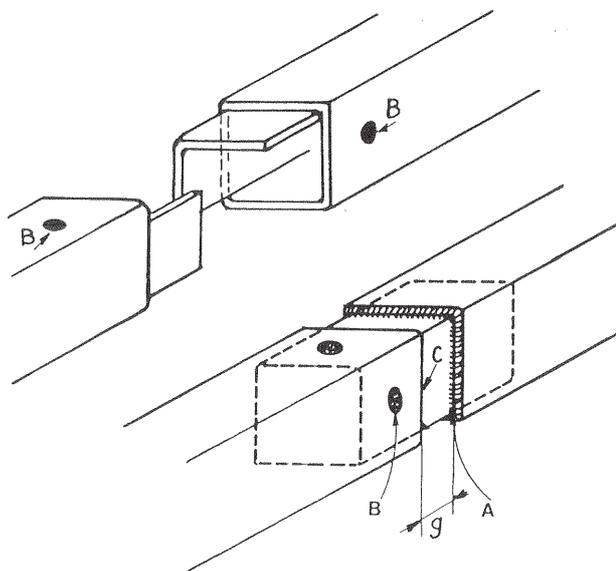


Figure 10.

Comme dans l'exemple précédent, la soudure A est faite en atelier. La soudure sur chantier, après réglage longitudinal du jeu g , est réalisée, soit en bouchon (soudure B) soit en cordon continu (soudure C).

Pour remplacer la soudure en bouchon en B, on peut imaginer un boulonnage ou un vissage si l'épaisseur de la cornière intérieure le permet.

4.3 — ASSEMBLAGES AVEC MANCHON INTÉRIEUR BOULONNÉ

1er exemple (figure 11)

Les manchons boulonnés sont utilisés si la construction n'exige pas, pour les éléments raboutés, une surface extérieure absolument lisse. C'est le cas de la plupart des éléments d'ossatures métalliques. Sur le plan de la corrosion, si le jeu g entre les deux éléments est nul ou très faible, on peut considérer que l'absence d'étanchéité parfaite au droit du joint n'entraînera aucune corrosion intérieure des profils creux. Pour que ce jeu soit minimum, il est intéressant de ne pas réaliser de soudure d'atelier en C, mais de remplacer le cordon de soudure par la soudure en bouchon A.

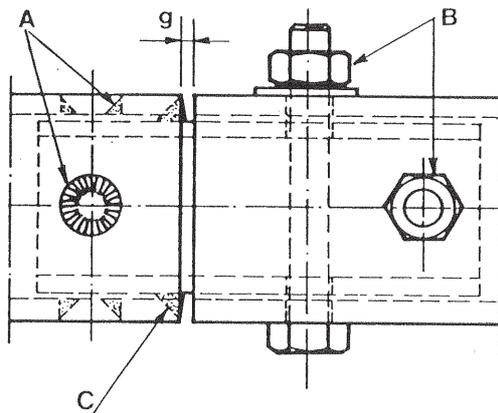


Figure 11.

2e exemple (figure 12)

Il s'agit d'une liaison utilisée en Grande-Bretagne pour les glissières de sécurité sur les ponts de routes et autoroutes. Le but visé par cette disposition constructive est l'absence de toute aspérité sur les parois latérales.

Le document de la British Steel Corporation, n° HBP/BI de Septembre 1977 précise entre autres : « Les glissières de sécurité utilisant ce type de joint doivent être galvanisées à chaud pour assurer à la fois la protection intérieure et extérieure contre la corrosion... Lorsque l'on utilise ce joint boulonné, la tôle d'obturation d'extrémité (épaisseur 5 mm) de chaque glissière de sécurité doit comporter un trou de drainage de 18 mm de diamètre à sa partie basse ».

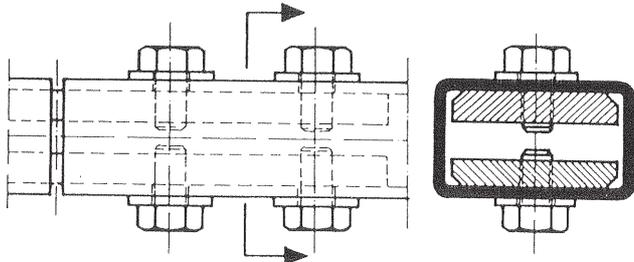


Figure 12.

Dans l'exemple du document cité plus haut, pour une glissière rectangulaire de 100 x 50 x 3, les plats

intérieurs ont une section transversale de 90 x 25 mm et les boulons un diamètre de 20 mm.

3e exemple (figure 13)

C'est un type de liaison beaucoup moins résistant, mais qui offre l'avantage de ne laisser apparaître aucune tête de boulon à l'extérieur. Une des deux barres raboutees comporte une ouverture oblongue pour le réglage.

La fixation ne se fait que par la pression de la vis contre la paroi lorsque l'on desserre les vis initialement mises en place avant rabouillage. Le principe même de cet assemblage exclut, bien entendu, tout effort mécanique même faible.

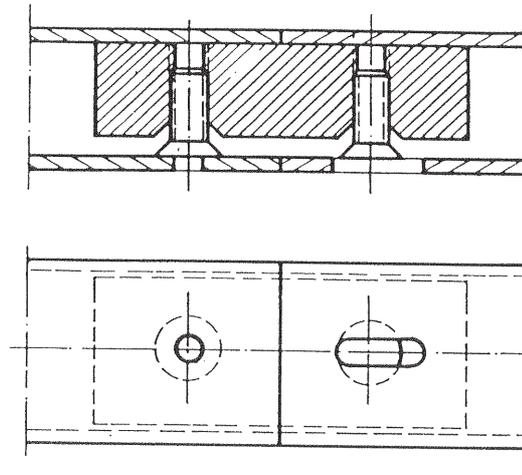


Figure 13.

4.4 — ASSEMBLAGES A BRIDES

Brides creuses (figure 14)

Il existe, en tuyauterie industrielle, de nombreuses brides creuses normalisées, et leur utilisation en construction métallique n'est pas exclue. Toutefois, la plupart de ces brides qui doivent assurer, en même temps qu'une bonne résistance mécanique, une parfaite étanchéité, ont une surface d'appui usinée avec précision. Cet usinage, qui coûte cher, est parfaitement superflu dans le cas d'éléments de construction métallique classique.

Les brides creuses sont généralement retenues dans le cas de galvanisation des éléments après soudure ou dans le cas de structure remplies de béton ou remplies d'eau.

Dans les deux premiers cas, les brides sont simplement découpées dans une tôle ou un large plat sans usinage particulier de la surface d'appui. Dans le dernier cas, l'étanchéité doit être assurée.

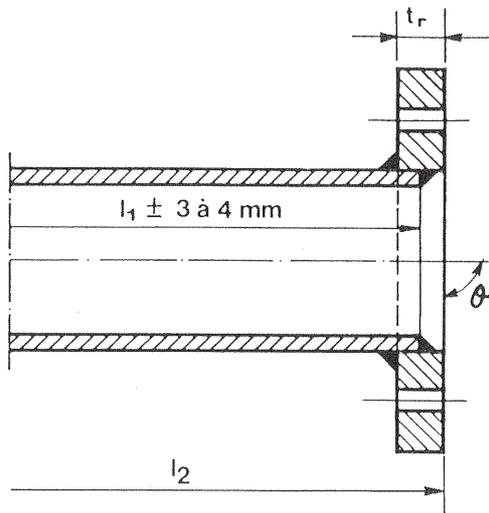


Figure 14.

Il est intéressant de noter que dans le cas de brides creuses, la mise à longueur l_2 de la barre ainsi que le respect de l'angle θ sont considérablement facilités. En effet, la longueur du profil l_1 peut être respectée à ± 3 ou 4 mm (suivant l'épaisseur de la bride) et la coupe peut n'être pas parfaitement d'équerre. En revanche, l'assemblage d'une bride creuse plate nécessite le plus souvent l'exécution de deux cordons de soudure.

Brides pleines (figure 15)

Les brides pleines sont moins chères que les brides creuses et sont retenues lorsque l'on veut assurer l'étanchéité du profil pour garantir la protection naturelle de l'intérieur de celui-ci contre la corrosion.

Il faut cependant retenir que la possibilité de réglage pour la longueur l_2 dont il a été fait mention ci-dessus n'existe plus.

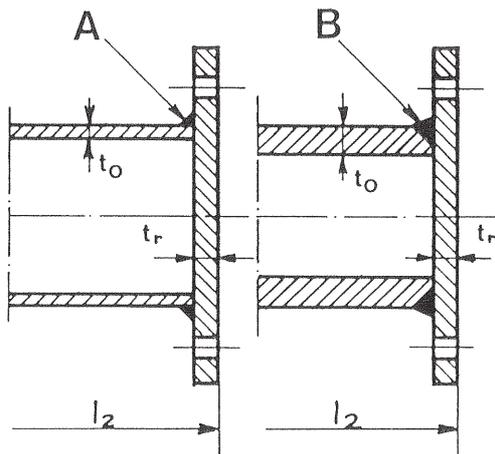


Figure 15.

Deux dispositions ont été représentées sur le croquis :

■ En A — La soudure est réalisée en cordon d'angle. L'extrémité du profil creux n'est pas chanfreinée. Cette disposition est en général admise pour les épaisseurs de profils égales ou inférieures à 7 mm.

■ En B — Il s'agit d'une soudure en bout réalisée avec un profil creux chanfreiné en extrémité.

Dimensionnement des brides (figure 16)

Pour des questions d'économie, il est toujours souhaitable de réaliser des brides sans raidisseurs transversaux. Le calcul est alors fait en fonction des efforts à transmettre mais aussi du rapport :

$$\frac{d_p}{d_o} \text{ avec :}$$

d_p = diamètre de perçage

d_o = diamètre extérieur de la barre à assembler.

On aura donc toujours intérêt à réduire ce diamètre de perçage pour des questions de résistance (diminution de porte-à-faux), mais aussi pour des questions esthétiques. Pour cela, il suffit de prévoir un espacement minimum g entre le cordon de soudure et l'écrou.

En règle générale, il faut compter pour les dimensions courantes, un espacement d'au moins 5 mm. Un plus grand espacement peut être nécessaire dans les cas d'utilisation de boulons à serrage contrôlé.

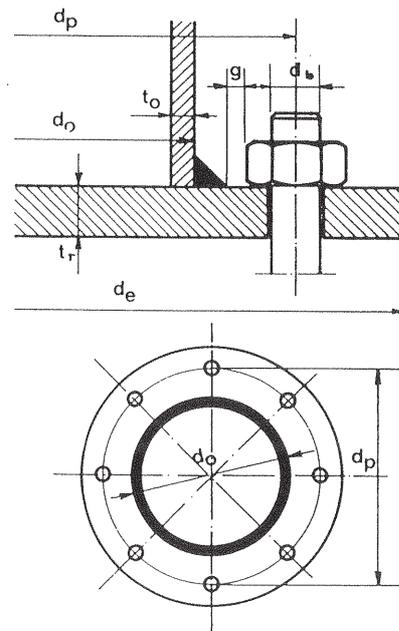


Figure 16.

D'autre part, lors du calcul des boulons, il y aura lieu de s'assurer de la bonne répartition de ceux-ci. Dans le cas de brides circulaires non raidies, il faudra respecter, en particulier :

- un nombre de boulons au moins égal à 6,
- un espacement entre deux boulons consécutifs au plus égal à 5 fois le diamètre d_b du boulon.

Cette recommandation de $5 d_b$ s'applique aux boulons ordinaires. Lorsqu'il s'agit de boulons à serrage contrôlé et à haute limite d'élasticité, on peut aller au-delà de cette valeur.

Formes géométriques des brides (figure 17)

D'autres formes que le cercle peuvent être retenues pour des brides pleines, même dans le cas de profils creux circulaires.

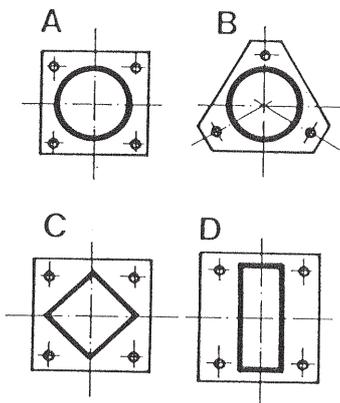


Figure 17.

Si les efforts de traction sont faibles, on peut en effet retenir la bride carrée (détail A) ou la bride triangulaire (détail B).

La solution d'une bride carrée placée à 45° par rapport aux axes de la barre est assez élégante pour le profil creux carré (détail C).

En ce qui concerne le profil creux rectangulaire, on peut également retenir la bride carrée (détail D).

Dans tous les cas, le choix est fonction :

- des efforts à transmettre,
- de l'effet esthétique recherché,
- du prix de revient en atelier.

Pour ce dernier, il faut se rappeler qu'une bride carrée ou rectangulaire découpée dans un large plat coûtera toujours moins cher qu'une bride circulaire.

Raidissement éventuel des brides (figure 18)

Nous avons déjà signalé à maintes reprises qu'il était toujours plus économique de choisir une épaisseur de bride plus importante plutôt que d'avoir à raidir celle-ci. Mais il peut arriver, lorsque les éléments à rabouter sont sollicités à la fois par un effort normal et un moment de flexion, que l'on soit amené à raidir l'assemblage.

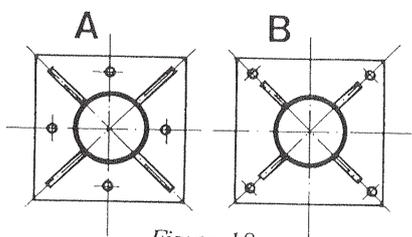


Figure 18.

Dans ce cas, on peut adopter des dispositions variées dont nous donnons ci-après 2 exemples :

- En A – les boulons sont placés entre les raidisseurs,
- En B – les boulons sont placés dans le prolongement de chaque raidisseur. Ce deuxième type est beaucoup plus efficace.

4.5 – ASSEMBLAGES A ÉCLISSES

Profils creux circulaires (figures 19 et 20)

Le principe des assemblages à éclisses peut être appliqué aux profils creux de construction. Ce type de liaison convient particulièrement lorsque les dimensions des éléments et les efforts qu'ils supportent sont importants.

On peut disposer sur la périphérie 4, 6 ou 8 plats soudés longitudinalement avec un double couvre-joint.

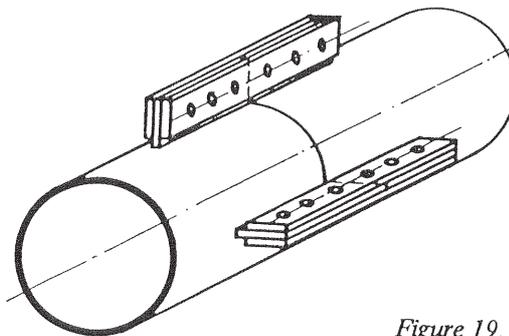


Figure 19.

Ce système est retenu en particulier dans le cas de fermes à treillis de grande portée, destinées à être expédiées en plusieurs parties. En effet, lors du montage sur mannequin en atelier, les couvre-joints sont boulonnés normalement pendant qu'on effectue le réglage de la contre-flèche, la soudure des barres de treillis, etc.

Pour l'expédition, il suffit d'enlever les couvre-joints, et on est alors assuré de retrouver sur chantier une poutre complète qui aura les caractéristiques d'origine.

Pour des questions d'esthétique, on peut allonger les plats soudés sur les éléments à assembler en abattant les angles en pente douce (figure 20).

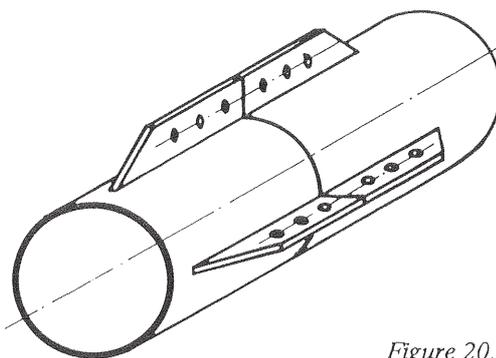


Figure 20.

En ce qui concerne la protection contre la corrosion intérieure, on doit considérer plusieurs hypothèses :

- 1 - S'il s'agit de constructions galvanisées, aucune précaution particulière n'est à prendre.
- 2 - S'il s'agit d'éléments de structures exposés aux intempéries (par exemple pylônes), il faudra s'assurer de l'étanchéité du joint entre les deux barres, soit en

interposant un joint d'étanchéité réalisé avec un matériau souple, soit en réalisant une étanchéité rapportée après réglage (enduit par exemple).

On peut aussi prévoir un trou de drainage à la partie inférieure de l'élément.

3 - S'il s'agit d'éléments placés à l'intérieur de bâtiments industriels, dans des conditions normales d'utilisation, des mesures moins sévères peuvent être prises : par exemple, un rabotage soigné des 2 éléments sans jeu entre les barres, avec le cas échéant, un complément d'étanchéité rapportée avant mise en peinture définitive.

Ce qu'il importe de retenir dans ce genre de construction, c'est que, pour assurer une protection naturelle de l'intérieur des profils creux, il suffit d'empêcher l'air emprisonné de se renouveler et l'eau de pénétrer. Le choix du dispositif d'étanchéité dépend donc de nombreux facteurs propres à chaque construction (atmosphère ambiante, importance de l'élément dans la structure, etc.).

Profils creux rectangulaires (figure 21)

Dans le cas de profils creux rectangulaires, les faces planes nous permettent d'envisager l'utilisation de couvre-joints plaqués de part et d'autre des profils.

On peut imaginer que les couvre-joints soient soudés en atelier sur l'un des 2 éléments à rabouter et boulonné sur l'autre.

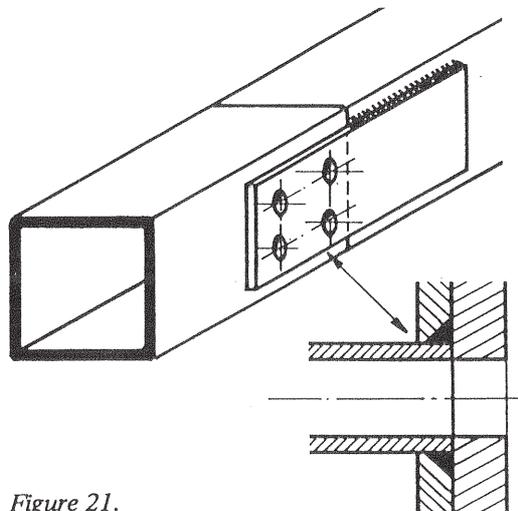


Figure 21.

Si l'épaisseur des profils à rabouter est relativement faible et que des risques de déformation de paroi sont à craindre, il y aura lieu de prévoir des entretoises soudées dans lesquelles passeront les boulons (détail de la figure 21). On peut également se contenter de pointer par l'intérieur du profil creux ces entretoises, puisqu'elles sont toujours proches de l'extrémité de la barre rectangulaire.

En tout état de cause, la mise en place de ces entretoises est à éviter au maximum car elle rend la solution décrite particulièrement onéreuse. L'utilisation de couvre-joints épais suffit souvent à éviter ces renforcements.

La remarque faite dans l'exemple précédent (profils creux circulaires) en ce qui concerne la facilité de réglage en atelier reste valable.

Il en est de même pour ce qui concerne la protection naturelle contre la corrosion de l'intérieur des profils creux rabotés.

4.6 – ASSEMBLAGES VISSÉS

Les assemblages vissés ne sont pas courants en construction métallique puisqu'ils nécessitent une grande précision dans la mise en place des écrous. Nous donnons néanmoins ci-dessous, à titre indicatif, deux exemples d'assemblages vissés.

1er exemple (figure 22)

Les écrous A sont soudés sur des diaphragmes. Ils ont des filetages à pas contraires (un à gauche, un à droite). La bague C coulisse sur la tige filetée B qui comporte une partie centrale carrée pour pouvoir être entraînée en rotation. C'est un assemblage cher, qui ne doit être retenu que dans des cas rares.

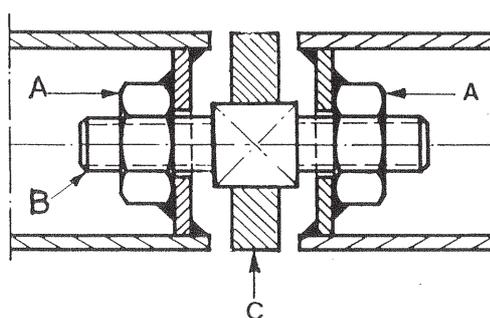


Figure 22.

2e exemple (figure 23)

C'est une disposition beaucoup plus simple, mais qui ne peut malheureusement être retenue que pour des profils creux de petites dimensions.

On retrouve, en général, ce type de rabotage pour des barres de contreventement dont la longueur totale doit permettre un certain réglage. Dans ce cas, un manchon central percé de trous (pour la rotation) est utilisé pour effectuer le réglage. Les contre-écrous bloquent l'assemblage une fois le réglage effectué.

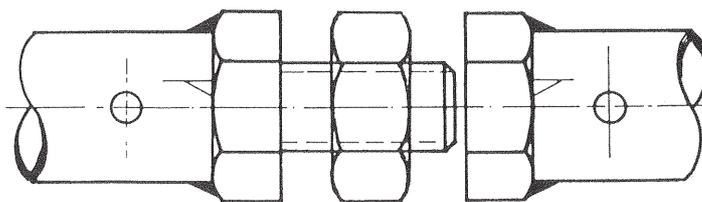


Figure 23.

4.7 — ASSEMBLAGES AVEC EXTRÉMITÉ RETREINTE

1er exemple (figure 24)

Le croquis représente un rétreint réalisé sur un profil creux circulaire, mais on peut envisager la même solution avec un profil creux carré.

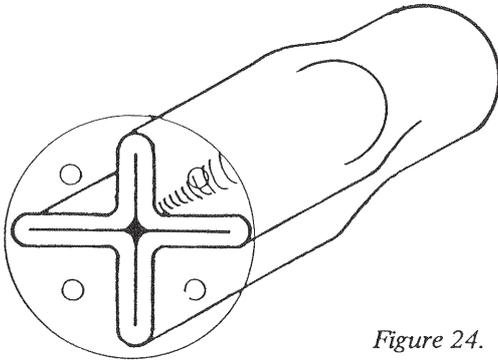


Figure 24.

La technique du rétreint en extrémité offre l'avantage de réduire l'encombrement des brides de fixation, mais elle a au moins deux inconvénients :

- elle est relativement chère, et ne peut s'envisager que si l'atelier est équipé d'un outillage qui permet de traiter de grandes séries,
- elle crée des angles rentrants qui peuvent représenter des *nids à rouille* dans des conditions d'exploitation sévères de la construction.

2e exemple (figure 25)

L'inconvénient des *nids à rouille* que nous venons d'évoquer n'existe plus dans ce deuxième exemple qui permet de conserver l'avantage de la réduction de la bride.

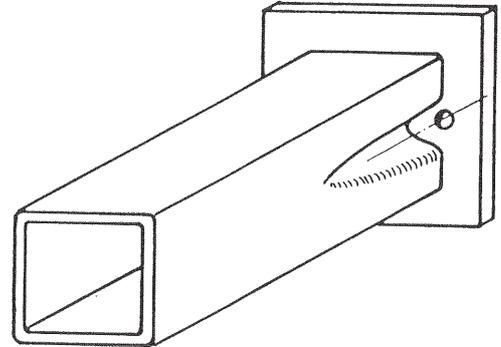


Figure 25.

Il faut noter que ce type de façonnage d'extrémité est, lorsqu'il est étudié sur de grandes séries, d'un prix de revient abordable. Il a été utilisé dans de nombreuses constructions industrialisées.

5 - ASSEMBLAGES AVEC APLATISSEMENTS

5.1 – CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les assemblages de profils creux aplatis ont d'abord été utilisés pour les barres secondaires (contreventements, entretoisements, etc.). Il s'agissait le plus souvent d'assemblages par boulonnage.

Depuis plusieurs années, des recherches effectuées dans différents pays, et en particulier au Canada, ont permis de développer les techniques d'assemblages par aplatissement boulonnés et surtout soudés.

On trouvera ci-après l'état des connaissances actuelles. Pour connaître les résultats des recherches en cours, on consultera l'OTUA ou le service PROFILS CREUX de VALEXY.

5.11 – Différents types d'aplatissement (figure 1)

Les différents types d'aplatissement se distinguent par la technique employée en atelier. La figure ci-dessous résume les principales possibilités :

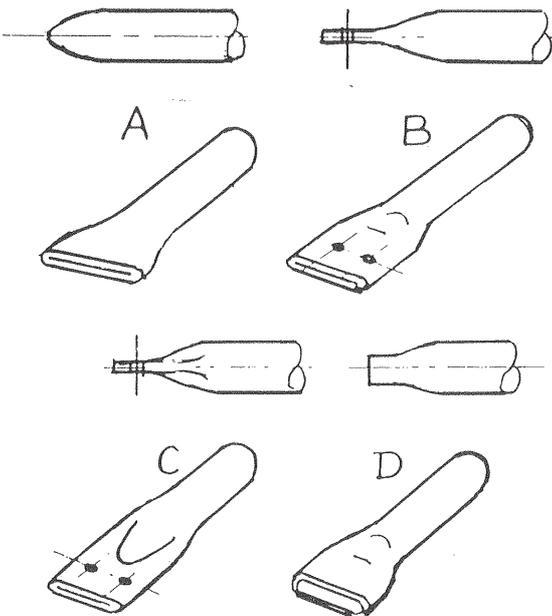


Figure 1.

En A – **Extrémité cisailée-aplatie.** L'opération est faite en général par un seul et même outil : la cisaille. Cette solution ne peut convenir qu'aux assemblages soudés.

En B – **Extrémité aplatie à bloc.** L'opération est réalisée par une presse. L'assemblage peut se faire par soudure ou par boulonnage.

En C – **Extrémité aplatie avec forme.** L'opération est également réalisée par une presse, mais avec un outillage particulier qui permet de déterminer un changement de section plus progressif.

Cette solution convient aux assemblages boulonnés et donne souvent un meilleur comportement sous les efforts de traction ou de compression que la précédente solution.

En D – **Semi-aplatissement.** L'opération, réalisée par une presse, nécessite une technique un peu plus complexe que l'aplatissement à bloc. Il faut en effet veiller à ce que les deux bords aplatis restent rectilignes et ceci implique souvent l'interposition d'une cale intérieure. La technique du semi-aplatissement est réservée aux assemblages soudés.

5.12 – Paramètres influant sur le comportement de l'assemblage

Les récents programmes d'essais ont mis en évidence les différents paramètres ayant une influence sur le comportement de la barre proprement dite (barre isolée assemblée par boulons) ou de l'assemblage lui-même (nœuds soudés).

■ Nuance et qualité d'acier

Il n'existe pas de règle rigoureuse spécifiant que tel acier devra être travaillé à chaud et tel autre à froid. La plupart des profils creux de construction finis à chaud conviendront le plus souvent même pour des aplatissements à froid.

Bien entendu, les aciers donnant le pourcentage d'allongement le plus élevé seront les plus aptes à être aplatis sans risque de fissuration. Le pourcentage minimum de 20 % est exigé de tous les aciers de construction par les règles CM 66. Il existe des profils creux en acier présentant un allongement de 22, 25 voire même 30 %.

La résilience a aussi une grande influence sur l'aptitude à l'aplatissement.

En l'absence de normes bien définies, il a été constaté dans de nombreux pays que les techniques d'aplatissement étaient surtout déterminées par la pratique, les essais préliminaires constituant toujours la meilleure des garanties dans le cas de séries importantes.

■ Rapport $\frac{d}{t}$

La souplesse relative d'un profil (et par conséquent son aptitude à l'aplatissement) dépend directement du rapport $\frac{d}{t}$ avec :

- d : diamètre extérieur
- t : épaisseur

Plus $\frac{d}{t}$ est grand, plus l'aplatissement est facile mais par contre, pour la résistance en compression de l'extrémité aplatie, on a toujours intérêt à avoir un rapport $\frac{d}{t}$ petit. (voir § 5.15 ci-après).

Il y a donc là un compromis à trouver en fonction du problème d'assemblage à résoudre :

- assemblage de barres secondaires : $\frac{d}{t}$ grand.
- barres fortement sollicitées en compression : $\frac{d}{t}$ petit.

■ Forme de l'aplatissement

L'outillage utilisé en atelier détermine la forme de l'extrémité aplatie, surtout dans le cas de l'aplatissement à bloc (voir figure 2). On trouve sur cette figure deux types de matrices :

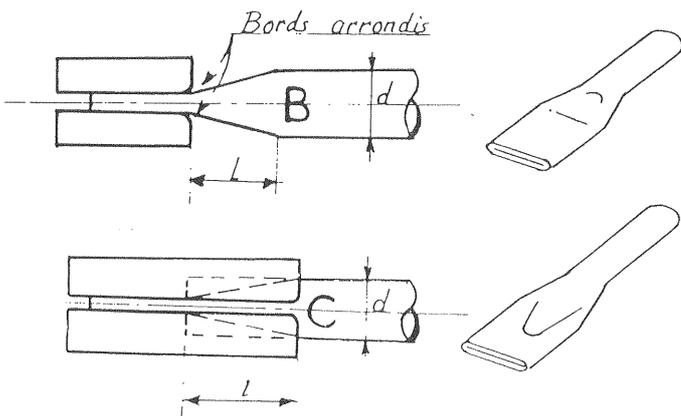


Figure 2.

En B -- Les deux matrices sont simples. Seules les arêtes côté intérieur sont arrondies pour éviter de blesser le métal et de créer ainsi une amorce de fissure transversale. C'est l'exemple de la figure 1 B.

On n'a, dans ce cas, aucune influence sur la longueur l du changement de section.

Cette longueur est en général relativement faible (de l'ordre de 1,2 à 1,5 d).

En C -- Les 2 matrices déterminent la forme de l'extrémité aplatie et surtout la longueur l . L'usinage de l'intérieur de la matrice (en pointillés) a une influence sur la forme définitive de l'extrémité. C'est l'exemple de la figure 1 C.

Les essais ont mis en valeur l'importance de la longueur l dans le comportement de la barre sous charge axiale en traction, mais surtout en compression.

Pour transmettre sans risque de déformation un effort de compression important, il faut respecter :

$$1,7d \leq l \leq 2,2d$$

Dans la pratique on retient souvent la valeur moyenne :

$$l = 2d \text{ soit une pente de } 25\% \text{ environ.}$$

5.13 -- Longueurs de flambement

Dans le cas des barres avec extrémités aplaties, il n'y a aucune réduction de longueur de flambement à prendre en compte. En effet, le flambement interviendra toujours dans le plan perpendiculaire à celui de l'aplatissement et il est courant de retenir :

$$l_k = l_0$$

quel que soit le type d'assemblage (figure 3)

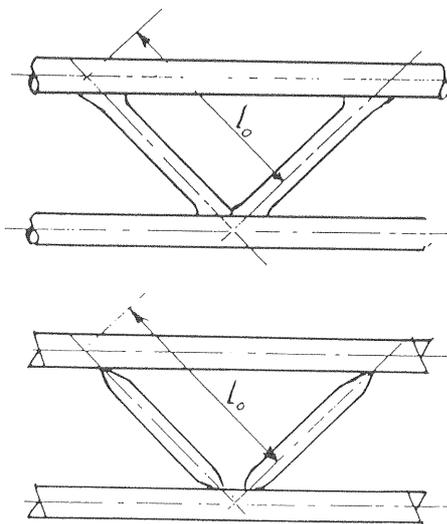


Figure 3.

Il faut néanmoins faire les deux exceptions suivantes :

- Dans le cas d'un aplatissement réalisé selon la technologie décrite à la figure 1 C, l'effort en compression que pourrait reprendre une telle barre est supérieur à celui que donnerait le calcul au flambement avec $l_k =$ distance entre les deux points d'épure l_0 (figure 4).

5.14 – Soudure

La fixation par soudure est en général réservée aux extrémités aplaties suivant la technique décrite à la figure 1 A (aplatissement - cisailage) ou 1 D (semi-aplatissement), mais peut également être retenue dans le cas d'un aplatissement à bloc (IB ou IC). Voir rappel de la figure 1 au bas de la présente page.

Plusieurs configurations peuvent alors se présenter :

- accostage de la barre aplatie sur une face perpendiculaire ou sur une surface courbe (figure 6). On peut aisément effectuer les soudures d'angle de part et d'autre.

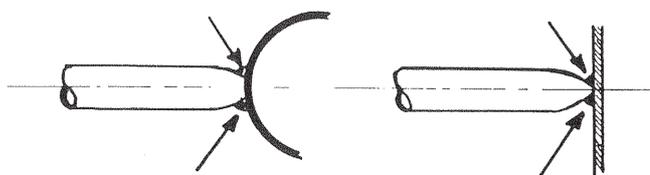


Figure 6.

- accostage de la barre aplatie sur une face plane suivant un angle aigu (figure 7). On réalise alors une soudure d'un seul côté ou des deux côtés suivant la valeur de l'angle d'accostage.

En 1 : aplatissement type A. $\theta \geq 40^\circ$: un cordon frontal, un cordon d'angle facultatif.

En 2 : aplatissement type B ou C. $\theta \geq 40^\circ$: un cordon frontal, un cordon d'angle facultatif.

En 3 : aplatissement type A. $30^\circ \leq \theta < 40^\circ$: un cordon frontal

En 4 : aplatissement type B ou C. $20^\circ \leq \theta < 40^\circ$: un cordon frontal.

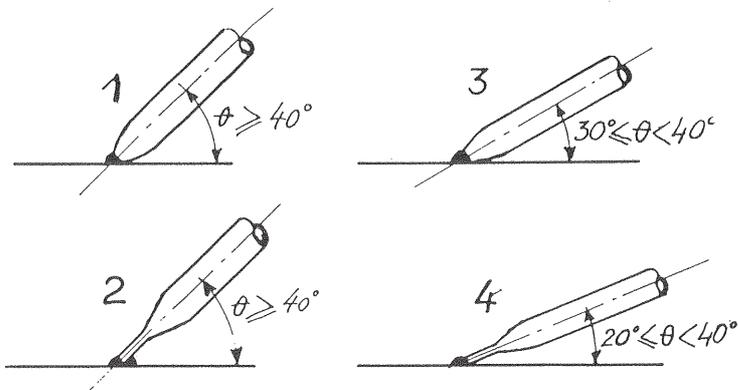


Figure 7.

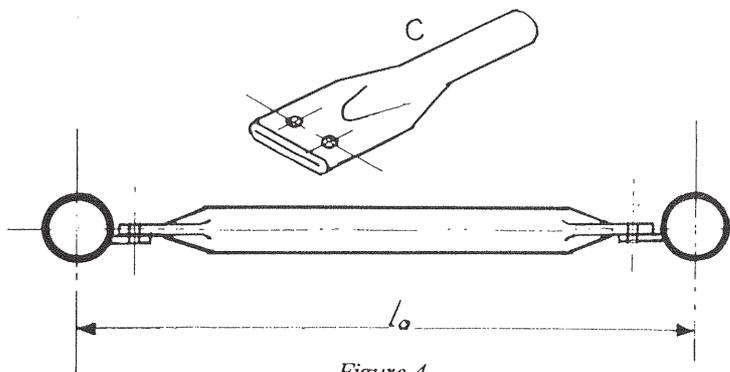


Figure 4.

A notre connaissance, aucune recherche systématique n'a été entreprise pour déterminer le coefficient de réduction de la longueur de flambement de la barre ainsi usinée.

Le constructeur qui retiendrait ce type d'assemblage pour une grande série de barres (cas de structures spatiales) aurait donc intérêt à réaliser quelques essais préalables pour déterminer la longueur de flambement réduite à prendre en compte.

- Autre exception : la barre semi-aplatie suivant la technique de la figure 1 D (assemblages soudés).

Il est généralement admis de prendre comme longueur de flambement $l_k = 0,7 l_0$ si l'aplatissement respecte les valeurs ci-après pour la dimension transversale (figure 5) :

$$a \geq \frac{2d_1}{3} \text{ et } a \geq \frac{d_0}{3}$$

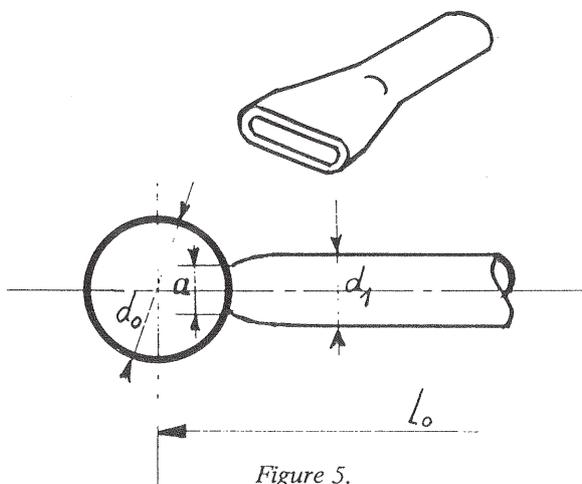


Figure 5.

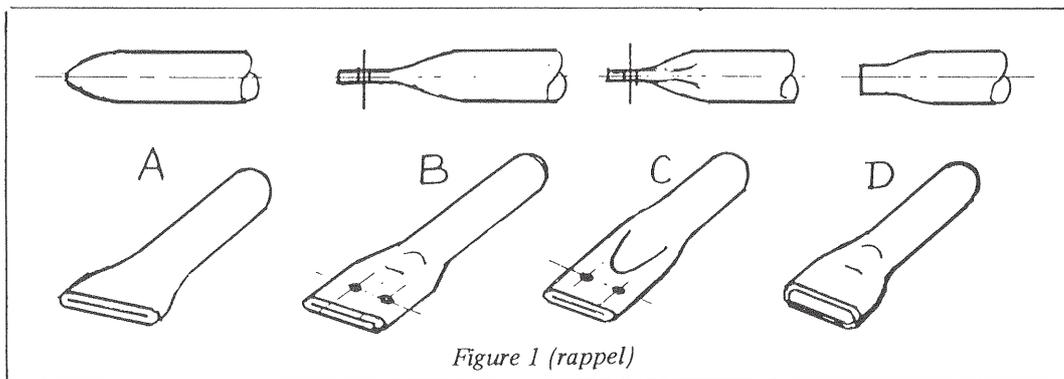


Figure 1 (rappel)

5.15 - Résistance des assemblages

Assemblage en traction

Dans le cas d'assemblage boulonné, les dispositions constructives déterminant les cotes a_1, a_2, l_1 , sont celles habituellement retenues en construction métallique pour le dimensionnement des goussets (figure 8).

Pour la vérification de l'assemblage, c'est évidemment la section transversale nette (déduction faite des trous de boulons) qui doit être retenue dans le calcul.

Dans le cas d'aplatissements à froid, avec certaines qualités d'acier il peut se produire une fissure longitudinale sur les rives de la section aplatie. En général cette fissure n'est que superficielle et des essais réalisés en laboratoire ont prouvé qu'elle n'avait aucune influence sur le comportement de l'assemblage.

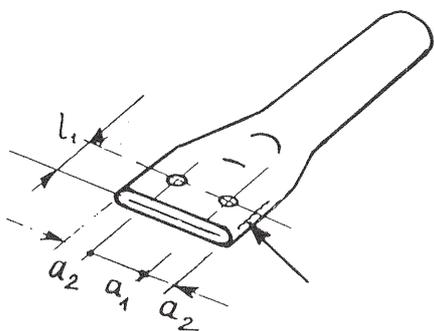


Figure 8.

D'autre part si la pente de l'aplatissement (25 %) définie au § 5.12 et rappelée figure 9 est respectée, on peut considérer, du point de vue de la déformation longitudinale, que l'assemblage avec aplatissement se comporte comme un assemblage classique.

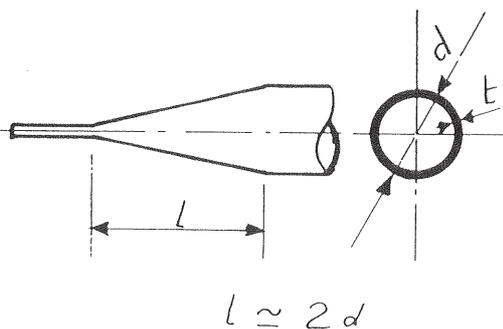


Figure 9.

Assemblage en compression

La pente de 25 % environ doit également être respectée mais le paramètre ayant une grande influence sur la résistance de l'assemblage en compression est le rapport

$$\frac{d}{t}$$

Pour les valeurs de $\frac{d}{t}$ inférieures à 25, la résistance de l'assemblage en compression est identique à celle calculée avec la section complète de la barre : N_{maxi} .

Au delà du rapport de 25, et jusqu'à la valeur limite de 45, il faut admettre la réduction suivante de la résistance :

$$N_{\text{réduit}} = \alpha N_{\text{maxi}}$$

VALEURS DE α EN FONCTION DE $\frac{d}{t}$

$\frac{d}{t}$	α
25	1
30	0,80
35	0,70
40	0,60
45	0,50

Remarque : Cette réduction de la charge axiale en compression ne constitue pas un inconvénient pour une barre élancée si le coefficient de réduction dû au flambement est supérieur à celui dû à l'aplatissement.

5.2 - ASSEMBLAGES SOUDÉS

5.21 - Poutres planes

Membrane circulaire (figure 10)

La seule disposition constructive judicieuse est celle qui consiste à orienter l'aplatissement longitudinalement par rapport à la membrane. Généralement il est recommandé de créer un recouvrement entre les barres de treillis pour éviter une trop grande excentricité du point d'épure.

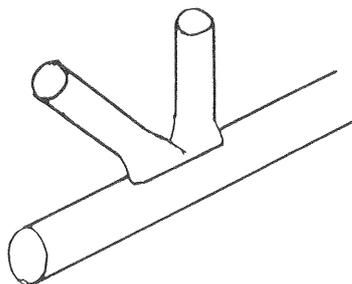


Figure 10.

Membrane carrée ou rectangulaire (figure 11)

Trois dispositions sont possibles :

A - L'aplatissement est orienté transversalement. On n'a pas à craindre, dans ce cas, de déformation de la paroi de membrane si la largeur de la barre de treillis est, après aplatissement, voisine de celle de la membrane.

Cette disposition est recommandée.

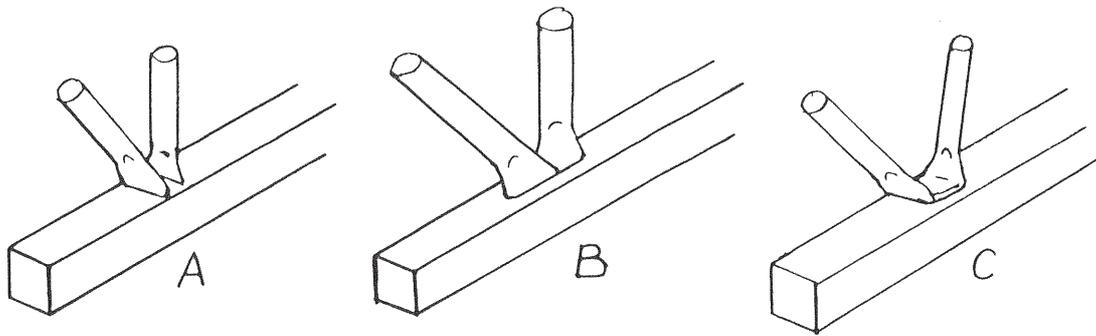


Figure 11.

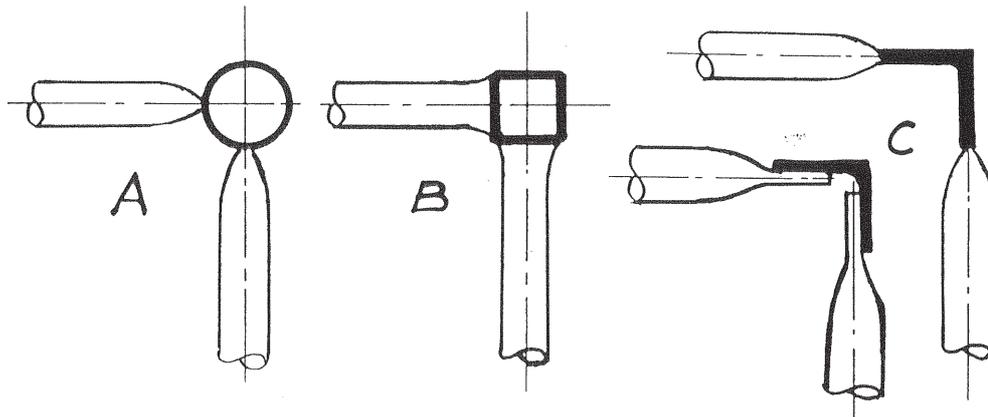


Figure 12.

B — L'aplatissement est orienté longitudinalement. C'est une disposition beaucoup moins favorable que la précédente car cette paroi de membrure est beaucoup plus sollicitée. Un recouvrement entre les barres de treillis est recommandé.

En C — Les barres de treillis sont réalisées à partir d'un élément continu aplati à des intervalles réguliers puis plié.

C'est une disposition assez répandue dans le cas de poutres à treillis relativement légères. Bien que les cordons de soudure longitudinaux transmettent la plus grande partie des efforts, il est recommandé de réaliser également les cordons de soudure transversaux.

salement est courante. On peut aussi adopter la solution de la barre de treillis continue aplatie et pliée comme dans le cas des poutres planes décrites ci-dessus (voir figure 11 C).

C — Membrure en cornière

Deux solutions peuvent être envisagées :

- les barres de treillis sont soudées en bout des ailes de la cornière,
- les barres de treillis sont plaquées à l'intérieur du profil de membrure. Cette solution, sans doute un peu moins élégante, est beaucoup plus facile à réaliser.

5.22 — Poutre quadrangulaires (figure 12)

On peut réaliser des poutres quadrangulaires à partir de membrures de profils différents : profils creux circulaires, carrés ou cornières.

A — Membrure circulaire

Les recommandations sont les mêmes que dans le cas des poutres planes. Un recouvrement entre les barres de treillis d'un même plan est souhaitable.

B — Membrure carrée

Seule la disposition de l'aplatissement orienté transver-

5.23 — Poutres triangulaires (figure 13)

On peut imaginer une poutre avec trois membrures circulaires. Dans ce cas c'est toujours la même technique d'assemblage que pour les poutres planes. C'est un cas assez courant pour des pylônes ou des mâts d'éclairage.

Mais lorsqu'il s'agit de poutres placées horizontalement et destinées, par exemple, à des chemins de roulement de grues, il est courant de prévoir des membrures inférieures en profils creux rectangulaires. Les barres de treillis sont alors soudées sur les arêtes de ces membrures rectangulaires (figure 13).

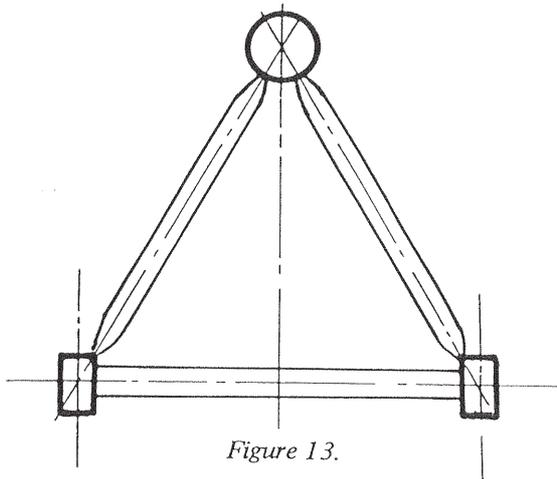


Figure 13.

5.3 – ASSEMBLAGES BOULONNÉS

5.31 - Contreventements - Entretoisements (figure 14)

Dans le cas d'assemblages boulonnés on peut également rencontrer 3 types de membrure :

- circulaire,
- carrée,
- profil ouvert H, I ou L.

Puisqu'il s'agit en général de barres secondaires, il n'est pas absolument indispensable de réaliser l'assemblage strictement dans le plan passant par la fibre neutre de la membrure. Ce décalage est surtout sensible dans le cas de la membrure en profil ouvert.

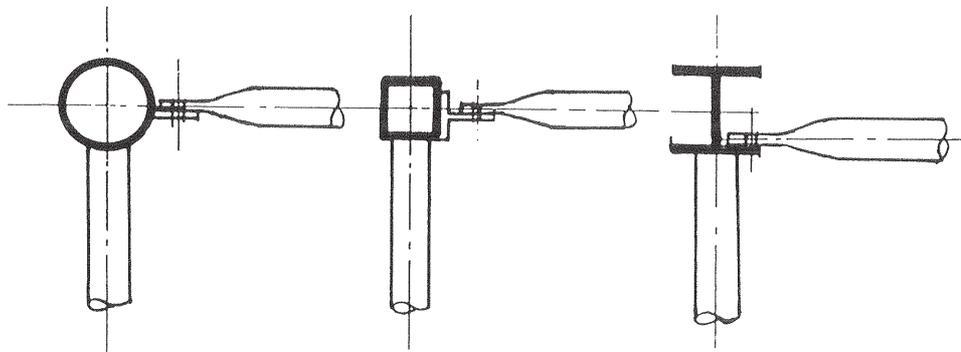


Figure 14.

5.32 – Structures spatiales (figure 15)

De nombreux systèmes de structures spatiales, brevetés ou non, font appel à la technique de l'aplatissement pour les assemblages sur chantier. L'élimination de la soudure, dans la plupart des cas, favorise le développement de cette technique de l'aplatissement.

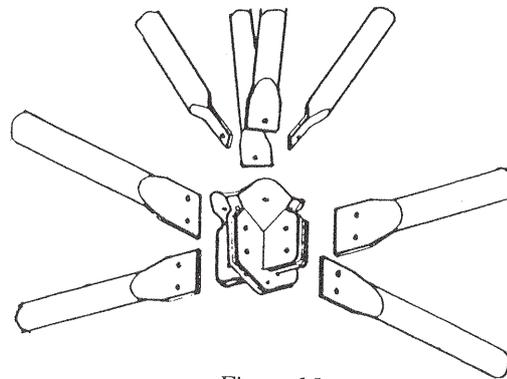
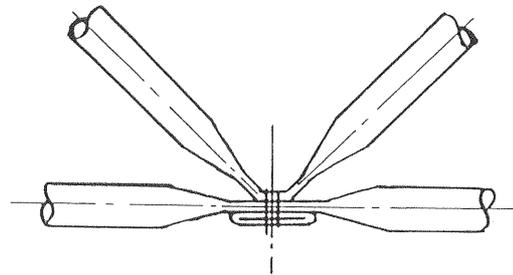


Figure 15.

6 - EMBASES DE POTEAUX

6.1 — APPUIS SIMPLES

6.1.1 — Cas courant : bride pleine (figure 1)

Il s'agit de l'assemblage le plus classique : une semelle carrée ou rectangulaire soudée à la base du poteau. Celui-ci peut être indifféremment circulaire, carré ou rectangulaire.

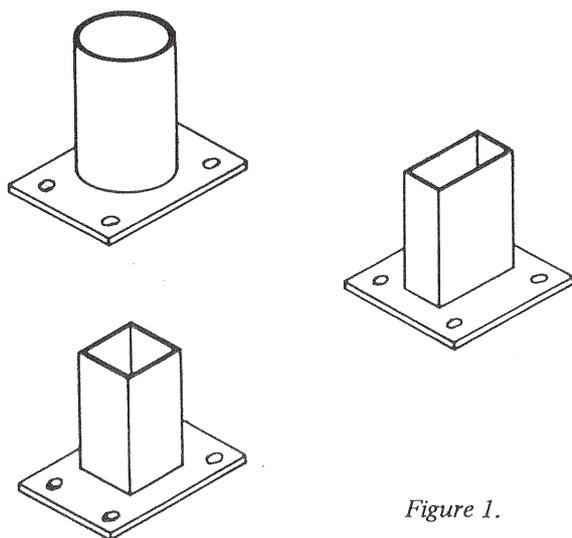


Figure 1.

Suivant l'épaisseur du profil creux, on doit ou non réaliser un chanfrein en extrémité.

D'une manière générale, à partir de 7 mm d'épaisseur, le chanfrein est nécessaire.

Cette disposition d'appui simple convient lorsqu'il n'y a pas de moment fléchissant important à transmettre au massif de fondation, et lorsqu'une rotule effective n'est pas imposée par la conception d'ensemble du projet.

6.1.2 — Appui avec dispositif de réglage (figure 2)

Il est parfois commode, lors de la mise en place sur chantier, de pouvoir effectuer des réglages en hauteur et en verticalité. Le croquis de la figure 2 donne

une disposition couramment utilisée dans le cas de poteaux de mobilier urbain (signalisation, éclairage, etc.) mais aussi dans le cas d'installation plus importantes (bâtiments industriels, immeubles commerciaux, etc.).

Il est, bien entendu, nécessaire de prévoir dans le massif de fondation des tiges d'ancrage convenablement réglées en hauteur et en position dans le plan horizontal.

Cette technique peut s'appliquer indifféremment aux poteaux avec semelle simple décrits ci-dessus ou aux poteaux avec embase nervurée que l'on étudiera ci-après.

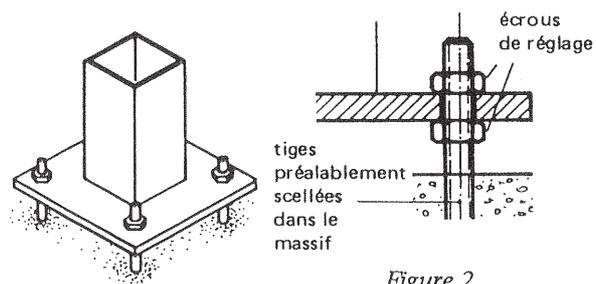


Figure 2.

6.2 — APPUIS AVEC ARTICULATION

Lorsque les hypothèses de calcul imposent une rotule effective dans un plan donné, il est nécessaire de réaliser une articulation avec un axe ou tout autre dispositif permettant la liberté de mouvement en « rotation » dans ce seul plan.

Si les hypothèses de calcul imposent une rotule dans tous les plans, l'articulation doit être réalisée par une rotule sphérique.

Les croquis qui suivent décrivent quelques solutions possibles de rotules cylindriques ou d'axes.

6.2.1 — Chute de T ou gousset soudé (figure 3)

La chute de T ou la demi-poutrelle IPE est une solution économique pour réaliser un assemblage avec un axe d'articulation. Toutefois, il y a lieu de vérifier que l'épaisseur t est suffisante pour reprendre la pression diamétrale.

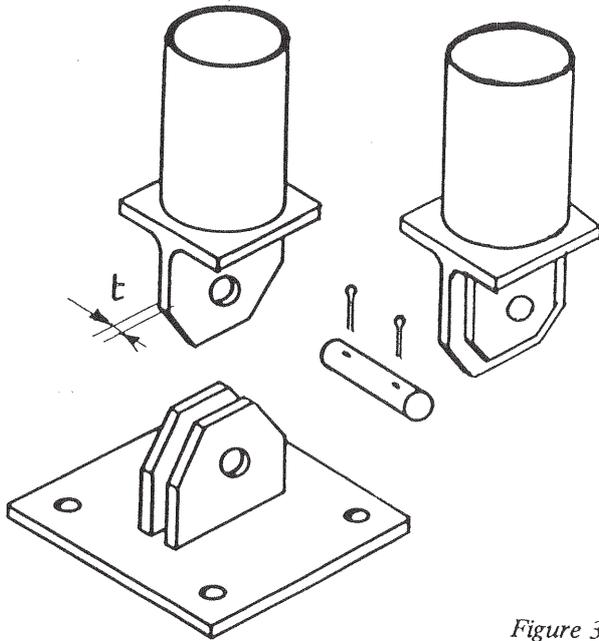


Figure 3.

Si cette épaisseur n'est pas suffisante, il est possible de souder des bossages de part et d'autre de l'âme. Pour une question de prix de revient, il importe de ne pas généraliser l'utilisation de tels renforts.

Ce profil en T peut être reconstitué en partant de plats ou de tôles.

6.22 – Chape soudée (figure 4)

La chape est soudée sur le poteau, l'élément mâle étant solidaire de l'appui proprement dit. Le croquis représente une attache réalisée en mécano-soudure, mais pour de grandes séries l'acier moulé peut s'avérer plus économique.

Dans l'exemple de la figure (solution soudée) il faut évidemment veiller à ce que la cote g soit suffisamment grande pour permettre une soudure correcte dans l'espace

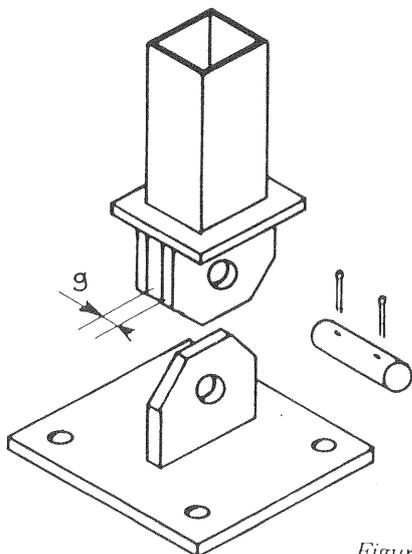


Figure 4.

intérieur de la chape. C'est en général cette cote g qui détermine l'épaisseur totale de l'élément mâle (âme + éventuellement bossages).

6.23 – Chape pliée (figure 5)

Pour éviter l'inconvénient de la soudure intérieure dans le cas de la figure précédente, il est commode d'utiliser une chape en tôle pliée. On l'insère dans une fente qui peut être réalisée facilement dans le profil creux si l'on prend soin de percer un trou rond avant d'effectuer la saignées longitudinales (figure 5 A).

Cette opération est, en général, plus facile à réaliser sur un profil creux carré que sur un profil creux circulaire.

Par contre, il est possible de réaliser, à partir d'un profil creux circulaire partiellement aplati, une attache avec chape pliée comme indiqué à la figure 5 B.

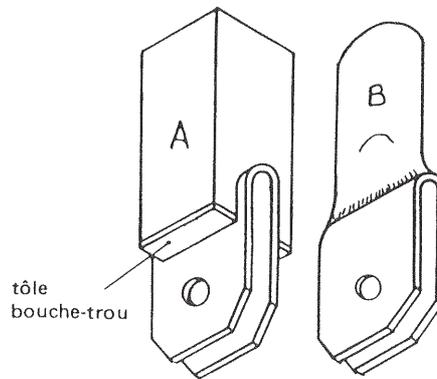


Figure 5.

6.24 – Pied de portique à 2 membrures (figure 6)

Dans le cas d'un pied de portique à 2 membrures convergentes, il est parfois nécessaire de réaliser une attache du type représenté à la figure 6 qui offre l'avantage d'être simple et économique.

Un gousset est soudé sur une platine d'extrémité. L'épaisseur de ce gousset est déterminée par la pression diamétrale.

Lorsque l'angle θ est faible, il faut veiller à ce qu'un espacement minimum g soit réservé, afin de réaliser facilement la soudure dans cet angle fermé. Remarquons cependant que cet espacement pourra être nettement plus faible dans le cas de profils creux circulaires que dans le cas de profils creux carrés ou rectangulaires.

En effet, lorsque deux profils creux circulaires sont tangents, les parties en contact sont théoriquement limitées à un point, alors que dans le cas de profils creux carrés ou rectangulaires le contact s'établit sur toute la largeur de la face.

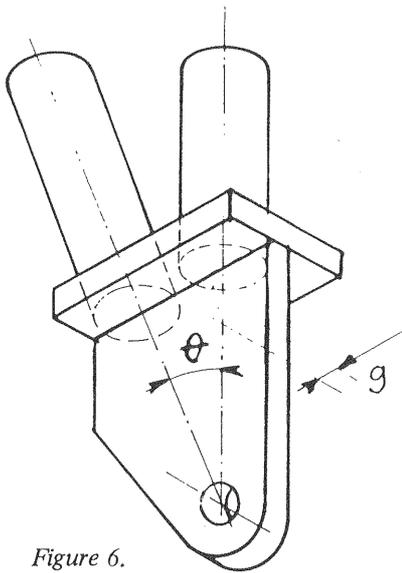


Figure 6.

6.25 – Appui sur un grain soudé (figure 7)

Il s'agit d'un appui avec articulation qui peut admettre simultanément des charges verticales et des charges horizontales.

L'articulation ne peut se produire que dans le plan xx .

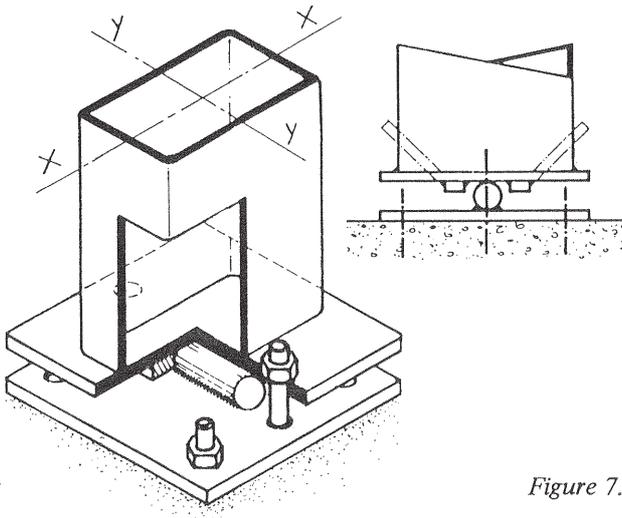


Figure 7.

Le grain, soudé sur la plaque d'assise solidaire du massif de fondation, peut être un rond plein ou un carré comportant une face bombée. Il est généralement réalisé en acier dur ou en acier mi-dur.

Les butées situées de part et d'autre du grain sont soudées sous la platine. Elles sont généralement réalisées en acier doux et reprennent les efforts horizontaux.

Les boulons de fixation, situés dans l'axe yy , ne doivent reprendre que les efforts ascendants éventuels.

Du point de vue de la protection contre la corrosion, il faut réaliser, avant la mise en place sur chantier, un traitement efficace de la face inférieure de la platine et de la face supérieure de la plaque d'assise. La remise en peinture de ces deux faces n'est, en effet, pas facile dans le cas d'un grain de faible dimension. Il est cependant possible de réaliser

une platine avec des extrémités relevées pour pallier cet inconvénient (voir tracé en train mixtes).

6.3 – APPUI AVEC ENCASTREMENT

6.31 – Poteaux à membrure unique

La valeur du moment d'encastrement détermine évidemment la disposition constructive à adopter, mais il est toujours intéressant d'envisager, comme première solution la simple semelle soudée sans raidisseur (figure 8).

L'épaisseur de cette semelle sera plus importante que dans les cas d'appuis simples précédemment étudiés.

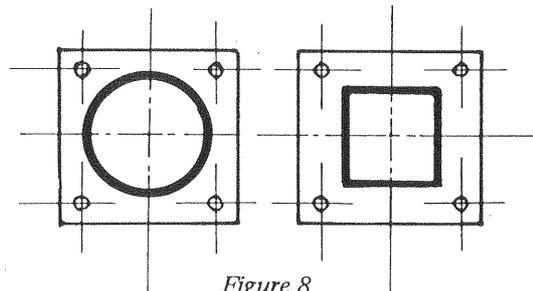


Figure 8.

Si cette solution économique ne peut pas être retenue, il faut alors envisager des dispositions plus complexes décrites ci-dessous.

6.311 – Profil circulaire (figures 9a et 9b)

Lorsque les dimensions de la semelle (en particulier la largeur b) le permettent, il est intéressant de souder une demi-poutrelle IPE ou HE dans le profil creux fendu sur la hauteur h . Il y a lieu, bien entendu, de souder le poteau à la fois sur l'âme (cordons latéraux) et sur la semelle (cordons frontaux).

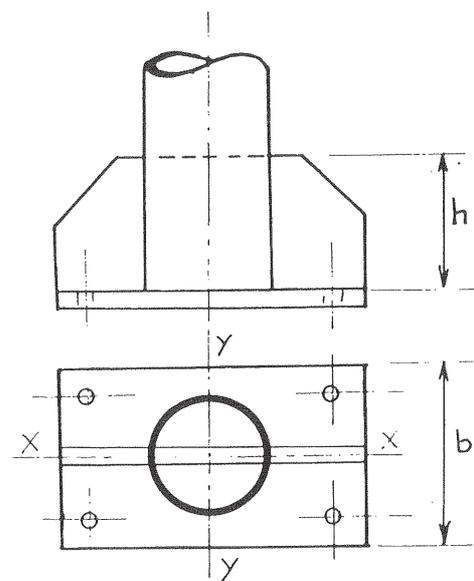


Figure 9 a.

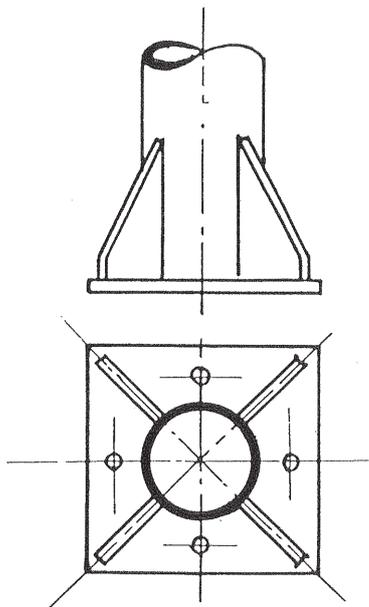


Figure 9 b.

Cette solution, très intéressante sur le plan financier, est limitée par les largeurs b des profils ouverts courants. On la retient surtout lorsque le moment fléchissant dans le plan xx est prépondérant (figure 9a).

Si les moments fléchissants sont sensiblement identiques dans les deux directions, la solution de la figure 9 b avec des goussets soudés paraît plus judicieuse.

6.312 – Profil creux carré

1er exemple (figure 10)

En général, le profil creux carré est retenu lorsque les moments d'encastrement sont sensiblement identiques dans deux directions perpendiculaires. Des nervures

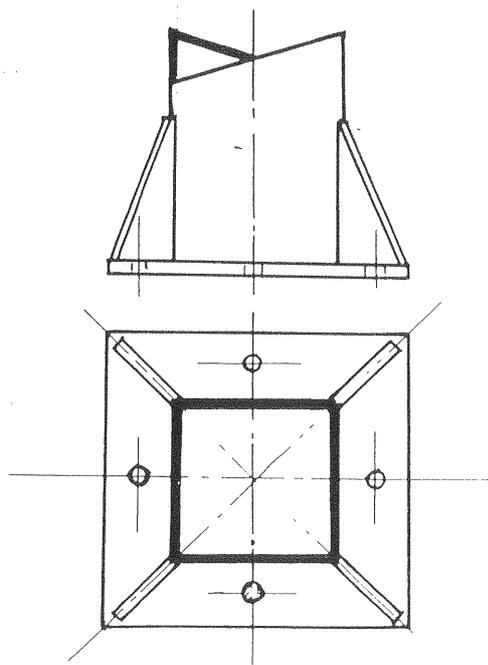


Figure 10.

soudées dans les angles du poteau conviennent donc. Les boulons sont placés dans les directions principales xx et yy .

2e exemple (figure 11)

Avec cette disposition, le moment fléchissant que peut reprendre le poteau dans les deux sens est plus important. En effet, dans les deux sens xx et yy , les quatre boulons sont plus efficaces.

- Variante A : gousset et raidisseurs en plat
- Variante B : le raidissement est assuré par des cornières soudées dans les angles.

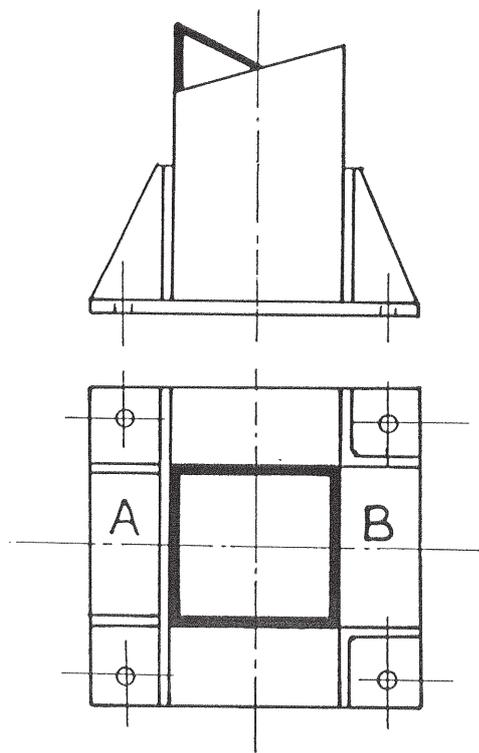


Figure 11.

6.313 - Profil creux rectangulaire (figure 12)

Dans ce cas, nous pouvons transmettre un moment d'encastrement plus important dans le plan xx que dans le plan yy .

Par conséquent, il est intéressant de retenir la solution des deux goussets plaqués sur les faces du rectangle. Cette disposition permet un meilleur encastrement dans le plan le plus sollicité.

En général, les dimensions de la semelle ($a > b$) et l'écartement des boulons ($a' > b'$) favorisent cet encastrement dans le plan xx . A noter que cet assemblage peut conserver une certaine souplesse dans le plan yy , la semelle n'étant pas raidie dans ce sens.

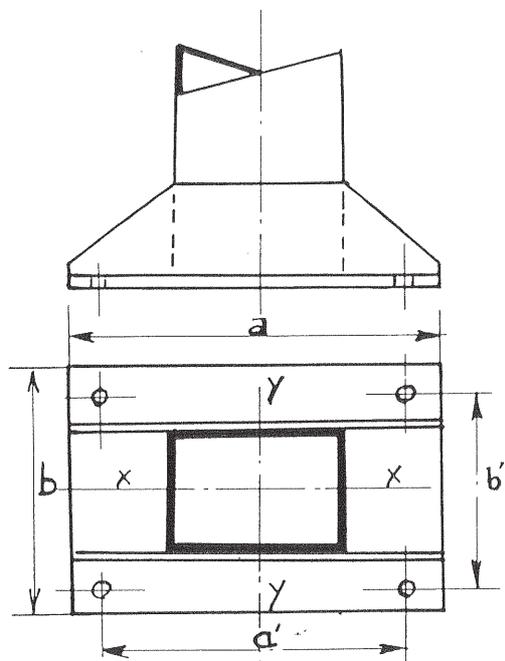


Figure 12.

6.32 – Poteaux à treillis plans

Soit pour des raisons technologiques (reprise de poutre de roulement par exemple), soit pour assurer au bâtiment une plus grande raideur transversale, il est parfois avantageux de réaliser des poteaux à treillis plans (figure 13).

Les membrures peuvent être :

- des profils creux circulaires,
- des profils creux rectangulaires (ou carrés),
- des profils ouverts (IPE ou HE).

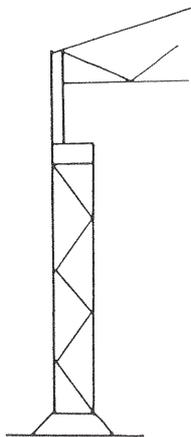


Figure 13.

6.321 – Membrures en profils creux circulaires (figure 14)

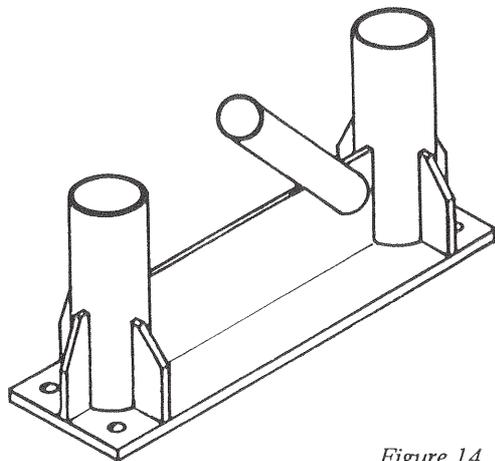


Figure 14.

La disposition constructive est la suivante :

- le raidisseur est réalisé par des goussets verticaux soudés sur la semelle,
- l'extrémité de la barre de treillis est fendue et obturée par des tôles bouche-trous.

Remarque : Pour des questions de raideur, la semelle doit être nettement plus épaisse que les membrures. Il est toutefois recommandé de veiller à ce que la différence d'épaisseur soit compatible avec les pratiques courantes de soudage.

6.322 – Membrures en profils creux rectangulaires (figure 15)

La traverse de raidissement de la semelle peut être constituée d'un profil creux rectangulaire afin de faciliter l'accostage de la barre de treillis.

Suivant l'importance du moment d'encastrement à transmettre on peut avoir :

- Variante A : 2 boulons d'ancrage par côté,
- Variante B : 4 boulons d'ancrage par côté. L'extrémité de la semelle est raidie par une chute de profil creux rectangulaire coupée à 45°.

La remarque relative à l'épaisseur de la semelle, faite au paragraphe précédemment, est également applicable dans ce cas.

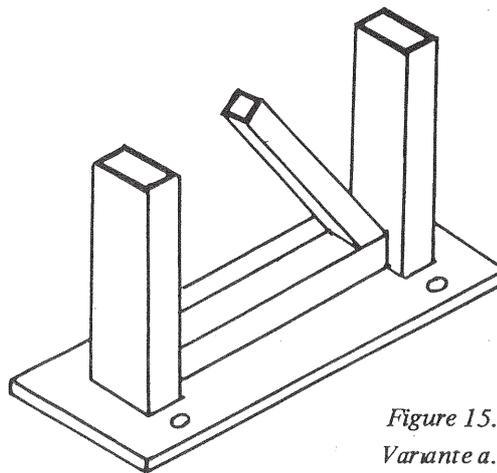


Figure 15.
Variante a.

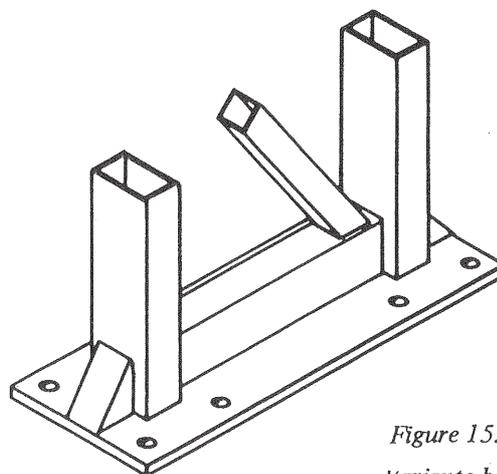


Figure 15.
Variante b.

6.323 — Membrures en profils ouverts IPE (figure 16)

Variante a : Deux goussets sont soudés latéralement sur les ailes des membrures. Il faut, dans ce cas, veiller à ce que la partie inférieure de la barre de treillis puisse être soudée correctement sur le montant et la semelle.

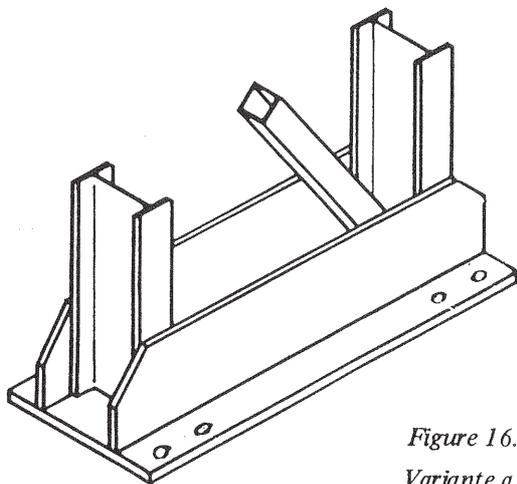


Figure 16.
Variante a.

Variante b : Le raidisseur est constitué d'un profil creux rectangulaire qui facilite l'accostage de la barre de treillis.

L'extrémité de la semelle est raidie par une chute de profil creux rectangulaire coupée à 45°.

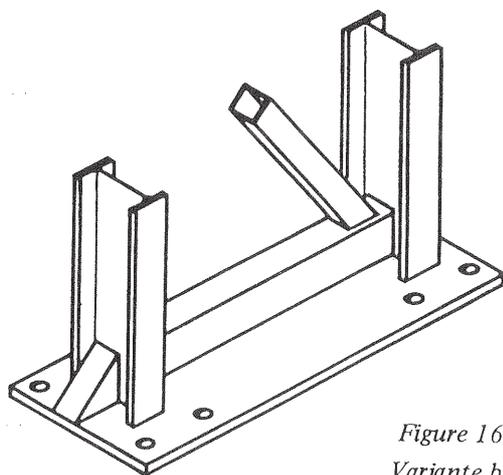


Figure 16.
Variante b.

6.4 — POTEAU AVEC DESCENTE D'EAU (figure 17)

La figure donne un exemple de disposition à adopter pour la reprise des eaux pluviales en pied de poteau : un coude en plastique ou en amiante-ciment est noyé dans le massif de fondation en même temps que les boulons d'ancrage. L'utilisation d'un gabarit de positionnement est évidemment souhaitable, car les possibilités de réglage du poteau sont, dans ce cas, excessivement réduites.

La précision obtenue actuellement dans le coulage des massifs de fondation permet d'envisager de telles dispositions.

D'autre part, en tête comme en pied, il est indispensable de réaliser une étanchéité entre la gaine plastique et la semelle de poteau pour éviter toute circulation d'air entre la gaine et le poteau, ce qui aurait pour effet de favoriser la corrosion à l'intérieur de ce poteau.

Notons que pour éviter cette sujétion, la galvanisation peut constituer une solution parfaitement acceptable puisque dans le cas de profils creux l'intérieur et l'extérieur du poteau sont galvanisés.

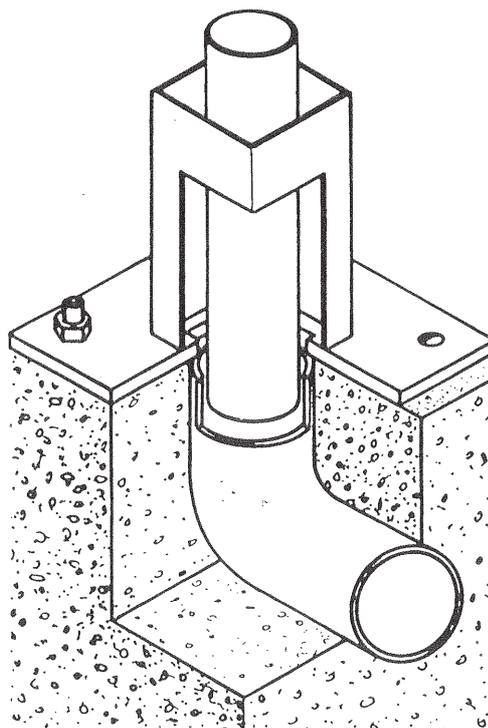


Figure 17.

7 - POUTRES A TREILLIS PLANES

7.1 – PIEDS DE FERMES OU DE SABLÈRES

7.11 – Attaches de fermes sur poteaux

7.111 – Remarque préliminaire (figure 1)

L'examen de la figure 1 fait apparaître une différence très nette entre les 2 dispositions constructives :

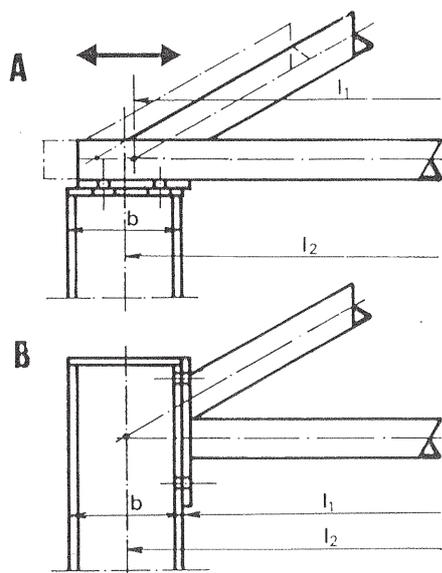


Figure 1.

En A : La ferme pose sur la tête de poteau. Il existe alors une possibilité de réglage dans le sens de la longueur de la ferme.

Cette nécessité de réglage peut avoir comme origine la différence entre l_1 , portée de la ferme, obtenue en atelier, et l_2 , entraxe des poteaux, obtenu sur chantier. Des trous oblongs dans la plaque d'assise en tête de poteau peuvent faciliter ce réglage.

En B : La ferme est plaquée sur la face du poteau. La tolérance de laminage sur la cote b du poteau, en profil \mathbb{T} , par exemple, peut entraîner une différence dans la cote l_2 . En fait, cette disposition qui ne ménage aucune

possibilité de réglage implique un respect des cotes plus rigoureux ou la nécessité de prévoir des cales de réglage entre platine et poteau.

7.112 – Fermes posées sur poteaux

Ferme triangulaire – Appui simple (figure 2)

C'est une technique couramment retenue dans le cas de fermes de portée relativement faible.

C'est la membrure inférieure (entrait) prolongée qui reçoit la semelle soudée. L'extrémité de cette membrure devra être obturée pour éviter toute corrosion intérieure.

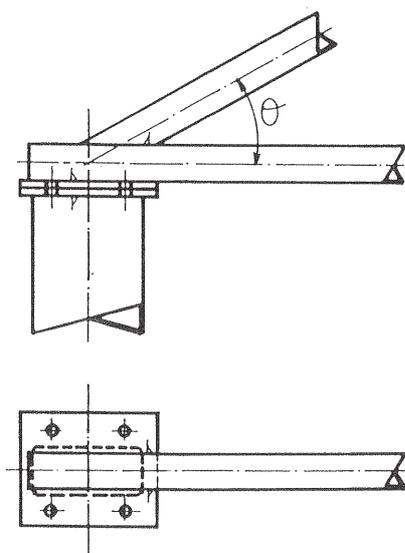


Figure 2.

Il n'est pas nécessaire de prévoir un gousset dans l'angle fermé entre l'arbalétrier et l'entrait, mais il faut veiller à la bonne exécution de la soudure lorsque l'angle θ est petit. Ce cordon de soudure peut n'être qu'un cordon d'étanchéité, mais il faut qu'il soit exécuté.

En règle générale, il est conseillé de ne pas retenir cette disposition pour un angle θ plus petit que 20° . Si la géométrie de la ferme impose que cet angle soit inférieur à 20° , il est alors préférable de retenir une disposition analogue à celle des figures 4, 6 et 7.

Ferme trapézoïdale – Appui sur poteau en profil creux (figure 3).

La figure représente l'appui d'une ferme dont la réaction verticale est reprise par la membrure supérieure et la première diagonale. La membrure inférieure ne reprend aucune composante verticale et, en général, aucun effort horizontal. Dans ce cas, les trous de fixation de celle-ci pourront être oblongs pour faciliter le montage.

Si la ferme est encastrée sur le poteau, la membrure inférieure transmet un effort horizontal et les trous oblongs ne peuvent plus être retenus.

L'assise de la ferme en tête de poteau est constituée d'un gousset plié ou d'une grande cornière, raidis par une chute de profil creux de même dimension que le poteau et coupée à 45°.

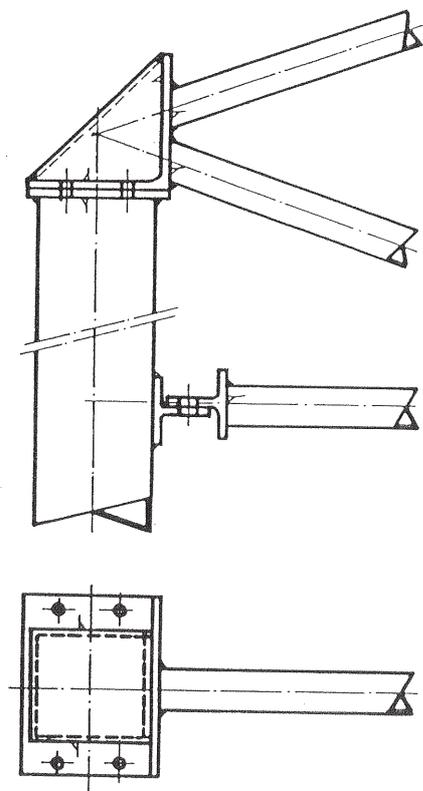


Figure 3.

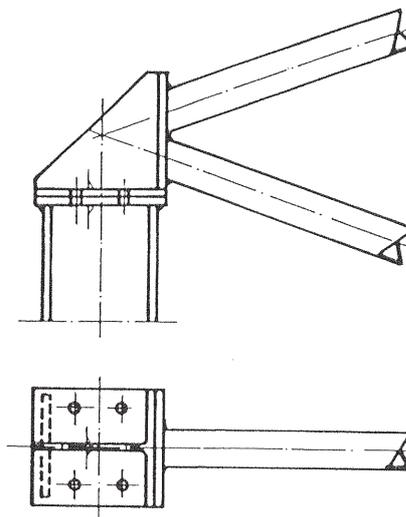


Figure 4.

Appui de ferme avec réglage (figure 5)

Dans le cas de bâtiments à travées multiples, la nécessité de respecter l'entraxe l_2 des poteaux évoquée plus haut implique le choix entre deux solutions :

- la ferme est exécutée en atelier avec une très grande précision et sa longueur est alors égale à l_2 .
- il est prévu des fourrures de réglage entre les fermes et un espacement g est alors nécessaire. Dans cette deuxième hypothèse, des trous oblongs sont prévus dans la plaque d'assise du poteau.

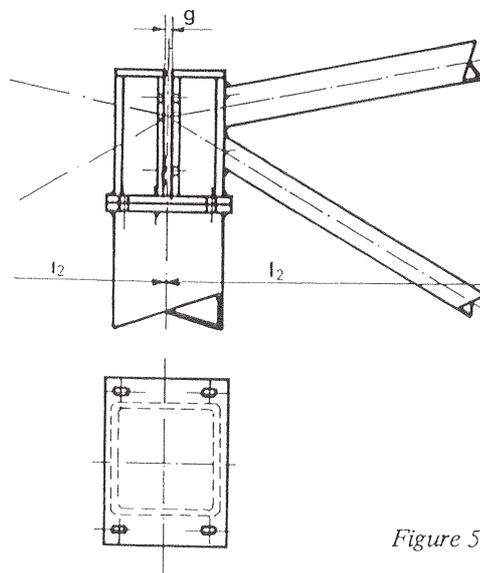


Figure 5.

Ferme trapézoïdale – Appui sur poteau en profil ouvert (figure 4)

Sur cette figure, seule la partie supérieure a été représentée, la remarque concernant la membrure inférieure de la figure précédente pouvant être retenue.

La différence vient essentiellement de la disposition retenue pour le raidissement du dispositif d'appui. En effet, dans ce cas, un seul gousset dans l'axe de la ferme est nécessaire puisque ce raidisseur se situe alors dans le plan de l'âme du poteau.

Appui de ferme à très faible pente – 1ère solution (figure 6)

Nous avons déjà souligné les difficultés de réaliser la soudure entre l'arbalétrier et l'entrait dans le cas d'un angle θ très faible. La figure 6 représente une solution dans le cas d'une fixation sur

la tête du poteau. La pièce d'appui entièrement soudée peut être réalisée à partir de tôles ou à partir d'une 1/2 poutrelle.

Dans le cas d'efforts importants à transmettre, il peut être nécessaire de prévoir des raidisseurs placés dans l'axe des membrures (traits mixtes), mais il est toujours préférable d'éviter ces éléments additionnels en augmentant légèrement l'épaisseur de l'âme et celle des semelles.

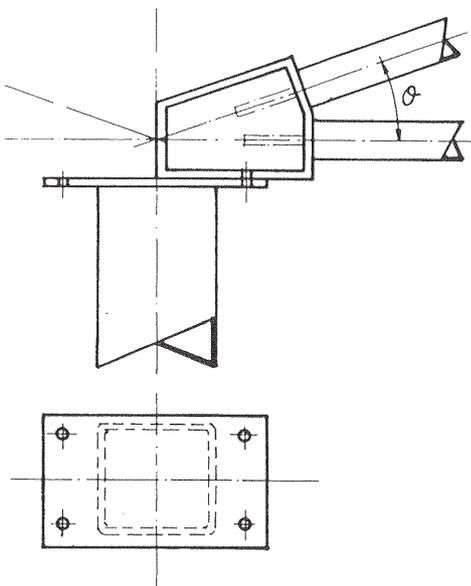


Figure 6.

La remarque faite à la figure 5 en ce qui concerne la possibilité de réglage horizontal reste valable dans cette disposition constructive.

Appui de ferme à très faible pente — 2e solution (figure 7)

Cet autre exemple de ferme à faible pente posée sur un poteau en profil ouvert est conçu de la façon suivante :

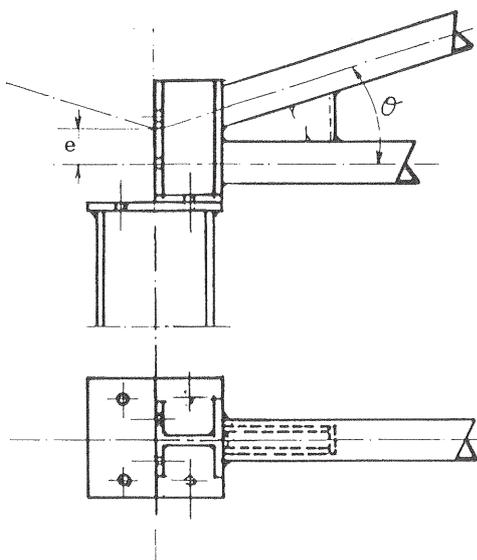


Figure 7.

Les membrures sont soudées sur une chute de poutrelle H qui comporte une semelle d'appui.

Entre les deux membrures, plusieurs solutions sont possibles :

- si l'excentricité e est réduite, il n'est pas nécessaire de prévoir un raidisseur.
- si l'excentricité e est importante, il est préférable d'assurer une liaison par un raidisseur simple si les membrures sont rondes, et un raidisseur double si les membrures sont carrées.

7.113 — Fermes boulonnées latéralement sur poteaux

Ferme triangulaire — Poteau en H — Boulonnage latéral (figure 8)

Une platine est soudée en extrémité de l'entrait et de l'arbalétrier. Le raidissement de cette platine est facultatif.

- Si la largeur du poteau permet de mettre en place deux boulons dans l'axe de la membrure inférieure (en général en traction), ces boulons reprendront cet effort de traction, combiné bien entendu, avec l'effort vertical dû à la réaction d'appui.
- Si cette largeur est insuffisante (poteau en IPE par exemple), il y aura lieu de raidir la platine en interposant une demi-poutrelle IPE, de préférence à un gousset, pour éviter de poinçonner la paroi inférieure de l'entrait. D'autre part, il est assez courant de prévoir, sous la partie inférieure de la platine, un tasseau soudé sur le poteau pour faciliter la mise en place de la ferme sur le chantier (traits mixtes).

En ce qui concerne la soudure dans l'angle fermé θ voir remarque de la figure 2.

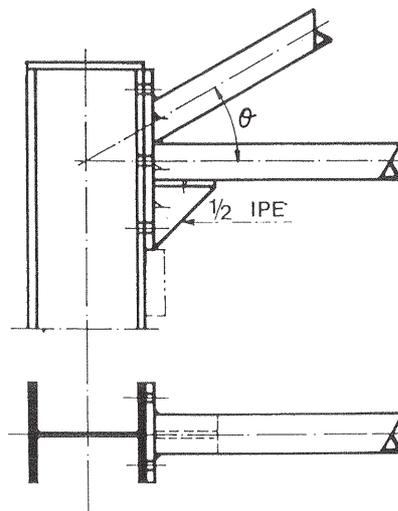


Figure 8.

Ferme trapézoïdale — Appui de ferme sur poteau en profil creux (figure 9)

Lorsque le poteau est en profil creux (carré ou rond), il peut être assez commode de fendre l'extrémité de

celui-ci pour y encastrer une chute de poutrelle IPE.

Cette solution, qui est particulièrement efficace pour les structures recevant des charges importantes, présente néanmoins deux inconvénients majeurs :

- il est nécessaire de fendre le profil creux sur toute la hauteur de l'attache h ;
- pour tenir compte des tolérances sur la largeur b de la poutrelle, il faut veiller au respect rigoureux de la cote l_1 si l'on veut que l'entr'axe des poteaux l_2 soit respecté, ou bien interposer des cales d'épaisseur pour réglage.

Il faut en effet remarquer que, dans le cas de bâtiments avec plusieurs travées, les erreurs d'écartement d'axe en axe des poteaux sont cumulatives, alors que pour un bâtiment à une seule travée cette différence n'entraîne en général aucune conséquence fâcheuse.

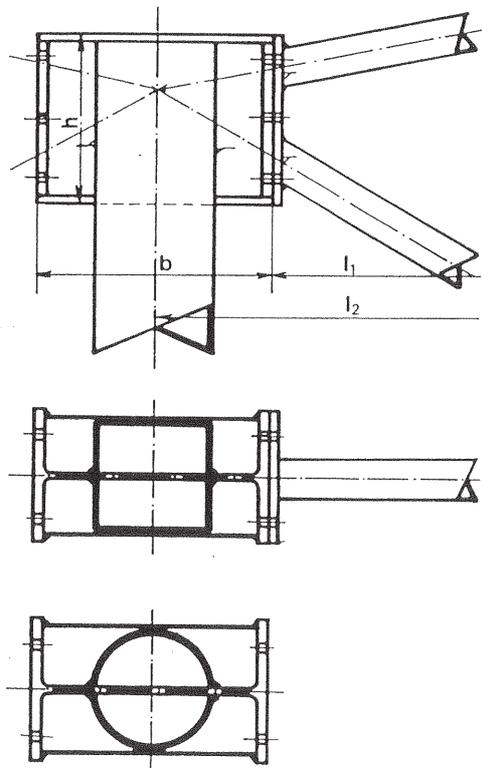


Figure 9.

C'est pourquoi il est assez courant de prévoir des fourrures de réglage que le monteur interpose entre la tête de poteau et la ferme.

Ferme trapézoïdale encastrée sur poteau – 1ère solution (figure 10)

Il arrive que la stabilité transversale du bâtiment soit reprise par l'encastrement en tête du poteau dans le cas de fermes trapézoïdales.

Lorsque la hauteur de ferme est relativement faible, il est intéressant de ne réaliser qu'une seule attache continue. Deux solutions sont décrites sur la figure :

En A – La fixation est assurée par une poutrelle H. Les membrures et la diagonale sont soudées sur l'aile du H.

L'interposition de raidisseurs entre les ailes est facultative. Cette disposition permet de réaliser facilement le boulonnage puisque la répartition des boulons sur la face du poteau n'est pas gênée par la position des membrures et diagonales.

En B – La fixation est assurée par une platine soudée en bout avec un raidisseur transversal soudé entre les membrures et la diagonale. Il est toujours préférable de prévoir un raidisseur vertical interrompu pour éviter de fendre la diagonale.

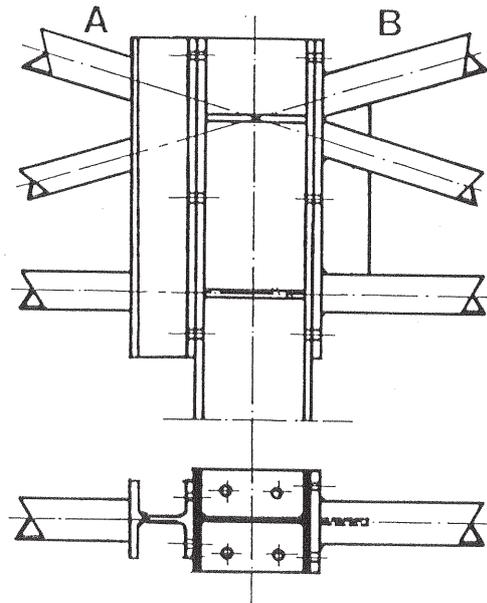


Figure 10.

Ferme trapézoïdale encastrée sur poteau – 2e solution (figure 11).

Si la hauteur de la ferme est plus importante, on a alors intérêt à dissocier l'attache de la membrure supérieure de celle de la membrure inférieure.

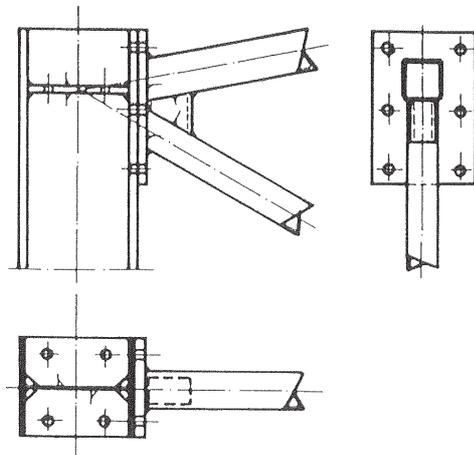


Figure 11.

C'est le cas de cette figure, où seul l'appui supérieur est représenté. Lorsque le moment d'encastrement est important, la transmission de l'effort horizontal de traction ou de compression au travers du poteau doit être assurée de façon rigoureuse. On peut alors envisager deux raidissements :

- celui de la ferme, par l'interposition entre membrure et diagonale d'une chute de profil creux. Il est bien évident que ce dispositif de raidissement n'est à retenir que si les sollicitations des éléments d'attache le justifient. Le critère de choix pourrait être, par exemple, la vérification en flexion de la platine (supposée sans raidisseur),
- celui de la tête de poteau, par l'interposition de deux goussets soudés entre les ailes du profil ouvert.

Dans la pratique courante, si de tels raidisseurs horizontaux sont nécessaires, il est prévu de faire des trous pour les faire servir, en même temps, d'attaches de sablière.

Appui de ferme par chute de profil ouvert (figure 12)

Pour éviter les difficultés de soudure sur une platine dans le cas d'un angle θ relativement faible, on peut adopter la solution décrite ci-dessous :

- une chute de profil ouvert H est soudée en extrémité de la ferme ce qui a pour effet de décaler le plan de soudure de la quantité b et par conséquent, d'augmenter le jeu g entre les deux impacts.

Les raidisseurs dans l'attache de la ferme et dans le poteau sont facultatifs. Ils sont fonction de l'importance des efforts à transmettre. S'ils sont retenus, ils peuvent comporter des trous de fixation des sablières ou autres éléments de stabilité.

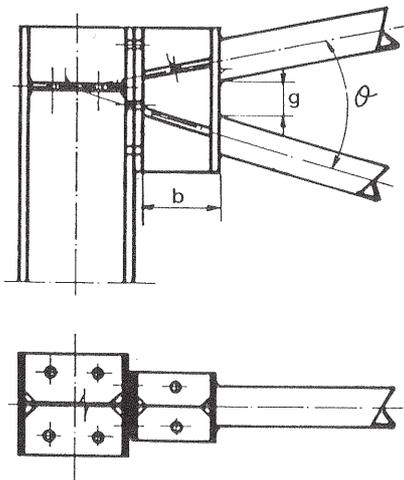


Figure 12.

Attaches multiples sur un poteau en profil creux carré (figure 13)

La nécessité de boulonner les fermes et sablières, en tête d'un poteau en profil creux carré, sans avoir recours à des boulons aveugles, implique la mise en place d'attaches soudées comme représenté à la figure 13.

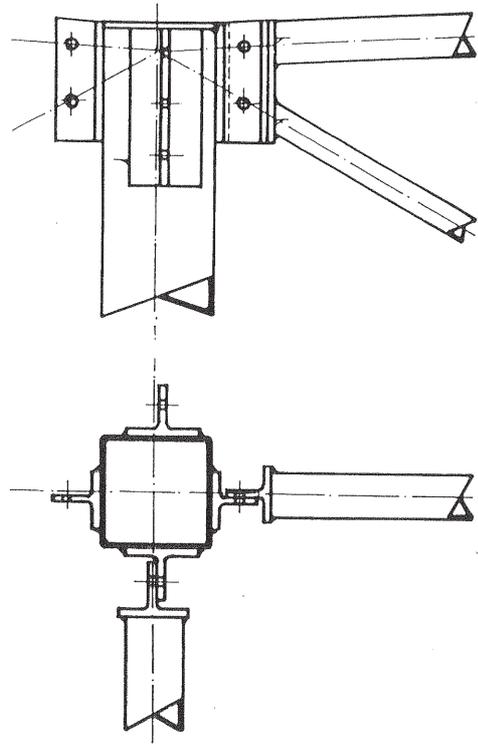


Figure 13.

Ces attaches sont en général des chutes de T (et non des plats) pour éviter le poinçonnement des faces de poteau. D'autre part, une plaque soudée en extrémité du poteau assure en même temps l'obturation de celui-ci et le raidissement transversal de l'extrémité supérieure du poteau.

Si une descente d'eau est prévue dans le poteau, la plaque d'obturation peut être, soit supprimée, soit percée d'un trou circulaire qui permettra le passage du tuyau de descente.

Attache sur poteau avec descente d'eaux pluviales (figure 14)

La solution qui consiste à faire descendre les eaux pluviales à l'intérieur des poteaux peut représenter une solution élégante et sûre, à condition de prendre certaines précautions à la mise en œuvre :

- D'une manière générale, l'eau ne descend pas directement dans le poteau proprement dit, mais dans une gaine intérieure en acier, en amiante-ciment, en zinc ou en matière plastique.
- D'autre part, il faut veiller à empêcher toute circulation d'air entre la gaine et le poteau pour éviter la corrosion intérieure de ce dernier, sauf si la protection retenue est la galvanisation.

Le détail de la partie inférieure du poteau est donnée à la figure 17 du chapitre 6.

Section du tuyau de descente d'eau

Suivant le type du moignon de raccordement du chéneau au tuyau de descente, on peut déterminer la section de ce tuyau de la façon suivante (voir notice 1041 de la CSFTA : *Calcul des installations d'eau*, diffusée par l'OTUA sous le code 23.004).

■ **Solution A** : moignon cylindrique : 1 cm^2 par m^2 de couverture (projection horizontale).

■ **Solution B** : moignon conique : $0,7 \text{ cm}^2$ par m^2 de couverture (projection horizontale).

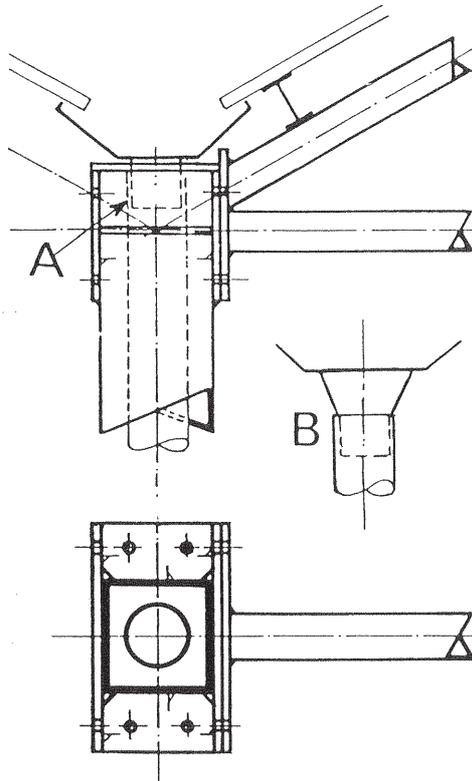


Figure 14.

7.12 – Attache de ferme sur sablières

1ère solution (figure 15)

La sablière comporte deux membrures en profil creux rectangulaire et un montant au droit de la ferme en profil ouvert, IPE par exemple.

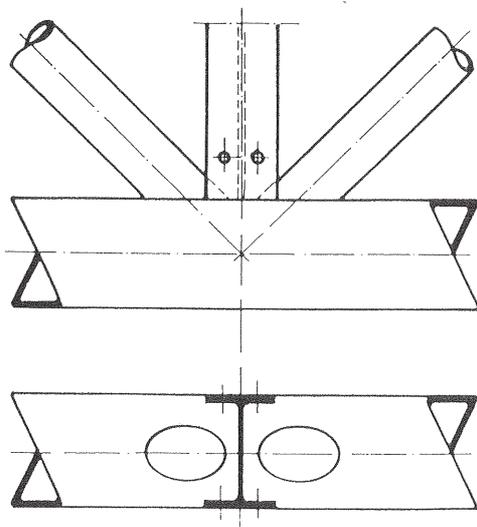


Figure 15.

Il est indispensable que le profil IPE soit de largeur au moins égale à celle des membrures.

Les fermes sont alors plaquées de part et d'autre de ce montant, et l'étude de l'attache de ferme se fait comme s'il s'agissait d'un appui sur poteau en IPE. Cette disposition implique, comme nous l'avons vu précédemment, un respect des tolérances sur longueur de la ferme, car toute possibilité de réglage est exclue, sauf si des fourrures de réglage sont prévues.

2e solution (figure 16)

Dans cette autre solution, les attaches sur sablière sont constituées par 2 montants en cornières plaquées de part et d'autre de la sablière.

Les attaches des fermes sont étudiées en conséquence et on retrouve ici une certaine souplesse de réglage lors du montage, ne serait-ce que par le jeu dans les trous de boulons.

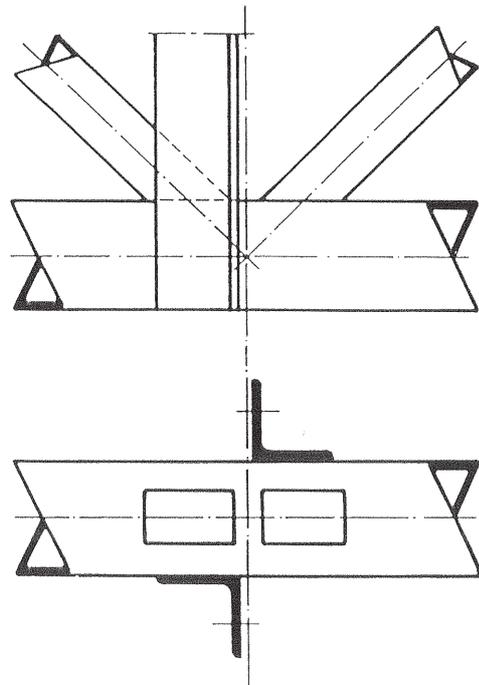


Figure 16.

3e solution (figure 17)

Les attaches ne sont plus continues sur toute la hauteur de la sablière. Suivant l'importance de l'angle θ , deux variantes peuvent être étudiées :

■ **Variante A** : une chute de T, soudée sur la sablière, reçoit l'attache inférieure de la ferme.

■ **Variante B** – une chute de T est soudée sur la sablière, et une autre chute de T est soudée sur la ferme. Cette variante est nettement plus économique que la précédente. Elle peut être retenue même si le montant n'a pas la même largeur que la membrure.

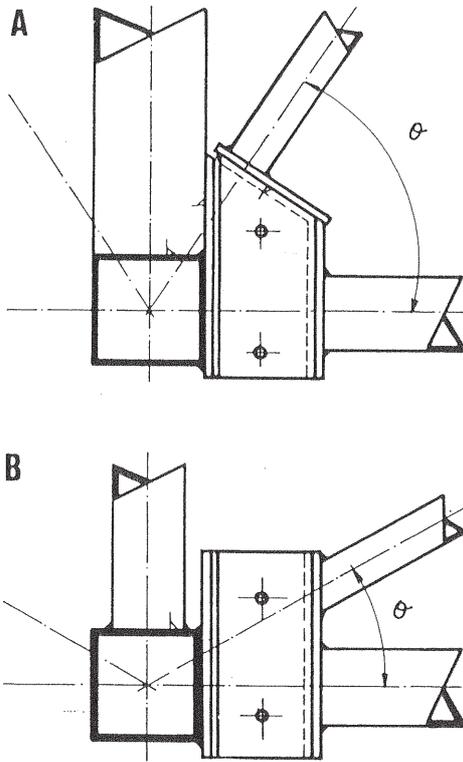


Figure 17.

4e solution (figure 18)

Cette solution d'une platine soudée à la fois sur la membrure et sur le montant de la sablière implique que ces deux éléments aient la même largeur ou qu'une fourrure soit soudée sur le montant lorsque celui-ci est plus étroit. Cette disposition peut être retenue quelle que soit la valeur de l'angle θ , seule la hauteur des platines varie en conséquence.

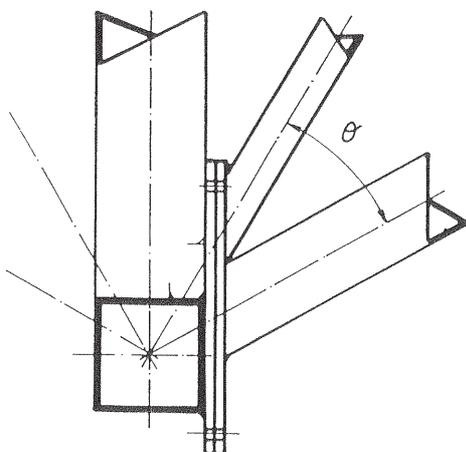


Figure 18.

7.13 — Repos de ferme sur massif en béton.

Appui simple (figure 19)

Si l'on ne désire pas ménager de possibilité de glissement de l'appui de ferme par rapport au massif, on peut prévoir la fixation par boulons de scellement comme indiqué à la figure 19. Ces boulons peuvent être, soit mis en place au moment du montage dans des niches que l'on remplit de mortier après réglage, soit scellés à l'avance dans le massif.

Cette seconde hypothèse demande une grande précision dans le coulage du béton. De plus, il est prudent d'exécuter des trous oblongs dans la semelle de l'appui de ferme.

D'autre part, il est conseillé de prévoir une certaine distance du bord de la semelle au bord du massif (détail A) pour éviter l'éclatement du béton au bord du massif (détail B).

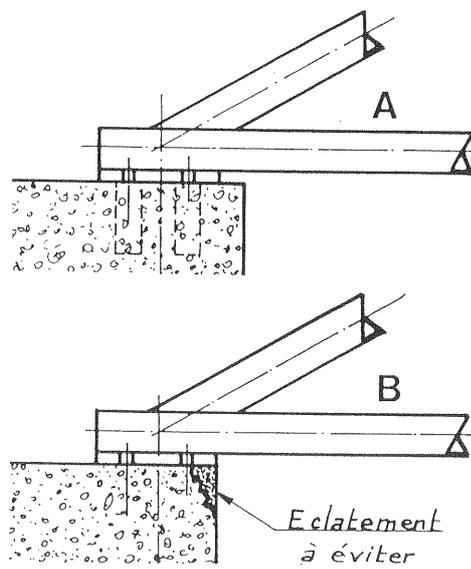


Figure 19.

Appui par l'intermédiaire d'un joint néoprène (figure 20).

Afin de permettre une certaine souplesse de la ferme métallique par rapport au massif béton, il est parfois utile d'interposer un joint souple (de néoprène par exemple) pour éviter tout désordre dans le massif béton.

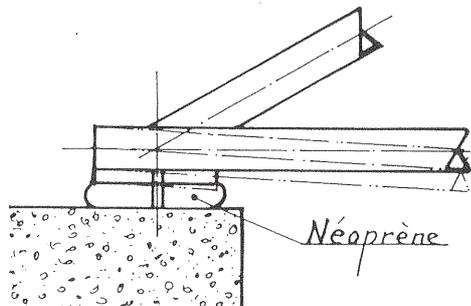


Figure 20.

Appui par l'intermédiaire d'un grain soudé (figure 21)

Si une plus grande liberté de mouvement est exigée, on peut avoir recours à un appui à grain soudé constitué de la façon suivante :

- le grain, en acier dur ou mi-dur, est soudé sur la plaque d'assise solidaire du massif,
- deux butées sont soudées sur la platine solidaire de la ferme.

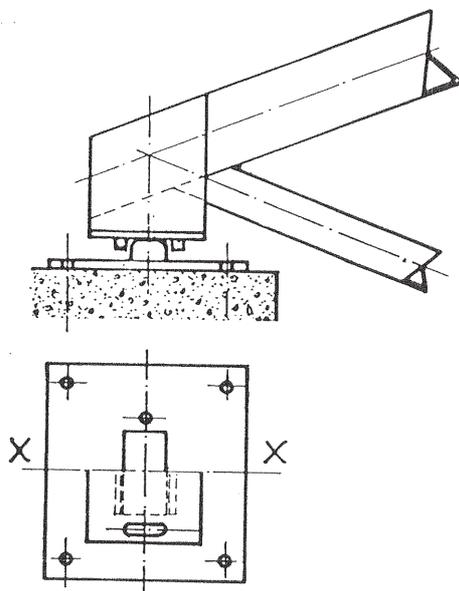


Figure 21.

Ainsi conçu, l'appui peut reprendre un effort vertical et un effort horizontal. Les trous oblongs dans la platine ne sont pas prévus pour réaliser le réglage longitudinal, mais pour permettre une certaine liberté de rotation de cette platine dans le plan *xx*.

Il est bien entendu que de tels dispositifs d'appui, relativement chers, doivent être réservés à des constructions de grande portée et particulièrement sollicitées.

Appui libre avec platines de glissement (figure 22)

Pour éviter de soumettre les massifs de béton à des poussées horizontales dues à la dilatation de la ferme métallique, il peut être nécessaire, pour certaines poutres de grande portée, de réaliser un appui libre avec platines de glissement.

La plaque d'assise solidaire du massif est maintenue par 4 boulons de scellement. Elle comporte 4 boulons en attente munis de fourreaux cylindriques sur lesquels les écrous seront serrés. Ces fourreaux sont plus longs, d'environ 2 mm, que l'épaisseur de la plaque, ce qui permet d'éviter le blocage de la platine de glissement solidaire de la ferme.

Le simple contact acier sur acier est en général suffisant pour assurer le glissement de l'appui, mais dans certains cas particuliers, où il est nécessaire d'obtenir un fonc-

tionnement plus sensible, il est possible d'interposer entre les 2 platines une plaque ayant un faible coefficient de frottement.

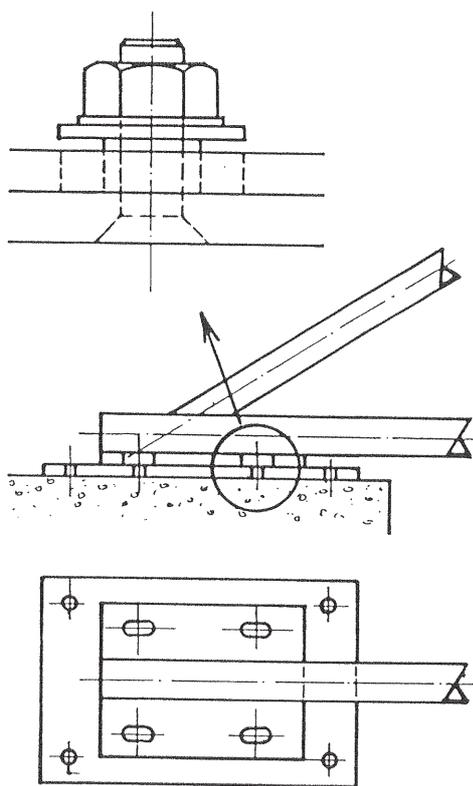


Figure 22.

7.2 – DÉTAILS DE FAITAGE

Pour les fermes de grande portée, il est évidemment nécessaire de prévoir au moins un joint de montage dans l'axe du bâtiment. Suivant le type et la dimension des fermes, on peut adopter l'une ou l'autre des solutions décrites ci-dessous, mais on peut aussi imaginer de nombreuses autres variantes à partir de ces solutions.

7.21 – Fermes sans articulation

1ère solution (figure 23)

Le montant central est démontable. Il peut être constitué d'un profil creux circulaire simplement aplati aux extrémités (variante A) ou d'un profil creux carré avec attaches d'extrémité soudées (variante B).

L'une des deux demi-fermes comporte une platine plus grande pour pouvoir réaliser le boulonnage de ce montant central. D'autre part, il est assez courant de prévoir une file de barres d'entretoisement ou de contreventement dans l'axe longitudinal du bâtiment. Il est alors utile de profiter de cette platine de faitage pour assurer le boulonnage de ces éléments de contreventement.

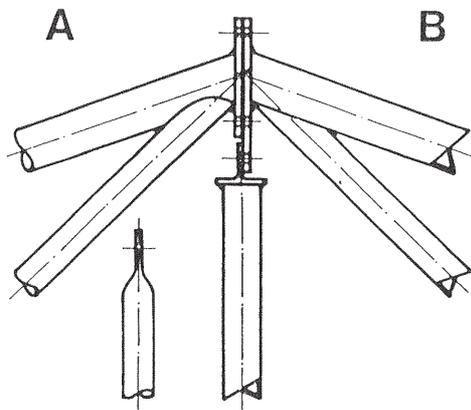


Figure 23.

2e solution (figure 24)

Le montant central est solidaire de l'une des deux demi-fermes. La même remarque que précédemment, au sujet des contreventements longitudinaux, reste valable.

L'examen de la figure et l'étude du chargement de la ferme font apparaître que les platines supérieures sont en général beaucoup moins sollicitées en traction que les platines inférieures. Les premières ont donc une épaisseur simplement définie par construction, alors que les secondes doivent être calculées sous un effort de traction souvent déterminant pour le calcul de ces éléments. Il est souvent plus avantageux de réaliser des brides sans raidisseurs, même si cette disposition entraîne une épaisseur plus forte.

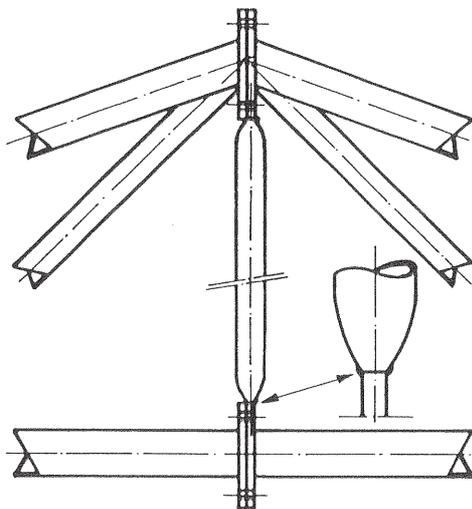


Figure 24.

3e solution (figure 25)

Il s'agit d'une disposition constructive analogue à celle de la figure précédente, mais les deux montants sont solidaires des demi-fermes. Ils sont ici prévus en profils creux rectangulaires placés transversalement. Ces éléments d'entretoisement, surtout utiles pour le transport et la manutention, sont en général dimensionnés par construction car ils ne supportent qu'un effort relativement faible.

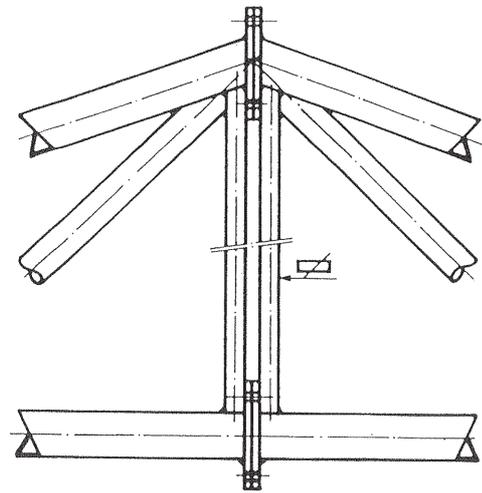


Figure 25.

La remarque faite précédemment pour le calcul des platines reste valable, mais cette disposition implique que les platines supérieures aient, par construction, la même épaisseur que les platines inférieures.

7.22 — Ferme avec articulation (figure 26)

Lorsque la structure du bâtiment impose une articulation en faitage, celle-ci peut être réalisée par de nombreux moyens :

- simple boulonnage,
- chape pliée ou soudée,
- etc.

L'exemple ci-après n'est donné qu'à titre indicatif ; le choix du dispositif dépendra finalement des efforts à transmettre et du degré de précision que l'on veut obtenir.

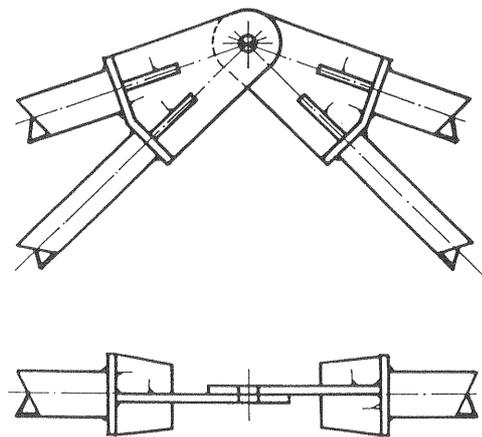
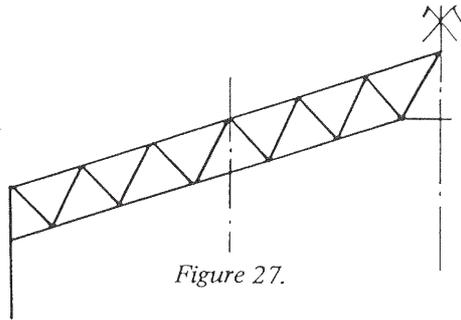


Figure 26.

7.3 — JOINTS INTERMÉDIAIRES BOULONNÉS (figure 27)

Pour des constructions de très grande portée, il est, bien entendu, impossible d'expédier des éléments principaux, tels que des fermes, dans leur intégralité. Il est

donc nécessaire de prévoir des joints de montage, au moins dans l'axe du bâtiment et ensuite intermédiairement.



A titre indicatif, on peut retenir que les longueurs maximales pour des poutres à treillis sont le plus souvent voisines de :

- 15 m pour transport par la route ;
- 18,50 m pour transport par chemin de fer.

Les croquis qui suivent représentent des suggestions pour des joints de fermes à treillis, mais on peut retenir des dispositions analogues pour des pylônes, des mâts, etc.

7.31 — Joint au droit d'une panne — Poutre en V (figure 28)

Dans une ferme à treillis, le joint intermédiaire boulonné de la membrure supérieure est toujours plus délicat à étudier à cause de la présence de la panne.

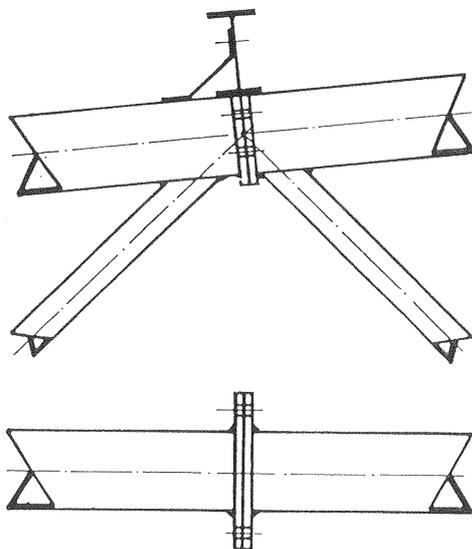


Figure 28.

Sur cette figure, la solution retenue est celle de l'arasement des brides pour dégager le repos de panne, le boulonnage étant réalisé latéralement.

7.32 — Joint décalé — Poutre en V (figure 29)

Dans cet autre exemple, le joint a été décalé par rapport à la panne. En général, cette solution est retenue lorsque le treillis comporte des panneaux plus grands que l'écar-

tement des pannes. Le moment de flexion locale qui découle d'une telle disposition doit être pris en compte, mais il a souvent une incidence très faible sur le calcul de la membrure.

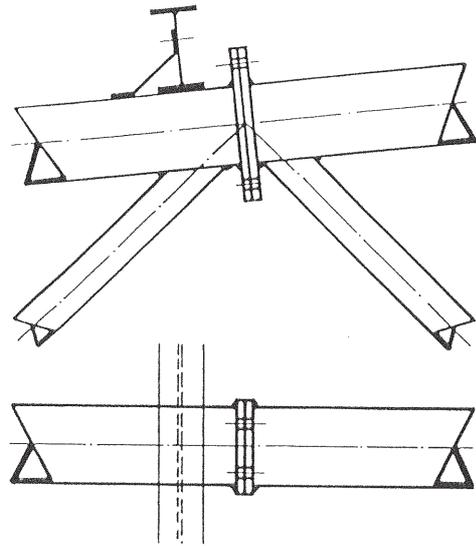


Figure 29.

7.33 — Joint de poutre en N (figure 30)

Lorsqu'il s'agit d'une poutre en N, il est souvent intéressant de prévoir un joint de montage au voisinage immédiat du nœud pour éviter d'avoir à souder sur chantier une barre de treillis. Cette sujétion est en effet, l'inconvénient majeur dans le cas d'un joint de montage réalisé au milieu d'un panneau.

Pour la détermination des épaisseurs des brides à souder, c'est toujours, bien entendu, la membrure préférentiellement tendue qui est déterminante. Dans le cas d'une ferme c'est la membrure inférieure. Très souvent, pour des questions de technologie, on retient la même épaisseur pour les brides du joint supérieur et celles du joint inférieur.

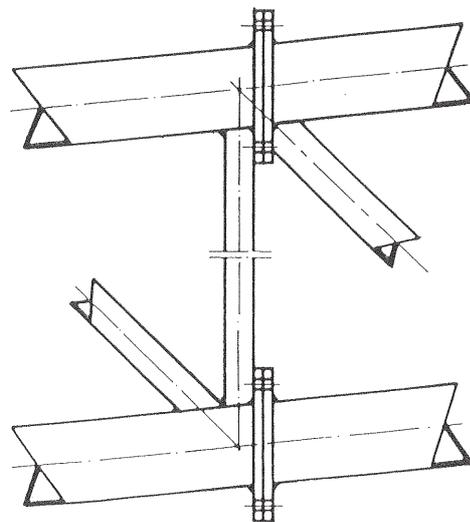


Figure 30.

8 - LIAISONS

TRAVERSEES-POTEAUX

Les exemples donnés ci-après peuvent s'appliquer aux constructions les plus diverses (bâtiments industriels, immeubles commerciaux ou d'habitation, constructions légères, etc.).

Aussi, le type d'assemblage à retenir sera-t-il essentiellement fonction des dimensions des barres et des efforts à transmettre. C'est la raison pour laquelle les croquis sont présentés de l'assemblage le plus simple au plus performant.

8.1 – ASSEMBLAGES SOLIVES – POTEAUX

8.11 – Cas général (figure 1)

Le croquis représente le schéma de principe d'un assemblage et résume les différentes sollicitations possibles :

Q : réaction verticale d'appui,

H : réaction horizontale,

M_1 : moment fléchissant transmis par la solive,

M_2 : moment fléchissant dû à l'excentricité de l'attache.

Nous appellerons :

e : l'excentricité de la charge, d'où $M_2 = Q \times e$

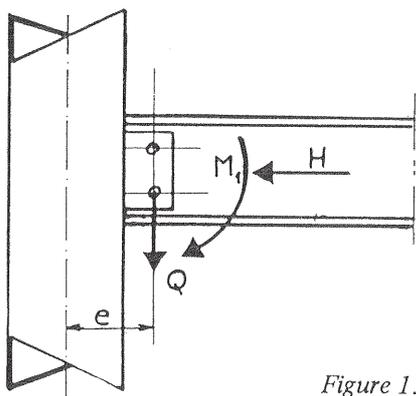


Figure 1.

La plupart des assemblages examinés ci-après sont articulés ou très proches de l'articulation.

La transmission d'un moment d'encastrement de la solive au poteau implique évidemment des conditions particulières. L'étude de tels assemblages rejoint

d'ailleurs celle des portiques et des poutres Vierendeel qui ont été étudiées au chapitre 3.

Dans le cas de solives simplement posées sur poteau ($M_1 = 0$) il faut veiller à ce que la flèche de la solive n'entraîne pas une rotation trop importante de l'extrémité de la poutre.

D'autre part, il faut s'efforcer de réduire l'excentricité e afin de minimiser le moment M_2 qui en résulte.

8.12 – Assemblages courants

8.121 – Simple gousset vertical (figure 2)

Le gousset est soudé longitudinalement au milieu de la face. Pour cette raison, il est recommandé de n'adopter cette disposition que pour des assemblages peu sollicités.

Il est exclu de retenir une telle solution pour reprendre un effort tranchant important et, à plus forte raison, un moment d'encastrement.

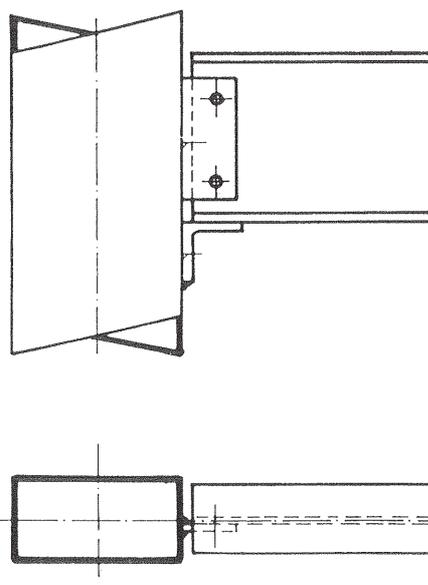


Figure 2.

8.122 – T ou 1/2 poutrelle soudé sur poteau (figure 3)

Cette disposition permet la transmission d'un effort tranchant plus important. Les contraintes sont en effet réparties dans les angles du poteau si la largeur de l'aile du T (ou de la poutrelle) a été judicieusement choisie.

S'il s'agit d'une demi-poutrelle, l'épaisseur de l'aile est en général assez forte et on peut alors considérer que l'on a dans ce cas un assemblage partiellement encasturé.

Cependant un tel type d'assemblage n'est, en général, pas retenu pour la transmission d'un moment d'encastrement.

Noter que la cornière tasseau représentée au croquis a pour seul but de faciliter le montage.

Elle n'intervient en général pas pour le calcul de l'assemblage.

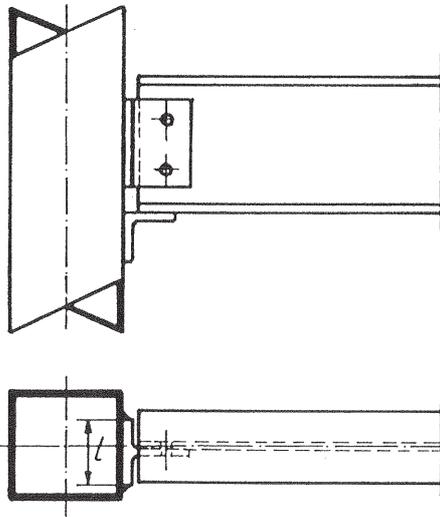


Figure 3.

8.123 – Cornière formant tasseau (figure 4)

C'est l'assemblage idéal si l'on veut transmettre simplement l'effort tranchant en annulant le moment secondaire dû à la déformation de la poutre.

On peut considérer que la flexibilité de l'aile horizontale permet une transmission de l'effort tranchant sur le talon de la cornière. On a ainsi l'excentricité e la plus réduite ce qui nous permet de négliger le moment M_2 dû à cette excentricité.

Enfin, il suffit de choisir convenablement la longueur de cette cornière tasseau pour que l'effort vertical soit transmis au poteau par l'intermédiaire des angles, ce qui est très satisfaisant sur le plan de la sécurité.

8.124 – Plat formant tasseau (figure 5)

Le tasseau sert uniquement à reprendre l'effort tranchant T par contact direct. Ici encore on a :

$$M_2 = Q \times e$$

très réduit puisque e est minimum.

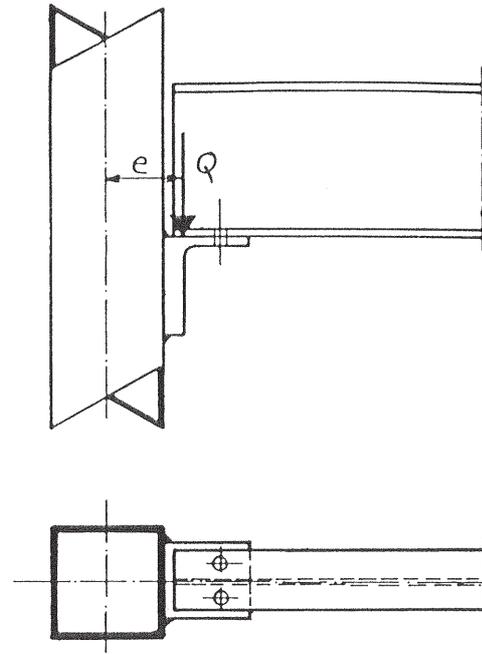


Figure 4.

D'autre part, pour maintenir horizontalement la poutre par rapport au poteau et transmettre éventuellement un effort horizontal H , on peut prévoir un simple gousset vertical ou un T soudé sur le poteau et boulonné sur l'âme de la solive.

Un trou ovalisé permet de s'assurer que la transmission de l'effort vertical se fait bien par contact direct entre la semelle et le tasseau.

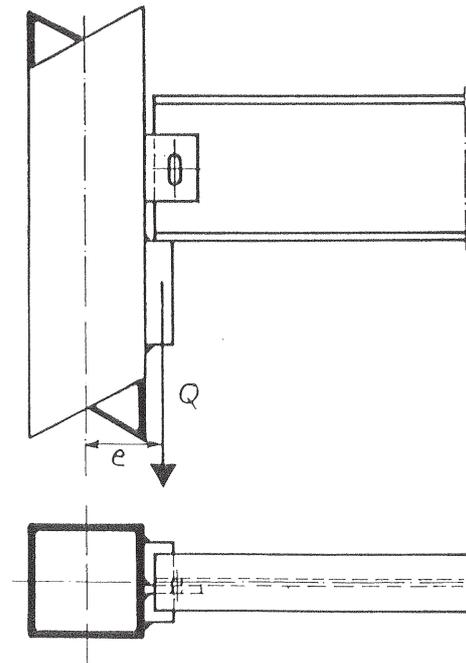


Figure 5.

8.125 – Cornières attaches boulonnées (figure 6)

Cet assemblage présente un intérêt dans le cas de poteau en profil creux rectangulaire comme le montre la figure.

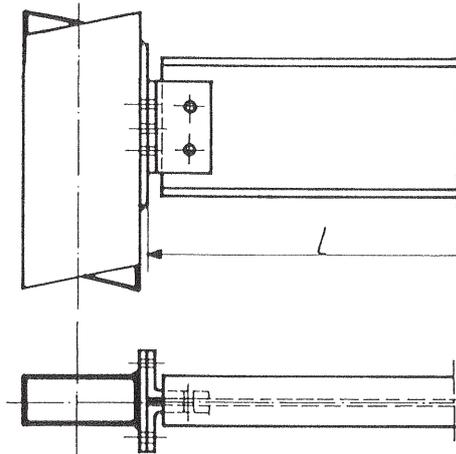


Figure 6.

Les cornières sont alors boulonnées à la fois sur la platine et sur la solive. Cette attache se conçoit et se calcule comme l'assemblage classique d'une solive en I sur poteau en H.

Une cornière tasseau peut également être soudée sous la platine pour faciliter le montage.

Noter que cette disposition constructive par cornières attaches boulonnées permet un certain réglage longitudinal lors du montage sur chantier (réglage de la cote l).

8.126 – Platines soudées (figure 7)

Ce type d'attache permet la transmission d'un moment fléchissant. Il faut calculer la soudure de la platine sur poteau compte tenu de la réaction verticale et de ce moment.

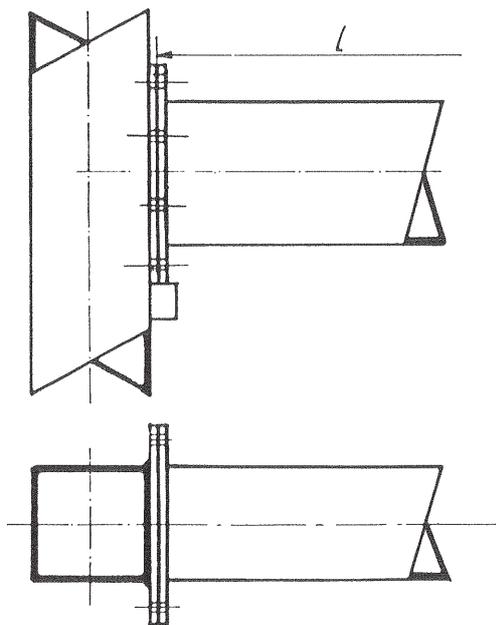


Figure 7.

Les boulons se calculent comme pour une attache traditionnelle en profils ouverts.

Dans la mesure du possible, dimensionner les platines pour éviter les raidisseurs transversaux.

Noter que la possibilité de réglage mentionnée ci-dessus n'existant plus, la cote l doit être respectée en atelier.

Le croquis donne à titre d'exemple une solive en profil creux rectangulaire mais le principe d'attache reste le même avec une solive en profil ouvert I ou H.

8.127 – Chute de U soudée (figure 8)

C'est une disposition pratique à la fois sur le plan de la mise en œuvre et sur le plan du montage.

La chute de UAP soudée sur le poteau peut être remplacée avantageusement par un demi-profil creux provenant de la même barre que le poteau.

Noter que la longueur de l'attache h_1 peut être plus grande que la hauteur h_2 du profil, sauf si des impératifs d'exploitation du bâtiment imposent que le gabarit soit entièrement dégagé (revêtement de plafond ou de plancher par exemple).

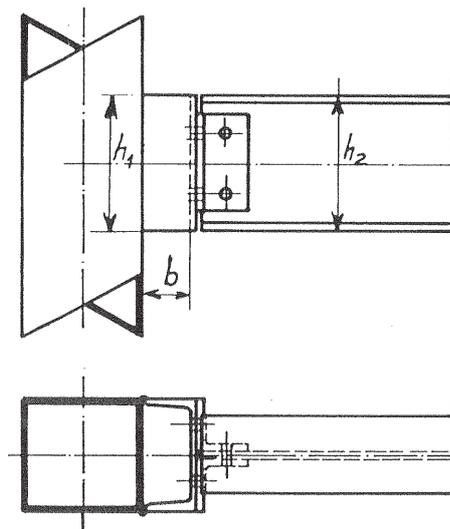


Figure 8.

Pour le calcul des cordons de soudure, il y a lieu de tenir compte de l'effort vertical, mais aussi du moment fléchissant qui résulte de l'excentricité.

Pour que ce type d'attache soit efficace, il faut veiller à ce que la distance b soit suffisante pour effectuer la mise en peinture s'il s'agit de structure non galvanisée.

8.13 – Attache multiple (figure 9)

Il arrive fréquemment que l'on doive attacher à la fois une traverse de plancher et des longerons de façade sur un poteau.

On a alors intérêt à se servir de la même attache soudée.

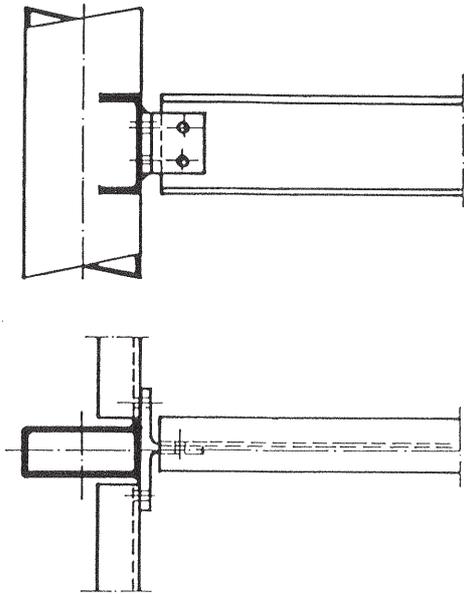


Figure 9.

La figure 9 nous montre par exemple le cas d'une chute de poutrelle H dont les ailes servent à la fixation des longerons, alors que l'âme fixe la solive de plancher.

Ici encore, l'assemblage est assez satisfaisant au point de vue résistance puisque les efforts de l'attache sont transmis au poteau dans les angles.

8.14 — Solive en double C (figure 10)

Il s'agit ici d'un cas particulier que l'on peut rencontrer, par exemple, dans des immeubles d'habitation.

Deux attaches en tôle pliée ou en C traditionnel sont soudées sur les petits côtés du poteau en profil creux rectangulaire. Ces attaches peuvent également être réalisées avec des chutes de profils creux provenant du poteau.

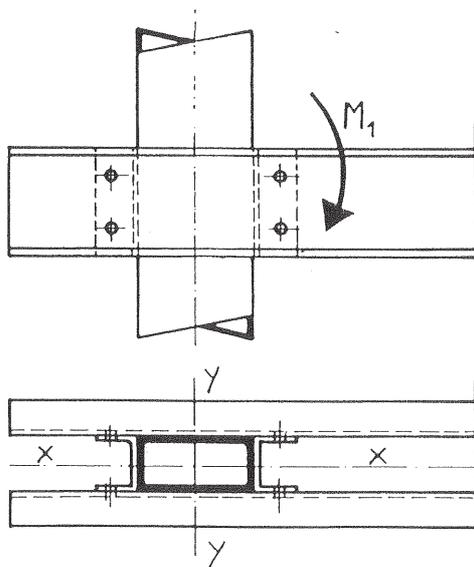


Figure 10.

Les deux solives en tôle pliée ou en C traditionnel sont simplement boulonnées de part et d'autre du poteau.

Cet assemblage parfaitement symétrique dans le plan yy évite le moment secondaire dû à l'excentricité et permet, en outre, de transmettre dans d'excellentes conditions un moment d'encastrement dans le plan xx .

8.15 — Boulons ou rivets aveugles (figure 11)

Il existe maintenant des rivets ou des boulons que l'on peut poser en aveugle.

Ils se composent d'une tige et d'une douille qui subit un sertissage ou une expansion au cours du serrage.

Les gammes courantes vont jusqu'au diamètre 20 mm pour la tige.

Dans le cas d'un poteau comportant une descente d'eau intérieure, il y a lieu de vérifier que la surlongueur intérieure ne gêne pas sa mise en place.

Cette solution peut être envisagée aussi bien pour une attache classique avec deux cornières que pour une attache par platine soudée.

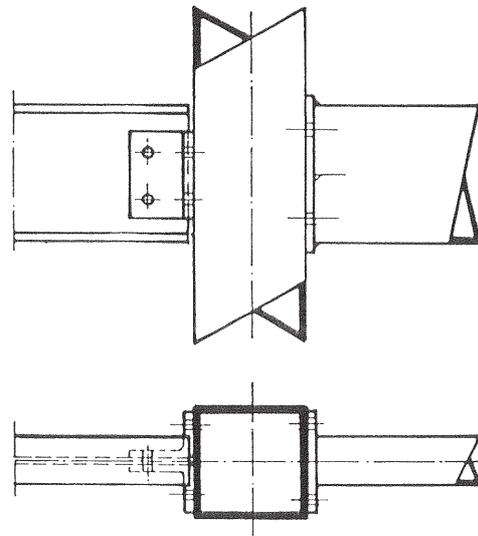


Figure 11.

8.16 — Liaison en tête de poteau (figure 12)

Cette disposition convient particulièrement dans le cas de poteaux en profil creux circulaire :

- soudures longitudinales plus faciles,
- accès aux boulons plus aisé.

La chute de poutrelle utilisée est positionnée dans le poteau qui est fendu sur toute la hauteur de l'attache. Il est évident que cette solution ne peut être retenue que pour une attache en sommet de poteau. De plus, il faut veiller à ce que la platine supérieure (qui

reprend en général le poteau supérieur) assure l'étanchéité.

Il s'agit d'une attache susceptible de recevoir des charges verticales importantes.

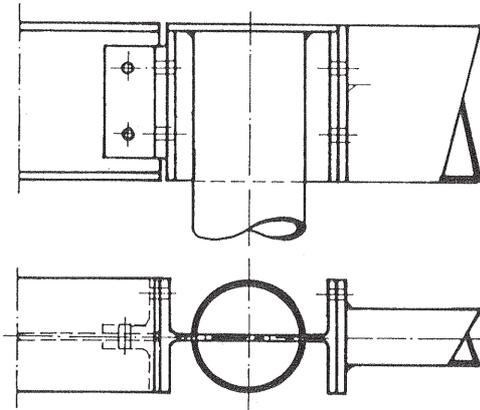


Figure 12.

8.17 — Poteaux interrompus au droit des solives

8.171 — Solive avec joint de montage entre deux poteaux (figure 13)

Les platines soudées en extrémité des solives en IPE ou HE assurent à la fois la fixation de celles-ci et leur raidissement transversal.

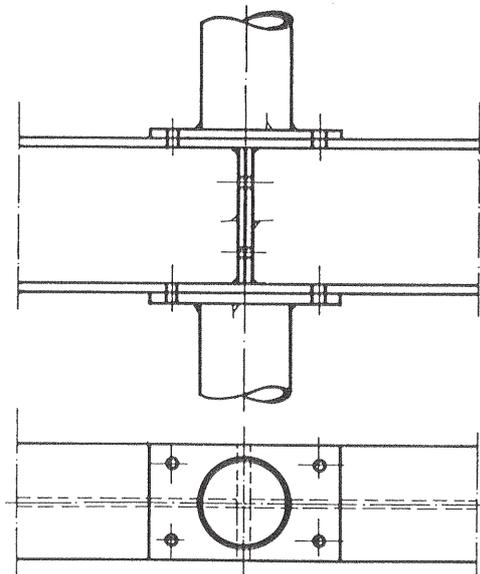


Figure 13.

Une simple platine soudée en extrémité du poteau permet la transmission des efforts axiaux. Notons que, dans le cas d'un effort axial en compression, l'épaisseur de la bride peut être considérablement réduite car la transmission se fait surtout par contact direct.

Lorsque le poteau doit transmettre un moment fléchissant dans le plan de la poutre, on peut envisager un type d'assemblage similaire à celui étudié au chapitre 6 (§ 6.31).

8.172 — Solive interrompue entre deux poteaux (figure 14)

Nous avons ici une disposition analogue à celle du paragraphe précédent, mais l'absence de joint de montage des solives permet de positionner deux raidisseurs en forme de U de part et d'autre de la solive. En général, un demi profil creux convient d'autant mieux qu'il a les mêmes dimensions que le poteau, ce qui est favorable au point de vue transmission des efforts normaux.

On peut imaginer les deux types d'assemblage décrits en 13 et 14 dans le cas de poteaux vides comme dans celui des poteaux remplis de béton.

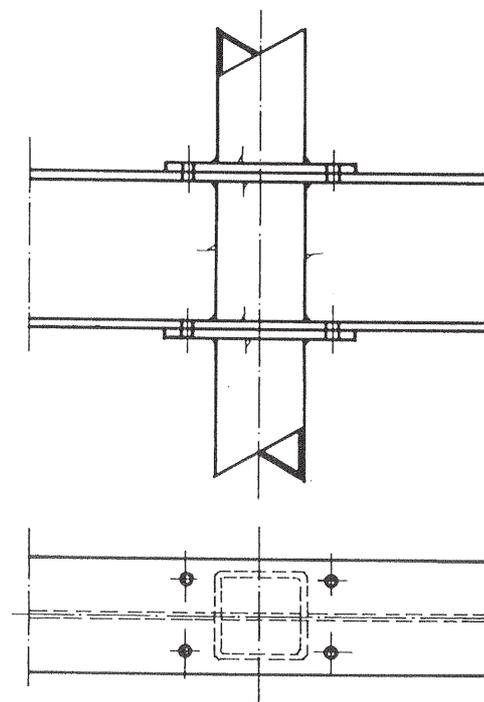


Figure 14.

8.2 — LISSES DE BARDAGES

8.21 — Liaison directe (figure 15)

Grâce à son excellente tenue au déversement, le profil creux rectangulaire peut représenter une solution économique dans certains cas de lisses de bardage.

Deux variantes peuvent être envisagées :

- **Variante A** : Une attache en cornière soudée dans le prolongement de la lisse réalise à la fois l'obturation de celle-ci et sa fixation sur le poteau.
- **Variante B** : L'extrémité tronçonnée en biais permet de poinçonner les trous de la face arrière. Dans ce cas de coupe biaise, si l'élément n'est pas galvanisé, il faut prévoir un dispositif d'obturation des extré-

mités (tôle bouche-trou, bouchon plastique, par exemple) pour éviter la corrosion intérieure.

Dans les deux cas, s'il s'agit d'une lisse en carré, il sera possible de prévoir deux trous sur la hauteur (tracé en traits mixtes).

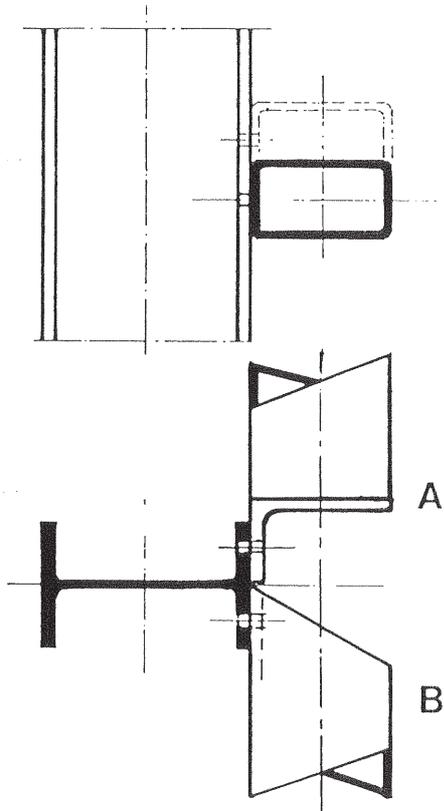


Figure 15.

8.22 — Liaison par cornière ou platine (figure 16)

■ **Variante A :** Dans le cas de cette figure, il s'agit de reprendre un effort vertical et un effort horizontal relativement faibles. Lorsque la réaction horizontale est plus importante, prévoir une cornière supérieure pour équilibrer l'attache.

■ **Variante B :** Cette attache avec un plat soudé est simple et efficace.

Dans les deux cas, lorsque le profil n'est pas galvanisé, ne pas oublier d'obturer l'extrémité de la lisse de bardage pour éviter toute corrosion intérieure.

8.23 — Lisse en profil creux sur poteau en profil creux (figure 17)

Lorsque le poteau est constitué d'un profil creux rectangulaire, on peut concevoir l'assemblage ci-après :

- platine A soudée sur poteau,
- platine B soudée sur solive.

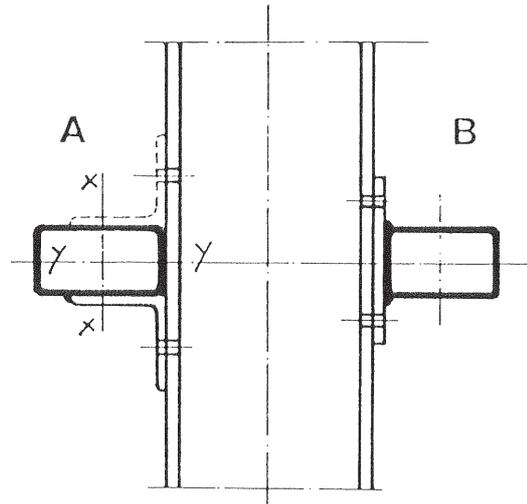


Figure 16.

Ici encore, pour des questions de corrosion, il faut prévoir l'obturation des extrémités libres des lisses.

Une variante peut être envisagée facilement : la platine A est supprimée et la platine B se fixe directement sur le poteau par boulons aveugles comme indiqué à la figure 11 du présent chapitre.

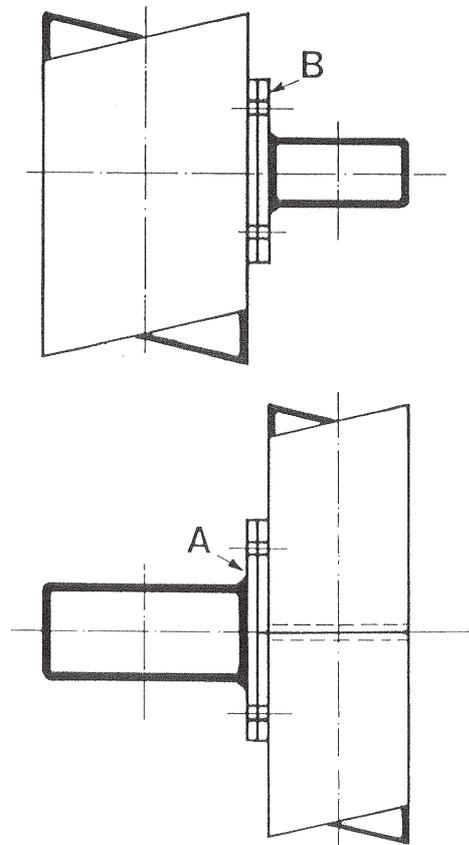


Figure 17.

9 - ATTACHES DE PANNES

Les pannes peuvent être constituées par différents profils uniques tels que (voir figure 1) :

- profils traditionnels I ou U
- profils creux rectangulaires
- profils pliés à froid de forme appropriée.

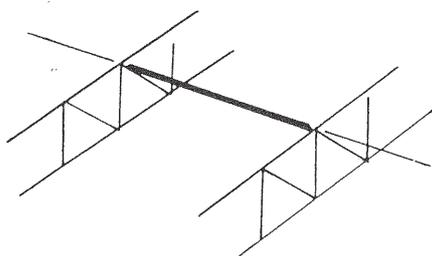


Figure 1.

Lorsque l'écartement des fermes est très important, la condition de flèche ne permet plus de retenir un profil unique. C'est alors la poutre à treillis qui convient et, dans ce cas, la triangulation est faite de telle sorte que la réaction d'appui soit reprise par la membrure supérieure de la ferme (voir figure 2).

Dans les dispositions constructives suggérées, les membrures supérieures des fermes sont représentées en profils creux rectangulaires ou carrés, ce qui est le cas le plus fréquent.

On peut toutefois imaginer des variantes avec des membrures supérieures en profils creux circulaires ou en profils ouverts I, H ou U.

Il est alors possible d'envisager une adaptation de la solution de base et la figure 3 représente plusieurs possibilités d'adaptation.

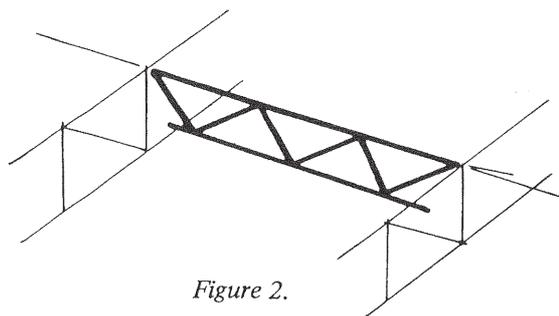


Figure 2.

Sur le croquis il a été figuré un seul trou de boulon de part et d'autre de l'axe, mais dans le cas de joint de panne il est souvent prévu deux trous de part et d'autre.

En A : Solution de base : profil creux carré

La plupart des attaches sont soudées sur la face supérieure de la membrure.

En B : Variante : profil creux circulaire

Le gousset soudé transversalement est découpé suivant la forme de la membrure.

Cette sujétion pour la fixation des pannes sur la membrure supérieure d'une ferme limite l'emploi des profils creux circulaires pour ces membrures supérieures.

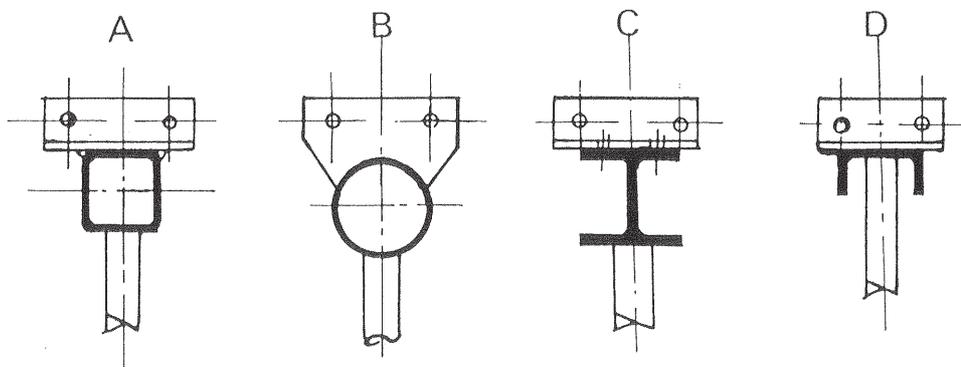


Figure 3.

En C : Variante : profil ouvert I ou H

La face supérieure est plane dans les deux cas (I ou H).

Il est donc assez commode d'envisager soit la soudure de l'attache comme dans la solution de base, soit le boulonnage de celle-ci comme indiqué sur le croquis.

En D : Variante : profil ouvert U

Dans la plupart des cas, le profil est placé comme indiqué sur le croquis, c'est-à-dire les ailes dirigées vers le bas.

La fixation est alors identique à la solution de base : attache soudée sur la face supérieure.

9.1 - PANNE EN I

1ère solution (figure 4)

Attache en plat plié.

Il s'agit d'une attache fréquemment employée en construction traditionnelle.

Elle est réalisée en plat ou en tôle pliée et, dans la plupart des cas, une épaisseur de 5 ou 6 mm est suffisante. Cette épaisseur pourrait être augmentée dans le cas d'une pente de couverture trop forte, ceci afin de reprendre la composante de la réaction suivant la pente, ou dans le cas d'un effort ascendant important dû au vent.

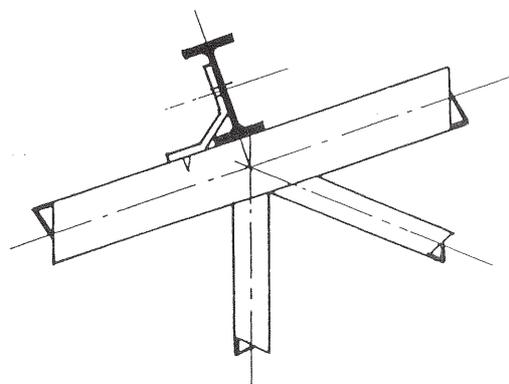


Figure 4.

2e solution (figure 5)

Attache en cornière avec fourrure.

Les dimensions de la cornière et de la fourrure dépendent évidemment du profil de panne choisi.

A titre d'exemple on prendra, pour une panne en IPE 100 :

- une cornière de 60 x 60 x 6
- une fourrure de 30 x 14.

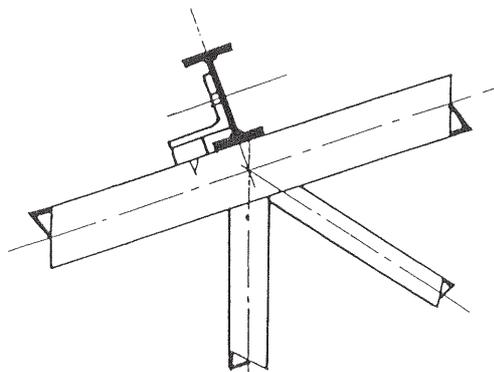


Figure 5.

9.2 — PANNE EN PROFIL CREUX RECTANGULAIRE

1ère solution (figure 6)

L'extrémité de la panne est tronçonnée en biais ce qui permet de poinçonner le trou de boulon dans une paroi seulement.

Le perçage de trous dans les deux parois opposées doit être évité au maximum lorsqu'il s'agit de l'extrémité de la barre.

Mais, dans le cas d'une coupe biaise, l'extrémité reste ouverte et, pour éviter tout risque de corrosion intérieure, il faut prévoir un dispositif d'obturation de l'extrémité :

- par une tôle bouche-trou légère,
- par un bouchon plastique,
- par une cornière dont une aile, soudée sur la paroi de la panne, renforce la fixation.

Bien entendu, on peut se dispenser d'obturer ces extrémités dans au moins deux cas :

- s'il s'agit de structures situées dans des locaux chauffés,
- si les profils sont galvanisés. (Voir notice 1059 de la Chambre Syndicale des Fabricants de Tubes d'Acier, chapitre 6).

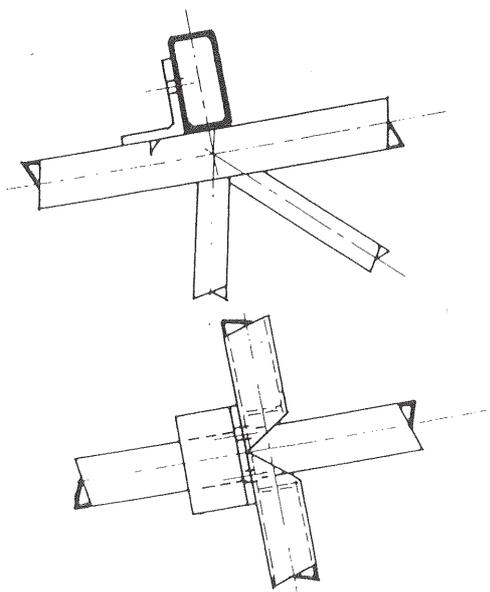


Figure 6.

2e solution (figure 7)

Le croquis montre une attache réalisée avec une cornière (ou un plat plié) soudée en extrémité.

Cette attache sert en même temps de tôle bouche-trou.

Une autre cornière, soudée sur la membrure supérieure, sert de repos de panne.

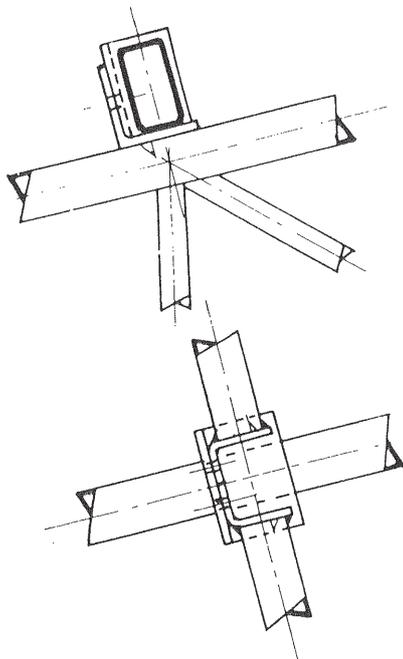


Figure 7.

3e solution (figure 8)

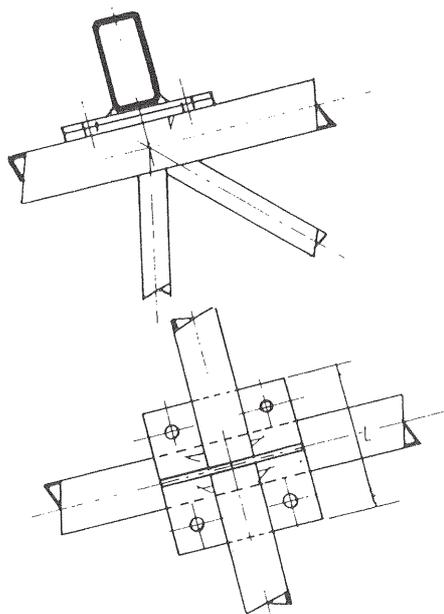


Figure 8.

Une platine de largeur l , servant de repos de panne, est soudée sur la membrure supérieure.

Deux semelles de largeur $\frac{l}{2}$ sont soudées sous les pannes.

Si la corrosion intérieure est à craindre, il faut obturer les extrémités des pannes (voir remarque pour la 1ère solution).

4e solution (figure 9)

Le support de panne est soudé longitudinalement sur la membrure supérieure de la ferme.

Les platines soudées en extrémité des pannes peuvent alors se boulonner aisément.

C'est un des rares cas où l'adaptation de l'attache au profil creux circulaire peut être envisagée de façon satisfaisante.

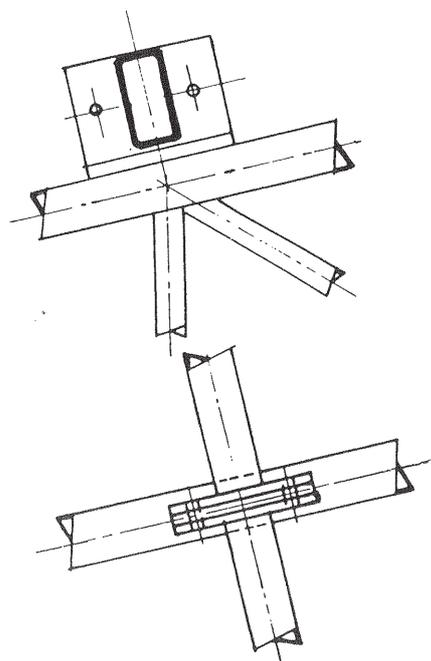


Figure 9.

9.3 – PANNES EN PROFILS PLIÉS A FROID

1er exemple : panne en \square (figure 10)

Le repos de panne se fait par contact direct sur la membrure supérieure.

Une cornière inégale placée à l'arrière de la panne permet le boulonnage.

L'éclisse placée en avant de la panne facilite le brochage dans le cas d'un joint de panne.

La nécessité de prévoir une éclisse n'est pas impérative. Elle dépend de l'épaisseur du profil. En général, chaque fournisseur de ce type de panne apporte toute précision à ce sujet.

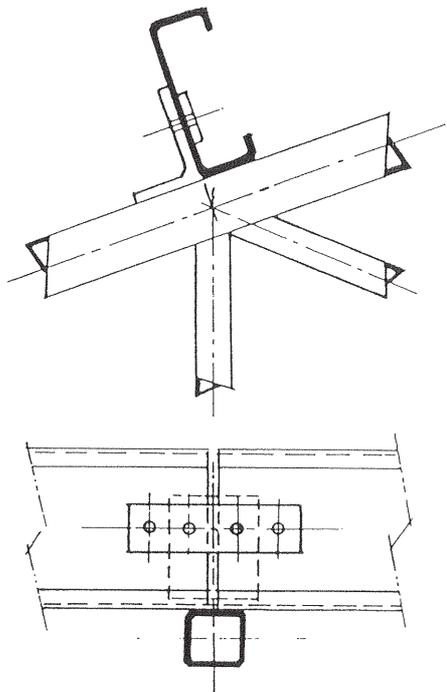


Figure 10.

2e exemple : panne en Z (figure 11)

Dans cet autre exemple, la cornière attache se trouve en « amont » de la panne, alors que dans le cas précédent elle se trouve en « aval ».

Pour ce type de panne, l'éclisse est presque toujours impérative étant donné la faible épaisseur relative du profil à attacher.

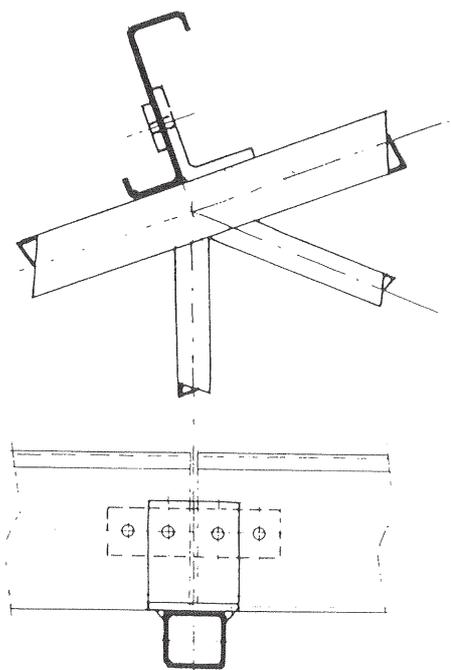


Figure 11.

9.4 – PANNES A TREILLIS

9.41 – Dispositions générales

Le type d'attache retenu pour la panne à treillis est fonction de la disposition constructive d'ensemble adoptée pour la ferme. Deux dispositions typiques sont représentées aux figures 12 et 13 :

Figure 12 – La pente est relativement faible, et les montants du treillis sont perpendiculaires aux membrures.

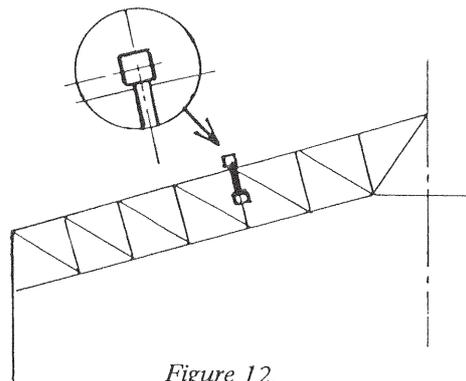


Figure 12.

Figure 13 – La pente est plus forte, et les montants du treillis sont verticaux. Dans ce cas, la membrure supérieure de la panne est, le plus souvent, positionnée suivant la pente, ce qui complique la réalisation du treillis, mais simplifie la pose des éléments de couverture.

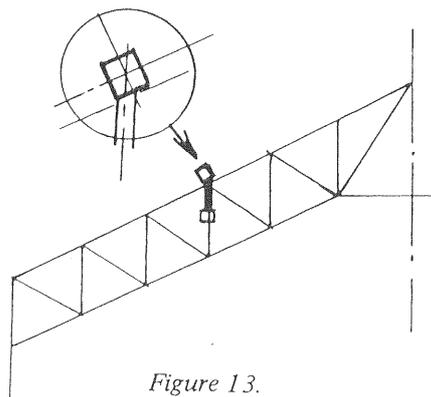


Figure 13.

D'autre part, comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, la triangulation des pannes est réalisée de sorte que l'effort vertical se reporte sur la membrure supérieure de la ferme. Il en résulte deux possibilités pour la membrure inférieure de la panne.

1er cas (figure 14)

Des bracons sont prévus pour maintenir les membrures inférieures de la ferme. On réalise ainsi un contreventement longitudinal du bâtiment.

2e cas (figure 15)

Les membrures inférieures sont simplement attachées sur le montant, mais elles ne transmettent aucun effort à celui-ci.

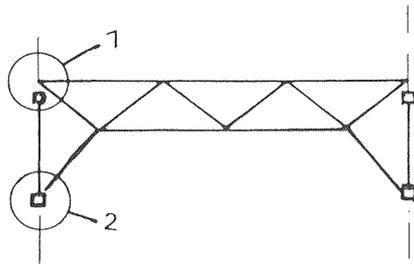


Figure 14.

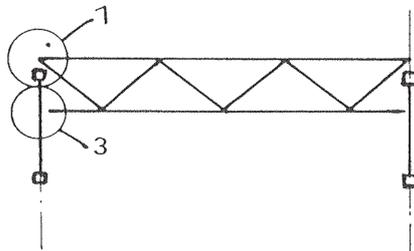


Figure 15.

Cette solution simple présente cependant un inconvénient: elle ne permet aucun réglage longitudinal; il faut donc exiger de l'atelier une grande précision pour respecter l'écartement des fermes.

2ème solution (figure 17)

Une chute de U (ou de T) est soudée transversalement sur la membrure supérieure.

L'attache d'extrémité est constituée d'une demi-poutrelle I ou d'un T.

Cette seconde solution offre l'avantage d'une possibilité de réglage longitudinal, ne serait-ce que par le jeu dans les trous de boulons.

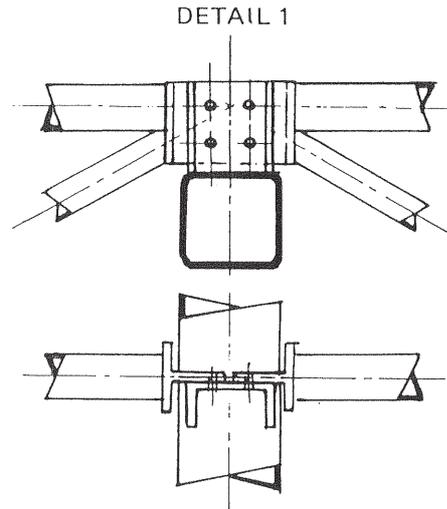


Figure 17.

9.42 – Différents types d'attaches

Détail 1

1ère solution (figure 16)

Une chute de T ou un demi-IPE est soudé longitudinalement sur la membrure.

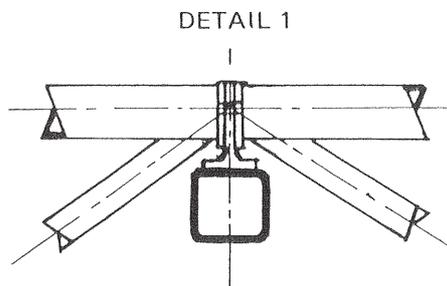


Figure 16.

Détail 2

1ère solution (figure 18)

L'angle θ est faible, et la fixation est plus facile sur la membrure :

- gousset soudé sur la membrure,
- extrémité de la barre aplatie.

Cette disposition entraîne un décalage du point d'épure, pratique couramment admise dans le cas de barres de contreventement.

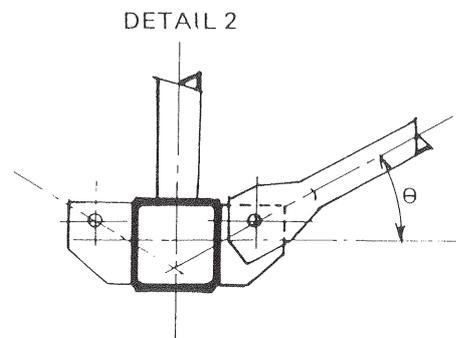


Figure 18.

Les deux pannes sont boulonnées de part et d'autre par l'intermédiaire de platines soudées en bout.

2e solution (figure 19)

L'angle θ est plus grand, et il est préférable de réaliser l'attache sur le montant.

Dans ce cas le décalage du point d'épure existe toujours, mais cette fois vers l'intérieur de la ferme.

Comme dans le cas précédent, ce décalage est tout à fait admissible.

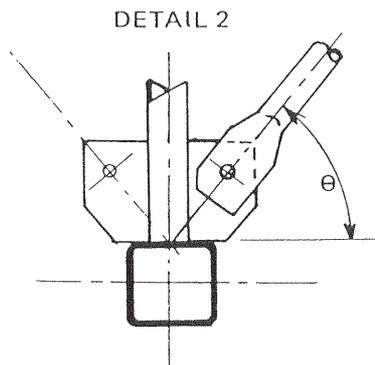


Figure 19.

Détail 3 (figure 20)

Il s'agit d'une attache qui ne transmet aucun effort important. Son rôle est uniquement d'assurer le maintien latéral de la membrure inférieure de la panne à treillis.

DETAIL 3

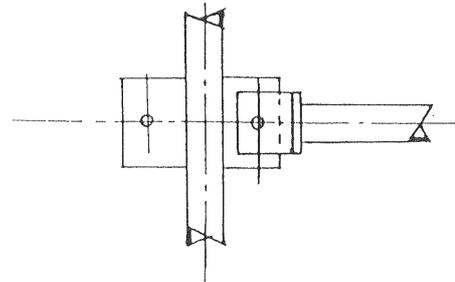


Figure 20.

9.5 – PANNE AVEC CONTREFICHES (figure 21)

Il arrive parfois que, pour limiter les flèches des pannes en profils uniques, des contrefiches soient disposées comme représenté à la figure 21.

Dans ce cas, les contrefiches reportent réellement un effort important sur la membrure inférieure. Il est alors préférable de respecter le point d'épure pour l'attache inférieure.

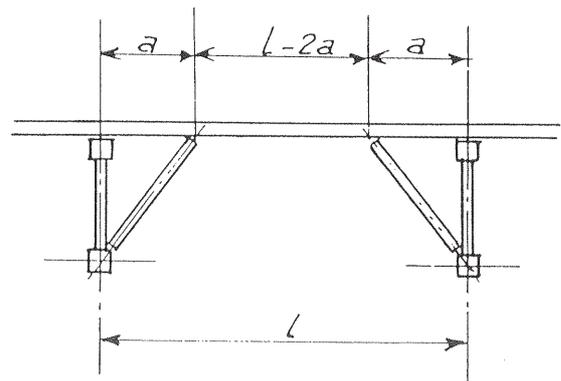


Figure 21.

10 - CONTREVENTEMENTS PALÉES DE STABILITÉ

Pour assurer la stabilité d'une ossature métallique, il est nécessaire de disposer, à des endroits judicieusement choisis, des éléments de contreventement.

Pour bien concevoir ces éléments de stabilité et leur fixation il y a lieu de distinguer les différents types ci-après :

- contreventements verticaux entre fermes ;
- palées (ou portiques) de stabilité ;
- poutres au vent.

10.1 - CONTREVENTEMENTS VERTICAUX

10.11 - Contreventements en croix (figure 1)

Ils sont généralement placés uniquement dans l'axe du bâtiment. En effet, la stabilité au déversement des fermes en profils creux permet d'éliminer la plupart des contreventements longitudinaux intermédiaires.

La file de contreventement en faitière (dans l'axe du bâtiment) est dans tous les cas indispensable pour faciliter le montage sur chantier.

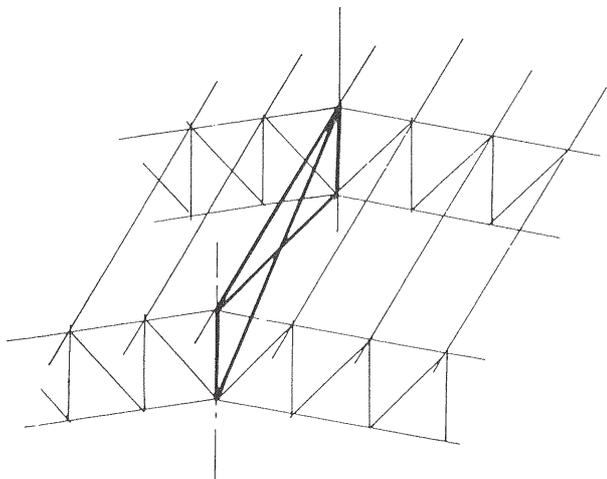


Figure 1.

Les contreventements en croix de Saint-André sont souvent adoptés lorsque les pannes sont des poutrelles à âme pleine. Ils sont généralement dimensionnés par construction et réalisés en profils creux circulaires pour pouvoir être assemblés par aplatissement (figure 2).

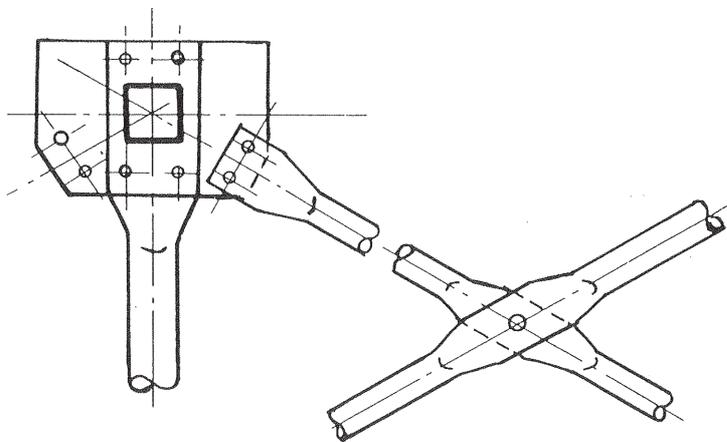


Figure 2.

On se sert habituellement du prolongement de l'une des deux brides assurant la fixation des fermes pour assurer le boulonnage. Bien souvent un seul boulon à chaque extrémité est suffisant, mais il est habituel d'en prévoir deux pour pouvoir brocher au moment du montage.

10.12 - Contrefiches (figure 3)

Lorsqu'il s'agit de stabiliser des fermes reliées par des pannes à treillis, il est inutile de prévoir des croisillons verticaux comme dans le cas précédent.

Des contrefiches (également appelées bracons ou barres de contreflambement) sont facile à mettre en œuvre et beaucoup moins chères.

Les attaches de ces éléments se font par aplatissement aussi bien en pied qu'en tête (voir figure 4, détails 1 et 2).

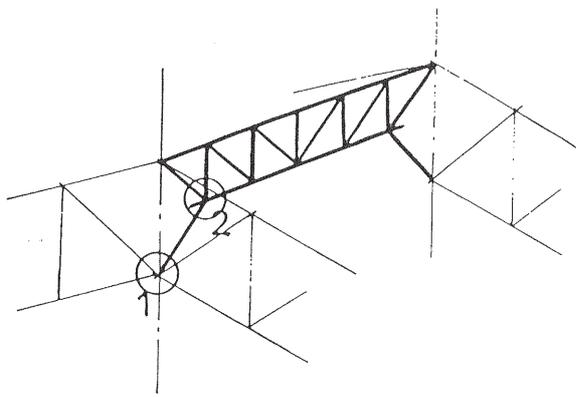


Figure 3.

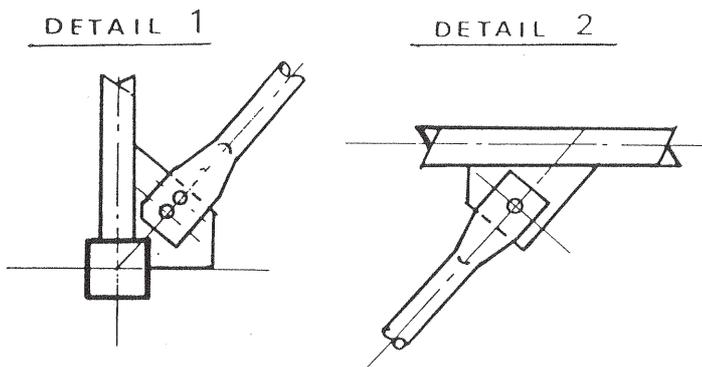


Figure 4.

Comme nous avons pu le voir dans le chapitre 9, § 9.4 détail 2, l'attache inférieure peut être différente suivant l'inclinaison de la barre.

D'autre part, toujours pour des questions de facilité de montage (brochage), il est recommandé de prévoir deux trous à l'une des deux extrémités, en général à l'extrémité inférieure.

10.2 – PALÉES DE STABILITÉ

On les appelle aussi portiques de stabilité.

Ces palées, qui sont destinées à assurer la stabilité longitudinale d'un bâtiment sous les efforts horizontaux (vent, pont roulant, etc.) peuvent avoir plusieurs configurations.

10.21 – Portique en croix (figure 5)

Cette solution n'est valable que lorsque le long pan du bâtiment, dans cette travée, est destiné à être bardé. En effet, l'adoption du contreventement en croix condamne toute possibilité de circulation latérale entre deux halls contigus.

Généralement, les éléments sont calculés en ne considérant que l'effort de la barre tendue. Contrairement à ce qui se passe pour les contreventements verticaux entre fermes, la technique de l'aplatissement d'extrémité

peut ne pas être retenue. C'est, en fait, la forme et la section de la barre qui déterminent le type de liaison d'extrémité (voir figure 6).

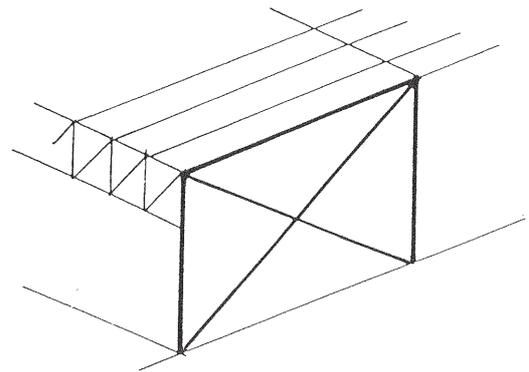


Figure 5.

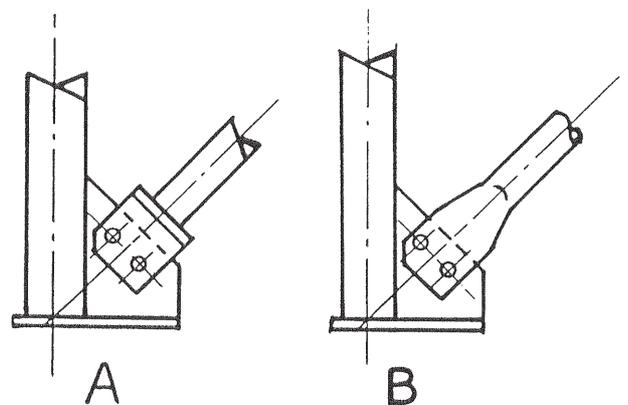


Figure 6.

En ce qui concerne le croisement des barres en milieu de panneau, la technique dépend également du choix du profil (figure 7). Dans la solution A, l'attache boulonnée est identique à celle de la figure précédente. Sauf dans le cas de très forte sollicitation, le gousset de la barre 2 ne traverse pas la barre 1.

Dans la solution B, il s'agit d'un semi-aplatissement. Les deux barres sont maintenues par un seul boulon.

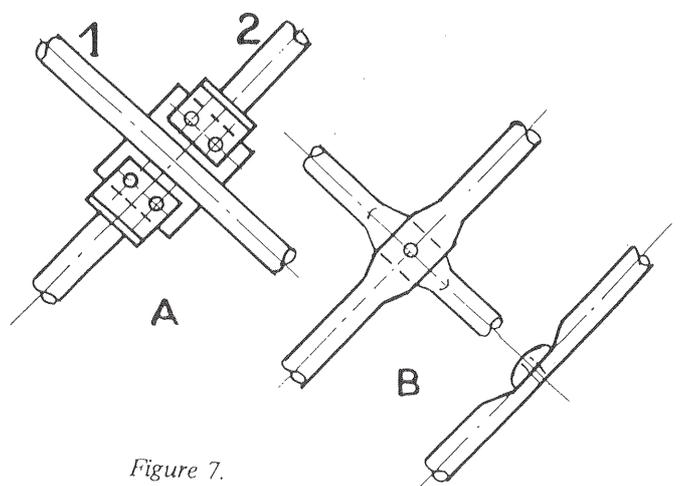


Figure 7.

10.22 – Portique en K (figure 8)

Cette solution est retenue lorsque l'on veut préserver le plus grand gabarit de passage possible entre deux travées contiguës.

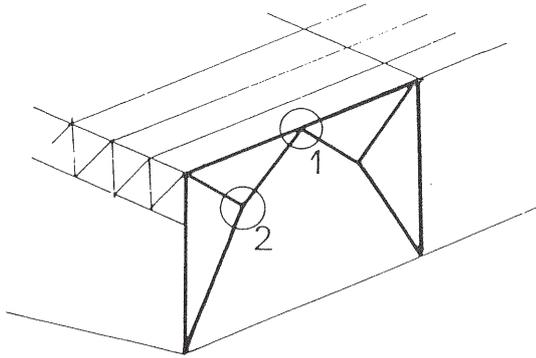


Figure 8.

Le principe de l'attache sur poteau (en tête et en pied) est identique à celui retenu à la figure 6 A.

La figure 9 indique une solution pour la fixation sous la sablière (détail 1).

Si les diagonales forment un angle θ très faible avec la sablière, il est intéressant de réaliser un décalage du point d'épure pour ne pas augmenter exagérément la longueur de l'attache.

Les attaches soudées sous la sablière et en extrémité des barres sont des chutes de IPE.

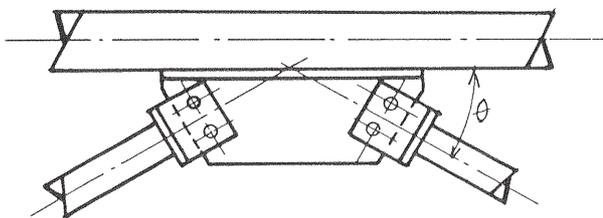


Figure 9.

La figure 10 donne deux solutions pour la fixation au droit de la brisure (détail 2).

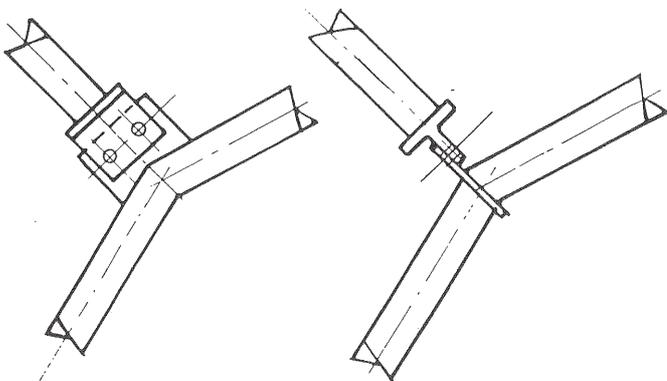


Figure 10.

Cet assemblage peut également être réalisé entièrement par soudure en atelier si les dimensions du demi-portique permettent son expédition en une seule pièce.

10.23 – Palée avec jambes de force (figure 11)

Lorsque la sablière entre poteaux est une poutre à treillis, il est intéressant d'utiliser cette poutre pour la faire participer à la reprise des efforts dans le portique de stabilité.

On positionne alors deux jambes de force sous la sablière (figure 11).

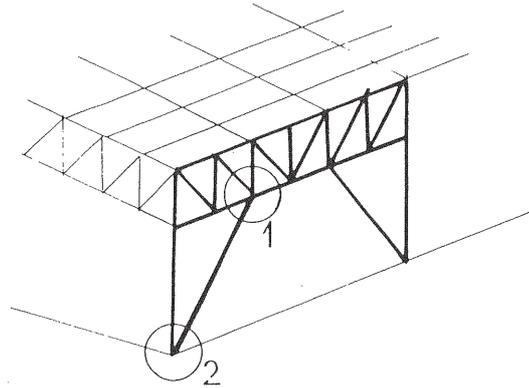


Figure 11.

La fixation sur la membrure inférieure de la sablière est donnée à la figure 12 (détail 1).

L'angle θ étant plus important que dans le cas de la figure 9, la convergence des lignes d'épure peut être respectée.

La nécessité de prévoir 2 boulons est toujours dictée par les impératifs de montage.

L'attache soudée sous la sablière est une chute de poutrelle pour éviter le poinçonnement de la face de la membrure inférieure.

Il peut arriver que l'on trouve, en partie basse de la jambe de force, une fixation par un axe (voir détail 2 : figure 13).

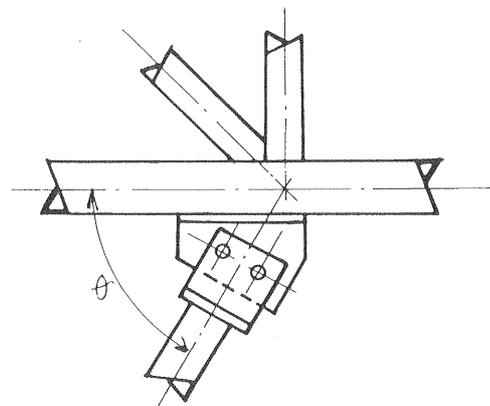


Figure 12.

Nous ne donnons qu'un seul exemple dans cette figure mais tout autre variante pour la réalisation de la chape est envisageable. (Se reporter aux détails des pieds de poteaux – chapitre 6).

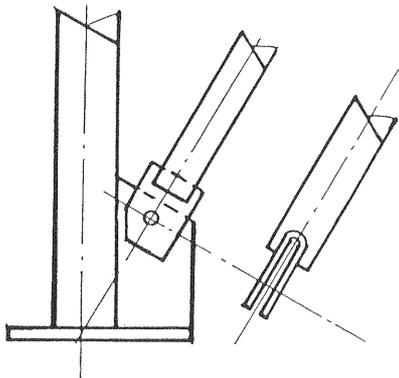


Figure 13.

10.3 – POUTRES AU VENT (figure 14)

La poutre au vent peut être réalisée en une seule pièce, lorsqu'elle est placée en pignon par exemple.

Elle doit alors être traitée comme une poutre à treillis classique avec des assemblages soudés.

Par contre, lorsqu'il s'agit de la poutre au vent en long pan, dont le rôle est de reprendre les efforts horizontaux

du vent sur les montants de bardage, toutes les barres sont boulonnées sur chantier.

La membrure extérieure est constituée par la membrure supérieure de la sablière.

La membrure intérieure peut être constituée soit sur la panne elle même (si la section le permet), soit par une barre indépendante.

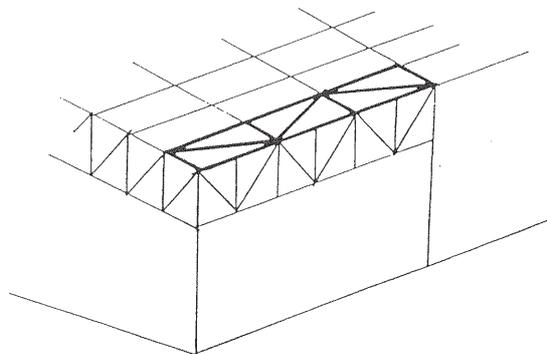


Figure 14.

Les diagonales, placées dans le plan de la toiture lorsque la pente est faible, sont boulonnées comme l'indique la figure 15.

Ce sont très souvent des extrémités aplaties qui assurent l'assemblage, mais des attaches réalisées à partir de chutes de poutrelles sont toujours possibles.

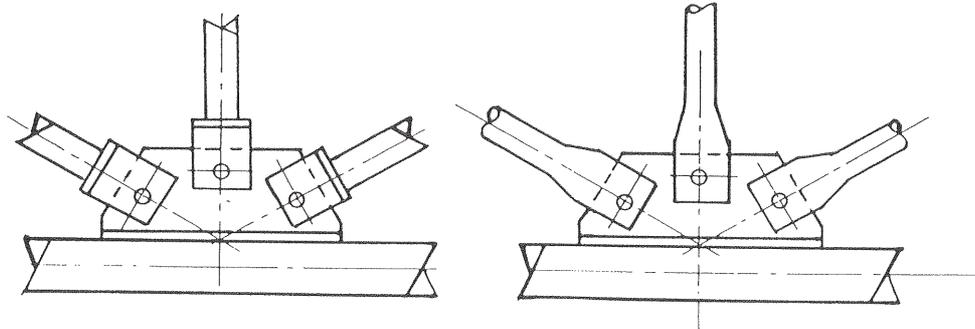


Figure 15.

11 - ATTACHES DE POUTRES DE ROULEMENT

Les dispositions constructives de ces attaches dépendent du type d'engin à supporter (pont roulant ou poutre roulante), du mode de liaison avec l'ossature du bâtiment (pont posé ou pont suspendu), ainsi que de la puissance du levage.

Nous distinguerons donc les deux grandes familles de ponts ou des poutres roulants :

- les ponts posés,
- les ponts suspendus.

11.1 – PONTS POSÉS (figure 1)

Lorsque la portée du bâtiment et la puissance du pont le permettent, il est possible d'envisager des poutres de roulement posées sur de simples consoles soudées sur les poteaux.

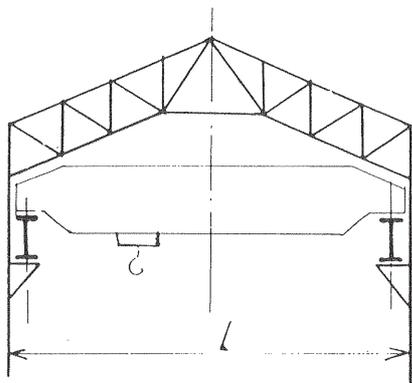


Figure 1.

Selon qu'il s'agit d'un joint de poutre ou d'une fixation intermédiaire, la disposition adoptée sera différente.

11.11 – Joint de poutre (figure 2)

Généralement, la charge verticale est reprise par la console soudée sur le poteau. Pour tenir compte de la nécessité de reporter les efforts dans le poteau au voisinage immédiat des angles du profil, il est recommandé de réaliser la console à l'aide d'une chute de profil creux carré dont la largeur b_1 est très voisine de la largeur b_0 du poteau.

La charge horizontale est reprise par une attache au niveau de la semelle supérieure des poutres de roulement. Elle peut être réalisée par un plat ou par une chute de T (ou un demi-IPE).

Cette attache doit être soudée sur toute la largeur du profil creux. Sa souplesse dans le plan vertical permet d'assurer un report efficace de la charge verticale sur la console.

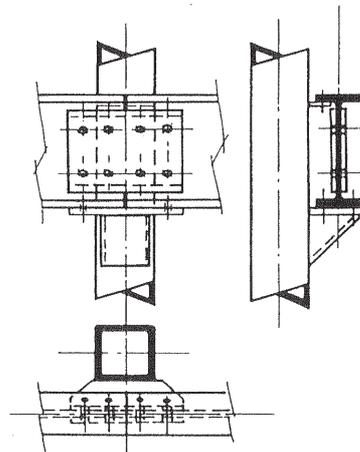


Figure 2.

11.12 – Fixation intermédiaire (figure 3)

Le principe de fixation est le même :

- la charge verticale est transmise à une console par contact direct,
- les efforts horizontaux sont supportés par une attache soudée sur le poteau.

Pour cette dernière, il est possible d'utiliser le même type d'attache. Le gousset horizontal devra être suffisamment large pour intéresser toute la face du poteau et éviter un poinçonnement de celle-ci.

Nota : Dans les deux cas de fixation de poutres de roulement sur console (figure 2 et figure 3), il importe de réaliser l'attache horizontale au niveau de la semelle supérieure, mais il faut également veiller à ce que les poutres de raidissement horizontales entre poteaux (non représentées) aboutissent à ce niveau.

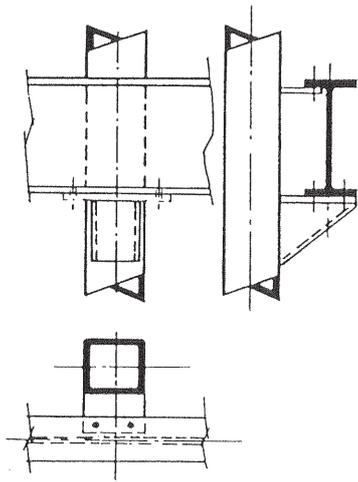


Figure 3.

11.13 — Poteau à double membrure (figure 4)

Lorsqu'il s'agit de ponts roulants de plus grande puissance, les solutions précédentes ne peuvent plus être retenues. Il est alors fait appel à des poteaux à double membrure et à baïonnette comme indiqué sur le croquis.

La différence essentielle vient du report des charges verticales qui se fait directement dans l'axe des membrures du poteau à treillis.

La fixation horizontale se fait suivant le même principe que précédemment. Dans ce cas de deux poutres de roulement parallèles, le raidissement horizontal est souvent réalisé par une triangulation qui relie entre elles les deux poutres. Les réactions de cet élément de raidissement doivent aussi aboutir au niveau des semelles supérieures.

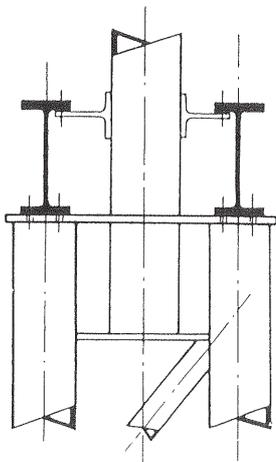


Figure 4.

11.2 — PONTS SUSPENDUS

Il s'agit, en général d'appareils de levage ayant des puissances moins importantes que les ponts posés. Les points de suspension aux fermes sont souvent situés au droit du premier nœud de treillis en partant du poteau (figure 5).

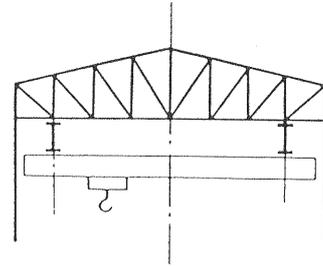


Figure 5.

Le détail de l'attache dépend du profil retenu pour la membrure inférieure (profil creux ou profil ouvert). On peut également imaginer des attaches de même type pour une poutre de roulement monorail d'un palan suspendu.

11.21 — Membrure inférieure en profil creux carré (figure 6)

Une semelle soudée sous la membrure permet le boulonnage.

Cette semelle est raidie par des goussets transversaux situés dans l'axe de la poutre de roulement.

Une autre solution consiste à souder longitudinalement de part et d'autre de la membrure deux cornières dont les ailes horizontales comportent les trous de boulons.

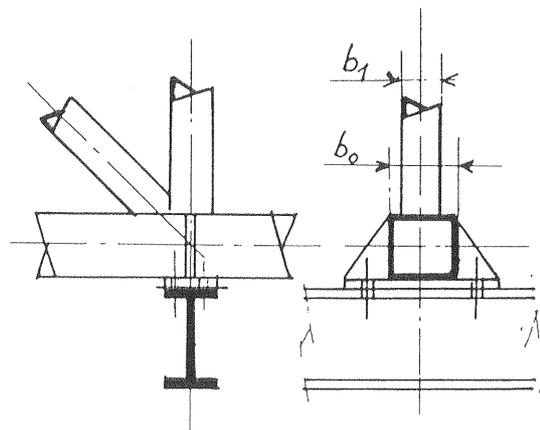


Figure 6.

Dans les deux cas (semelle soudée ou cornières) il faut veiller à ce que la largeur b_1 des barres de treillis soit très voisine de la largeur b_0 de la membrure.

Cette condition est généralement respectée sans surdimensionnement des barres de treillis, puisque les barres de treillis du premier panneau sont très sollicitées.

11.22 — Membrane inférieure en profil H (figure 7)

On peut concevoir deux types de fixation :

1ère solution

La poutre de roulement est fixée par boulonnage uniquement dans les ailes inférieures de la membrane de la ferme.

2e solution

Deux semelles soudées de part et d'autre des ailes prolongent celles-ci. Elles sont raidies par des goussets transversaux (traits mixtes).

Cette solution est souhaitable lorsque les charges à transmettre nécessitent une fixation par plus de quatre boulons, mais elle s'impose surtout lorsque le joint de poutre se fait au droit de la ferme.

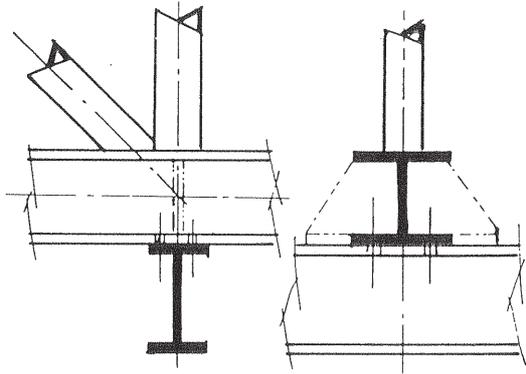


Figure 7.

11.23 — Fermes triangulaires pointe en bas (figure 8)

Il peut s'agir ici également d'une poutre de roulement monorail ou d'une poutre de pont suspendu. Les dispositions constructives sont les mêmes :

En A : une chute de poutrelle découpée par oxycoupage est enfilée sur la membrane inférieure (profil hexagonal ou circulaire) puis soudée.

La longueur de l'attache dépend du nombre de boulons nécessaire et de la présence ou non d'un joint de montage de la poutre de roulement.

En B : dans le cas d'une membrane en profil creux hexagonal, carré ou rectangulaire, deux cornières sont soudées longitudinalement de part et d'autre de cette membrane ; une semelle inférieure peut, le cas échéant, être soudée sous ces cornières.

11.24 — Fermes triangulaires pointe en haut (figure 9)

La technique est assez semblable à celle de l'exemple précédent : la chute de poutrelle servant d'attache peut être :

■ soit découpée comme dans le cas précédent (voir figure 8A),

■ soit simplement grugée (figure 9).

Le choix de la solution finale dépend des possibilités d'oxycoupage ou de grugeage en atelier, mais également des charges à transmettre. L'attache de la figure 8 (variante A) peut évidemment supporter des charges plus importantes.

En ce qui concerne l'attache avec des cornières longitudinales (variante B de la figure précédente), celle-ci ne pourrait pas être aussi facilement réalisée car la présence des barres de treillis horizontal empêche la mise en place de la cornière du côté intérieur de la poutre triangulaire.

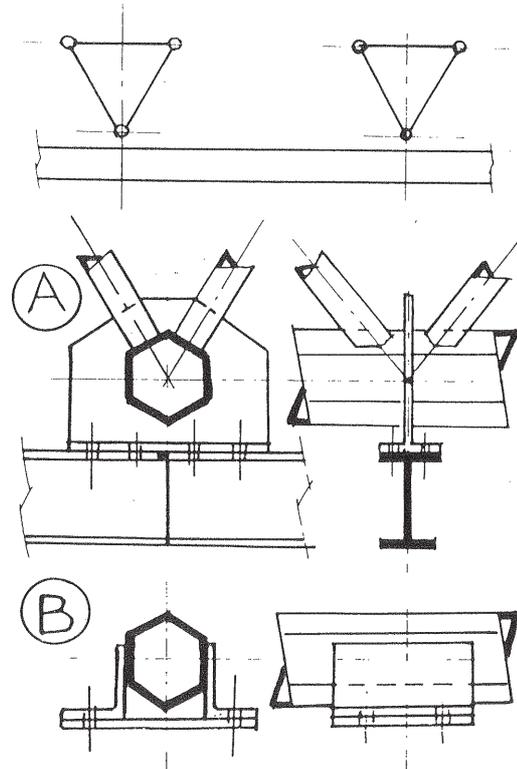


Figure 8.

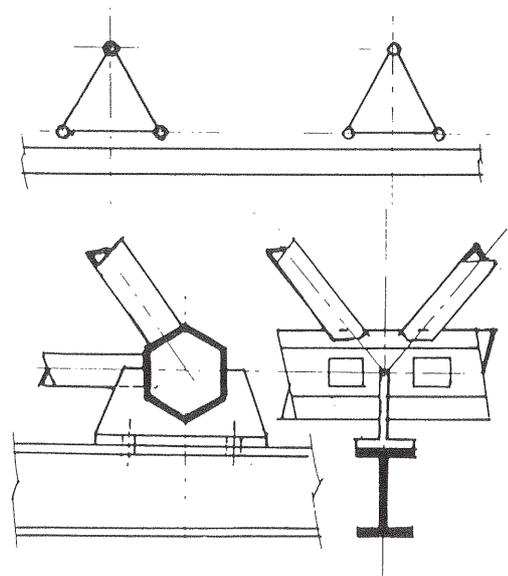


Figure 9.

OÙ TROUVER DES RENSEIGNEMENTS PRATIQUES POUR BIEN UTILISER LES CARACTÉRISTIQUES DES PROFILS CREUX ?

La présente notice ne concerne qu'un aspect particulier de l'emploi du profil creux. De par sa forme, ce produit offre de nombreux avantages. Encore faut-il savoir l'utiliser judicieusement pour exploiter pleinement ses caractéristiques.

Des recherches fondamentales ont été conduites, le plus souvent sur le plan international (CIDECT : Comité International pour le Développement et l'Étude de la Construction Tubulaire, CECM : Convention Européenne de la Construction Métallique, etc). Les résultats de ces recherches ont permis de rédiger des documents de référence à caractère scientifique, normatif ou réglementaire.

A partir de ces documents de référence, l'Industrie du tube d'acier a établi des instruments pratiques de travail (abaques, tableaux etc.) qu'elle met à la disposition des concepteurs, prescripteurs et utilisateurs : architectes, ingénieurs, projeteurs-calculateurs, responsables d'atelier ou de chantier.

Le tableau ci-dessous donne la liste des documents disponibles.

Pour tous renseignements complémentaires et assistance technique, consulter l'OTUA ou le service PROFILS CREUX de VALEXY.

Thème général	Sujet	Recherches fondamentales	Documents de référence	Publications
Produits	Les profils creux : caractéristiques mécaniques		NF A 49-501 NF A 49-541	OTUA 15.018 VALEXY Notice 6501
Stabilité	Charges admissibles au flambement	C.E.C.M. courbe a Travaux Cidect	Additif 80 aux Règles CM 66	VALEXY Guide CIDECT
	Longueur de flambement des éléments des poutres à treillis	Travaux Cidect	Monographie Cidect n° 4	OTUA 23.027
	Voilement	C.E.C.M Travaux Cidect contrat CECA	Rapports finals CECA EUR. 6730 FR CECA EUR. 9198 FR	OTUA 23.022 VALEXY Notice n° 6521
Résistance des assemblages	Assemblages soudés (statiques)	Travaux Cidect contrat CECA	NF P 22-250 NF P 22-251 NF P 22-252 NF P 22-255 NF P 22-258	CTICM Logiciel ASTER
	Assemblages soudés (dynamiques)	Travaux Cidect contrat CECA	Monographie Cidect n° 7	
Profils creux remplis de béton	Charge admissible sur poteaux sans contrainte incendie	Travaux Cidect	Monographie Cidect n° 5	OTUA 23.028
	Stabilité au feu des profils creux remplis de béton	Travaux Cidect contrat CECA	Rapport final CECA EUR. 7171 FR DTU P 92-704	OTUA 23.009
Passerelles piétonnières	Conception Calculs	Ministère Équipement, Logement, Transports Fascicule 61 – Titre V Conception et calcul des Ponts et Constructions Métalliques en Acier		VALEXY Notice n° 5316 (conception, technologie, montage)
Résistance à la corrosion	Protection naturelle de l'intérieur des profils creux	Travaux Cidect	CIDECT rapport final 10 B 78/3	OTUA 23.006

ADRESSES DES ORGANISMES OU SOCIÉTÉS CITÉS

CIDECT c/o MANNESMANNRÖHREN - WERKE AG
Mannesmannufer 3
D-4000 DÜSSELDORF 1
Téléphone (49) 211-875-4216
Télécopie (49) 211-875-4689

AFNOR Tour Europe
Cedex 7
92049 PARIS-LA-DÉFENSE
Téléphone (1) 42.91.55.55
Télécopie (1) 42.91.56.56

CTICM Domaine de Saint-Paul
BP1
78470 SAINT-RÉMY-lès-CHEVREUSE
Téléphone (1) 30.85.20.00
Télécopie (1) 30.52.75.38

CECM General Secretariat
Av. des Ombrages, 32/36 - bte 20
B - 1200 BRUSSELS
Téléphone (32) 27.62.04.29
Télécopie (32) 27.62.09.35

OTUA Élysées la Défense,
19, Le Parvis, Cedex 35
92072 PARIS-LA-DÉFENSE 4
Téléphone (1) 47.67.85.88
Télécopie (1) 47.67.85.77

Bien qu'établis avec le plus grand soin, les renseignements scientifiques et les données techniques figurant dans cette brochure n'ont qu'une valeur d'information et ne sauraient engager la responsabilité de VALEXY