

Les assemblages

Dans les structures métalliques, les assemblages, souvent conçus comme des éléments singuliers au sein de la juxtaposition de composants industrialisés, représentent les événements majeurs de la composition architecturale. Ils sont le lieu de résolution de décisions de trois ordres : structurel (transfert de charges souvent importantes), constructif (diversité des techniques de liaison, rattrapage des tolérances dimensionnelles et des mouvements différentiels de la structure), plastique (l'ornementation, ou plus simplement la dimension esthétique de l'édifice, est traditionnellement concentrée aux lieux de changement de nature structurelle des éléments le composant, c'est-à-dire aux liaisons). Les exemples présentés dans ce chapitre peuvent servir de guide à la définition de nouvelles solutions, en particulier du point de vue des deux premiers paramètres.

La construction en acier consiste, de manière schématique, à assembler des éléments industriels, standardisés, dont la longueur, théoriquement la plus importante possible, est limitée par les contraintes de fabrication, de schéma statique des structures, de transport, de levage sur le chantier. La préfabrication des éléments est donc quasi totale ; c'est au demeurant en ceci que la construction en acier diffère radicalement de la construction en béton, où préfabrication et standardisation sont, en dernière analyse, rares.

Dès lors, les assemblages — les nœuds — sont dans le projet en acier le lieu d'une triple résolution :

— Structurelle

Dans un volume réduit, il s'agit de faire transiter des efforts souvent très importants.

— Constructive

Les techniques d'assemblage, diverses (boulonnage, soudure, chapes et axes), doivent être adaptées au problème posé ; c'est dans les nœuds que sont absorbées les variations dimensionnelles de l'édifice (liées à son utilisation, aux différentes températures et surtout aux tolérances de réalisation).

— Visuelle

Celle-ci dépend bien sûr de la possibilité ou non — pour cause de protection contre le feu ou la corrosion — de montrer directement ou indirectement (comme dans la Banque de Hong Kong et Shanghai de Foster ou à l'aéroport du Kansai par Piano) la structure de l'édifice, ou de la masquer complètement (comme dans l'Institut du

monde arabe). D'un point de vue didactique, l'aspect des assemblages permet de suggérer le mode de fonctionnement de la structure d'un bâtiment.

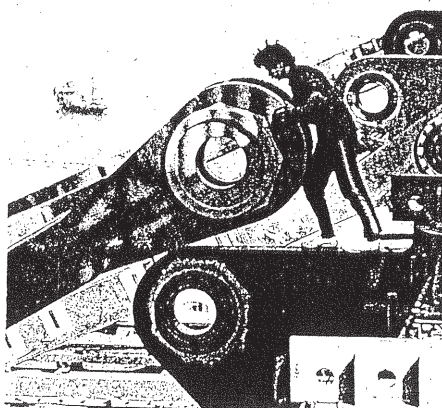
D'un point de vue plastique, la conception et la réalisation des assemblages permettent de faire apparaître la dimension artisanale

ou manufacturière de la construction en acier. L'assemblage, qui peut faire appel à des techniques très variées — telles que le moulage, l'usinage, le forgeage... —, peut alors devenir le phénomène marquant d'un bâtiment (comme au Centre Georges-Pompidou). Il exprime tout à la fois l'inventivité de l'équipe de conception et le savoir-faire de l'équipe de réalisation, la nécessité de convergence entre le design et la mise en œuvre.

Rappelons enfin que, traditionnellement, l'ornementation était concentrée là où les parties d'un bâtiment changent significativement de nature : entre mur et toit, entre mur et plancher... ou entre deux types d'élément structurel : entre poutre et poteau, entre poteau et sol... Elle s'inscrivait donc dans les interfaces entre éléments dissemblables du tissu constructif : à l'origine, les éléments ornementaux étaient issus d'une nécessité constructive.

Dans le droit-fil de cette tradition, l'essentiel de l'ornementation et de l'articulation dans l'architecture du XX^e siècle s'exprime dans l'attention portée aux jonctions entre éléments préfabriqués...

C'est ainsi que la mise en forme soignée des goussets, des raidisseurs, la composition des groupes de boulons ou de soudures, les convergences des diagonales de contreventement et les assemblages de tirants ont pris une importance critique, d'un point de vue non seulement structurel, mais aussi ornemental, en servant d'expression aux véritables moyens de la construction.



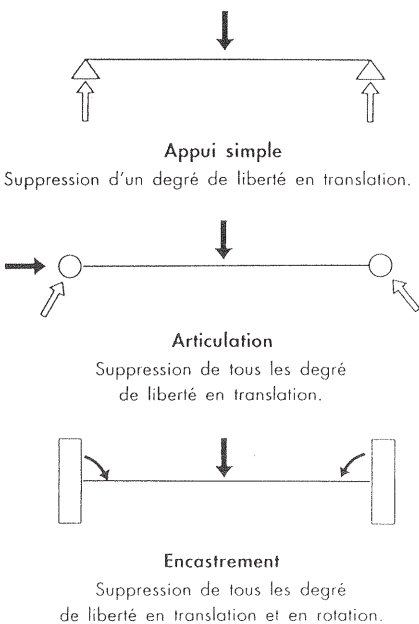
Spectaculaire montage d'un assemblage par axe dans la Banque de Hong-Kong et Shanghai due à Foster, très haut au-dessus de la mer et de la baie

Trois grandes catégories de liaisons

L'élaboration d'une structure, quelle que soit sa complexité, implique en général un assemblage d'éléments de base, soit produits directement dans les aciéries, soit réalisés dans les ateliers de constructions métalliques.

Dans la pratique, le nombre de types d'assemblage, appelés également liaisons, est très important; chacun d'entre eux a son propre comportement. Néanmoins, les études de résistance des matériaux ont conduit à dégager trois grandes catégories.

En effet, l'extrémité d'une membrure à assembler dispose *a priori* de six degrés de liberté dans l'espace : trois en translation (dans les plans horizontal, vertical et latéral) et trois en rotation (selon les trois mêmes



plans). La nature d'un assemblage est fonction du nombre de degrés de liberté qu'il supprime :

- appui simple (suppression d'un degré de liberté en translation) ;
- articulation (suppression de tous les degrés de liberté en translation) ;
- encastrement (suppression de tous les degrés de liberté en translation et en rotation).

Voir, dans la partie Mécanique, le chapitre Éléments de résistance des matériaux

Tous les cas intermédiaires sont envisageables, et se rencontrent effectivement dans les structures en acier. En effet, les technologies courantes permettent de réaliser des assemblages plus ou moins parfaits du point de vue de la suppression ou non des degrés de liberté. En pratique, on trouve donc de nombreuses solutions intermédiaires, qui réalisent les conditions théoriques dans un domaine de fonctionnement structurel limité, adapté aux conditions d'utilisation des structures.

L'emplacement des assemblages et leurs natures sont déterminés par :

- la géométrie de la structure ;
- les dimensions des éléments de construction à assembler ;
- les lois de la statique qui fixent la nature des liaisons pour assurer la stabilité de la structure ;
- les valeurs du moment de flexion : si un choix est ouvert, la liaison doit être placée dans les zones où le moment de flexion est minimal ou nul ;
- la technologie de liaison mise en œuvre.

● Assemblage par soudure

Ce mode d'assemblage est employé principalement en atelier et accessoirement sur le chantier. Il consiste à faire fondre les extrémités ou les surfaces de contact des éléments à assembler, avec ou sans apport de métal; la liaison est réalisée par la solidification du bain de fusion. En construction métallique, on utilise normalement le soudage à l'arc électrique avec apport de métal; le complément de métal est apporté par la fusion d'un fil de soudage.

● Assemblage par boulons

Les éléments à assembler sont percés ou poinçonnés selon un diamètre supérieur de 1 mm ou 2 mm à celui du boulon, pour reprendre les tolérances dimensionnelles. On emploie deux sortes de boulons :

- Boulons non précontraints, dits « normaux »

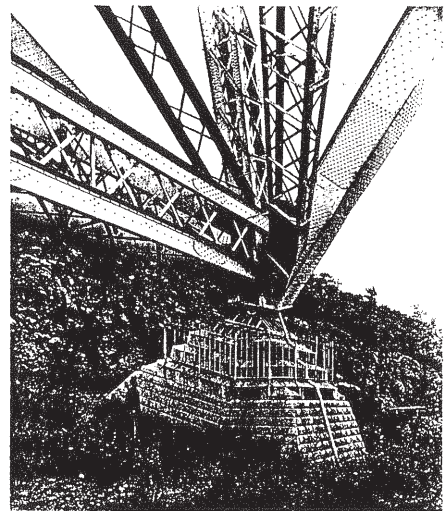
Ils travaillent soit en traction, soit au cisaillement. L'effort que peut reprendre un boulon travaillant au cisaillement est fonction du nombre de plans sollicités; c'est pourquoi existent les attaches à double éclisse.

Le serrage de ce type de boulon se fait soit manuellement avec une clé ordinaire, soit,

dans les préassemblages effectués au sol, avec une clé pneumatique. Ces boulons sont utilisés en atelier pour assembler entre elles des pièces élémentaires en vue de former des composants (par exemple, des équerres d'attache en bout de poutre ou de solive), ou sur le chantier, pour assembler les composants du bâtiment.

- Boulons à haute résistance et à serrage contrôlé (dits boulons HR)

Le serrage d'un boulon HR crée entre deux pièces une pression qui s'oppose au glissement entre celles-ci. Ce glissement est fonction du coefficient de frottement des pièces en contact. La précontrainte est créée par un serrage du boulon contrôlé à la clef dynamométrique jusqu'à la valeur figurant sur les plans de montage. Ce type de boulon est surtout utilisé sur les chantiers pour assurer la liaison de composants dans des assemblages sollicités à la fois par des moments de flexion et des efforts tranchants, par exemple dans les attaches d'une traverse de portique sur un poteau.



Le pied articulé d'une des arches du viaduc sur le Viour; gigantisme et milliers de rivets.

● Assemblage par rivets

Le rivetage à chaud a été pendant bien longtemps le principal moyen de liaison des pièces, jusqu'à son remplacement par la soudure et par le boulon HR. Il n'est pratiquement plus employé en atelier, mais l'est encore pour la restauration ou l'entretien d'ouvrages anciens.

Les assemblages

● Assemblage par axes

Une pièce cylindrique de fort diamètre, sollicitée en cisaillement et en flexion, traverse une série d'oreilles percées soudées sur les extrémités des membrures à assembler.



Le présent chapitre ne traite que des assemblages structurels. Cependant, les assemblages entre des éléments de bâtiment de nature différente — structure/enveloppe, enveloppe/composant, composant/structure — procèdent, dans une certaine mesure, des mêmes logiques fonctionnelles et constructives. Les assemblages présentés dans ce chapitre doivent être reçus comme des exemples : ils entendent apporter une aide à la conception de nouveaux modèles.

Les assemblages des poutres à âme pleine

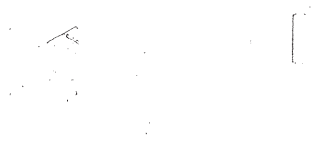
Aux intersections de deux poutres, la poutre secondaire transmet à la poutre porteuse, soit les efforts tranchants si l'assemblage est un appui simple, soit les efforts tranchants et les moments fléchissants si l'assemblage est un encastrement. Dans ce dernier cas, les membrures supérieures et inférieures sont reliées entre elles pour assurer la transmission des efforts de traction et de compression dus au moment fléchissant.

● Les assemblages résistant aux efforts tranchants (appuis simples)

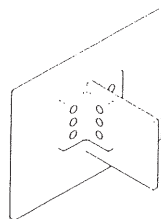
La transmission des efforts tranchants se fait par l'âme de la poutre. Il existe des pièces d'attache boulonnées et partiellement soudées permettant un assemblage par boulons sur le chantier ou des pièces d'attache totalement soudées.

Les exemples ci-contre illustrent des réalisations possibles de l'assemblage entre âmes.

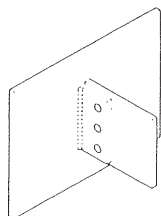
Si les deux poutres ont la même hauteur, on gruge les bords intérieurs et supérieurs de l'une des poutres à assembler (ci-contre).



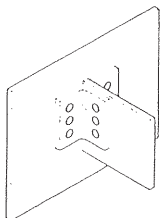
Grugeage des bords intérieurs et supérieurs de la poutre principale.



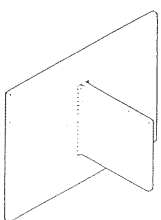
Par paire de cornières, la liaison est très fragile.



Par éclisse soudée sur l'âme de la poutre principale : la solive est liée par simple cisaillement. Si l'on utilise une paire d'éclisses, la liaison s'opère par double cisaillement.



Par platine soudée en bout de solive et boulonnée à la poutre principale.



Par soudage de la solive sur l'âme de la poutre principale.

Ces solutions d'assemblage sont techniquement parfaitement satisfaisantes. On peut cependant désirer exprimer architecturalement leur caractère, à savoir la discontinuité qu'ils confèrent à la structure.



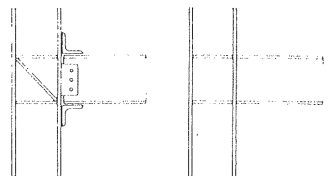
Ces deux assemblages sont tous deux articulés, mais celui de droite a un caractère plastique.

● Les assemblages résistant aux efforts tranchants et aux moments de flexion (encastresments)

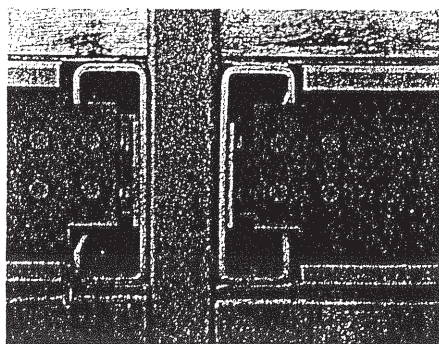
À la différence des quelques exemples que l'on vient de voir, ces assemblages doivent obligatoirement, pour transmettre des moments, relier entre elles les semelles des poutres à assembler.

L'encastrement peut être assuré par boulonnage d'éclisses ou par soudage.

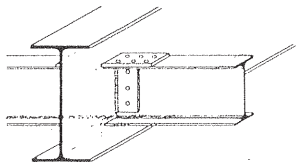
De même que dans le cas des appuis simples, certaines solutions permettent de mettre en valeur architecturalement le caractère de ces assemblages, à savoir la continuité de la structure qu'ils assurent.



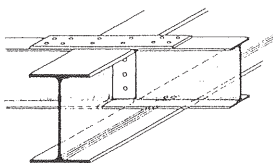
Ces deux assemblages assurent la même liaison rigide, mais celui de droite exprime mieux l'idée de continuité de l'encastrement.



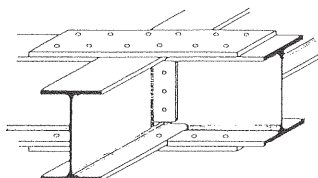
Assemblages boulonnés



Poutres de hauteurs différentes.

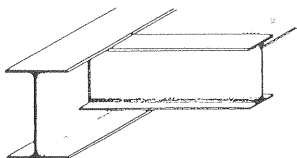


Membrures supérieures des deux poutres à la même hauteur.

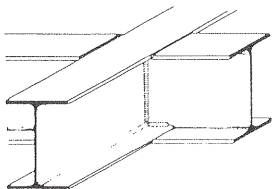


Poutres de même hauteur.

Assemblages soudés

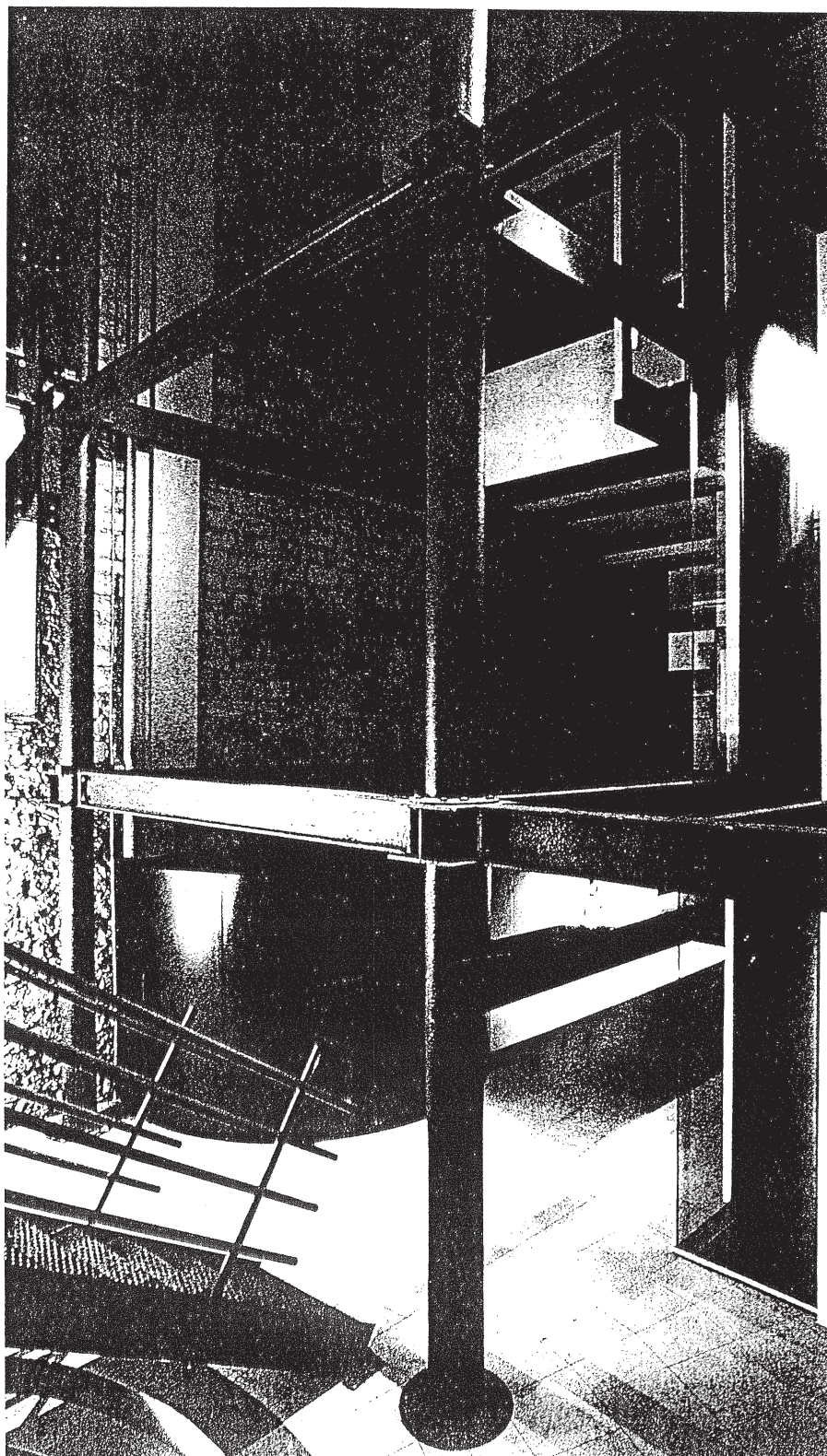


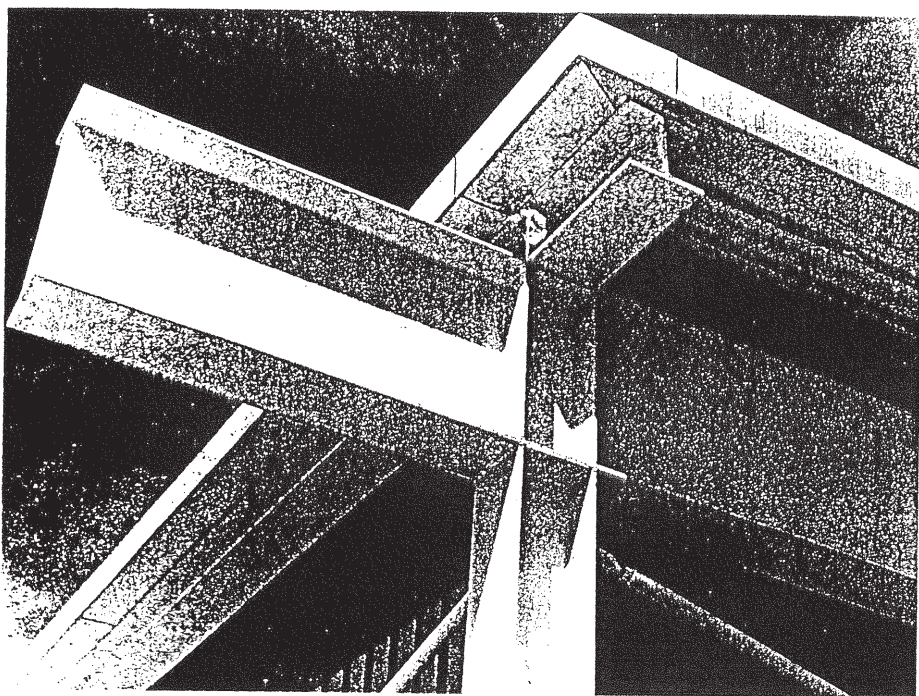
Poutres de hauteurs différentes.



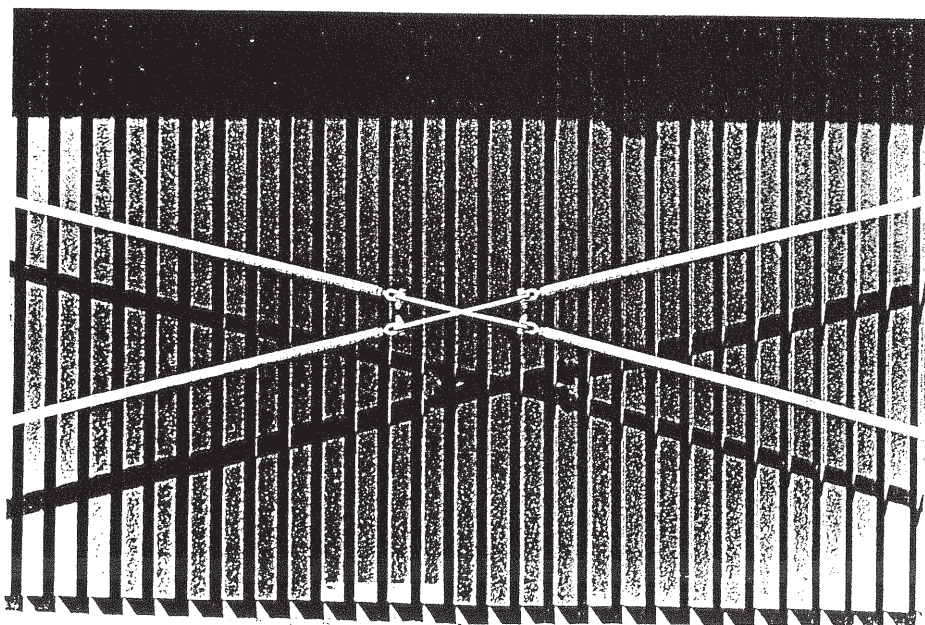
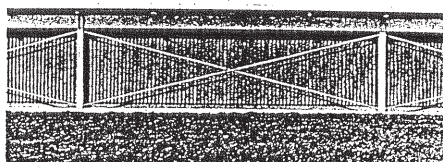
Poutres de même hauteur.

Éditions de publicité *Arga* (Harcourt, Harcourt, Paris, 1984). Les profils horizontaux sont boulonnés sur des poutres verticales aux angles en poteaux. Ceux-ci sont les seuls qui ont une forme de rectangle avec des





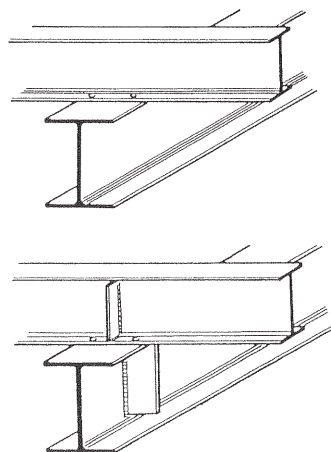
Usine Reliance Controls (Norman Foster, 1966) : encastrement poteau-poutre par soudure et poutres superposées en appui simple, avec un débord expressif ; contreventement vertical par tirants en croix de Saint-André.



● Les poutres superposées

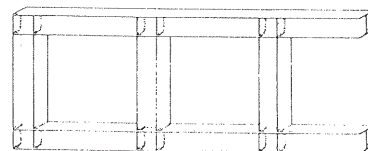
Ce type d'assemblage est le plus simple qui soit, en termes de fabrication comme de montage. Ce procédé, au demeurant courant surtout dans la construction en bois, a l'avantage de permettre la lecture aisée de la hiérarchie de la structure. S'il dégage de grandes hauteurs pour le passage des canalisations, il est en revanche peu économique en espace et exige une grande épaisseur de plancher.

Pour la reprise des grands efforts, les poutres sont renforcées par des raidisseurs d'âme (schéma du bas).



● Les poutres Vierendeel

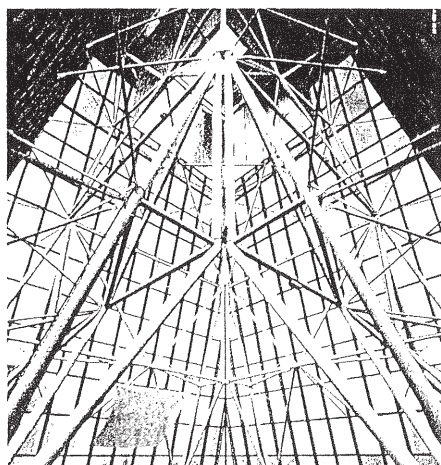
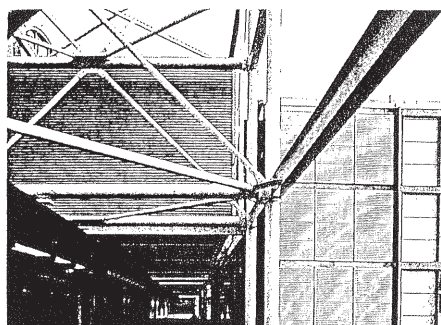
Bien que ressemblant à une poutre-treillis, la poutre Vierendeel n'est composée que de membrures et de montants, sans diagonale.



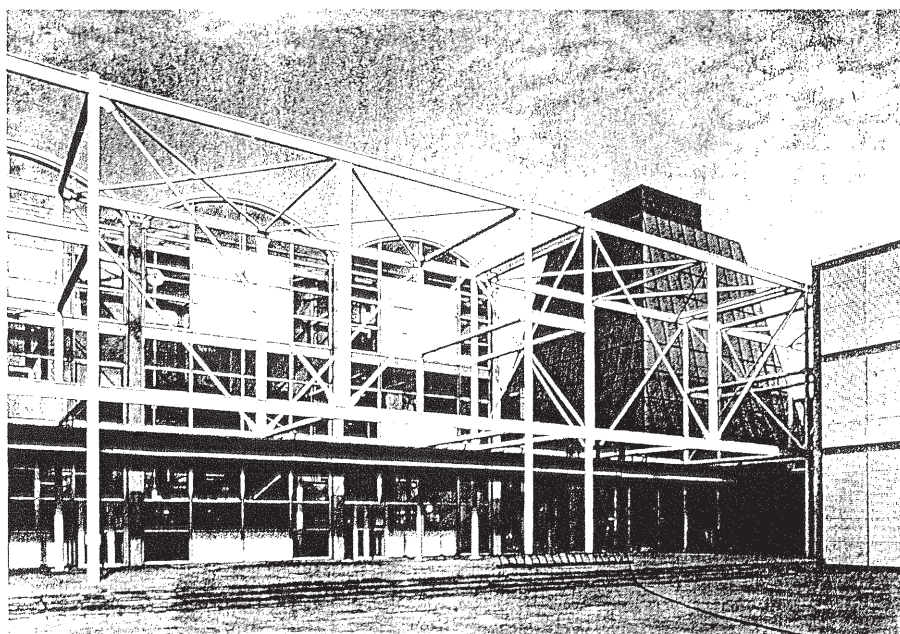
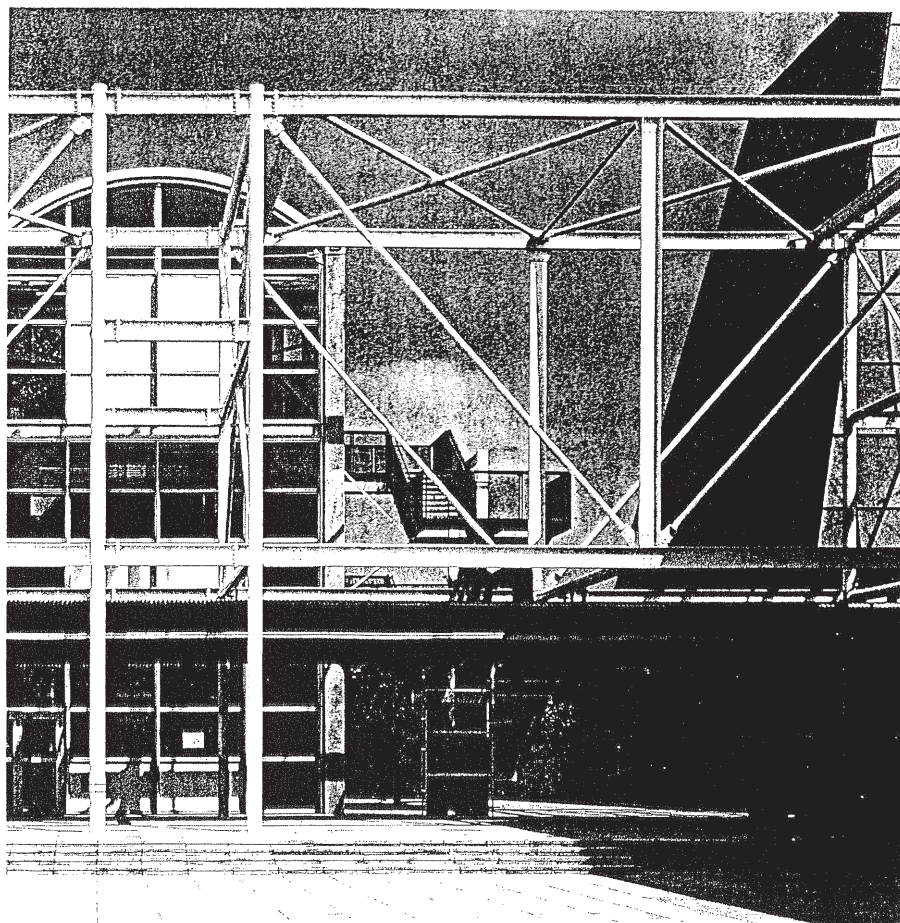
Poutre Vierendeel légère reconstituée par soudage de profils HE et d'ailettes, pour supporter des charges faibles.

Les membrures et les montants sont soumis à des efforts normaux, à des efforts tranchants et à des moments de flexion. Ce type de poutre est tout indiqué pour constituer des poutres de hauteur d'étage ou pour le passage de canalisations importantes.

Le centre universitaire Saint-Louis (B+FL, Cuno Brüllman et Arnaud Fougeras-Lovergnolle, architectes, Cergy-Pontoise, 1991) est distribué par une galerie transversale, longue poutre-treillis qui constitue un catalogue d'assemblages extrêmement simples (poteau-poutres, poutre-poutre, contreventements horizontal et vertical, poteau-sol).



La chénellette en forme de pyramide tronquée est constituée de modules, les modules appuient sur l'axe central, les modules sont reliés entre eux par des poutres horizontales et verticales.



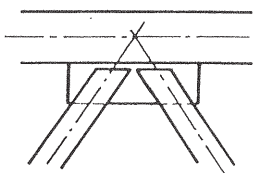
Les assemblages dans les poutres-treillis

Les poutres-treillis peuvent être considérées de deux points de vue :

— comme un assemblage de triangles élémentaires formés de membrures qui travaillent exclusivement en traction et en compression;

— comme une poutre évidée dans laquelle les membrures supérieures et inférieures transmettent le moment de flexion et les diagonales l'effort tranchant.

Il existe une variété considérable de poutres-treillis — configurations géométriques, types de membrure —, les permutations sont quasiment illimitées. La caractéristique principale des poutres-treillis est cependant de permettre de franchir des portées importantes à partir de sections élémentaires réduites. Aussi, ces structures apparaissent en général légères, physiquement comme visuellement. Les poutres-treillis peuvent être conçues pour toutes les charges et toutes les portées, depuis les poutres filigranées extrêmement légères jusqu'aux lourdes poutres de ponts.

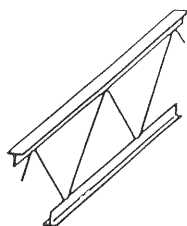


Les axes des barres convergentes à un nœud doivent se recouper en un seul point.

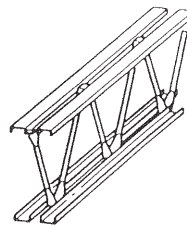
En général, les nœuds d'un treillis sont considérés comme des articulations. De ce fait, les barres ne supportent que des efforts normaux (traction ou compression) pour des charges appliquées aux nœuds. Lorsque des charges sont appliquées entre les nœuds des membrures, celles-ci supportent, en plus de l'effort normal, une flexion locale, à laquelle elles doivent résister.

L'existence de flexions locales tend à faire augmenter la section des membrures. Par ailleurs, des flexions peuvent également être générées par la mauvaise résolution géométrique de la transmission des efforts aux nœuds, ce qui est à proscrire.

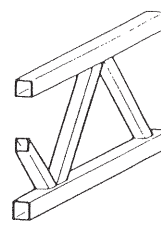
C'est pourquoi un grand principe doit être respecté : les axes des barres de treillis convergentes à un nœud doivent se recouper en un seul point.



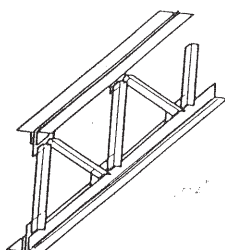
Treillis en ronds d'acier, liaisons soudées.



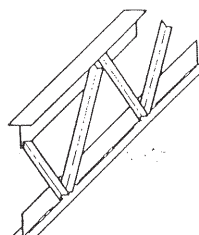
Profils légers (tôles minces pliées ou profilées à froid).



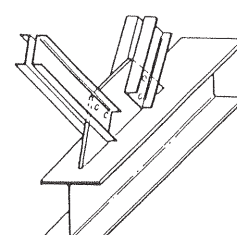
Profils creux rectangulaires soudés.



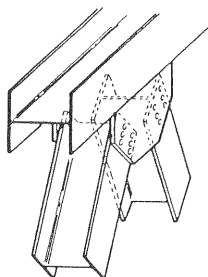
Treillis en cornières assemblées avec des goussets boulonnés ou soudés.



Diagonales soudées directement à l'âme des membrures.



Membrures en profils IPE ou HE boulonnés sur gousset soudé.



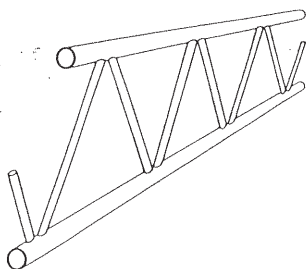
Gousset soudé sur la membrure et boulonné sur les diagonales.



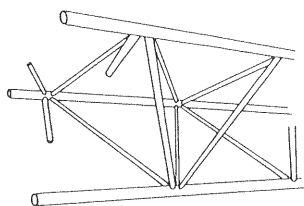
Les treillis en profils creux rectangulaires de la structure du gymnase de Montargis (Eric Dubosc et Marc Landowski, 1990) sont apparents à l'intérieur et à l'extérieur de l'édifice, dont ils traversent l'enveloppe transparente en acier.

● Les ossatures en profils creux

Lorsqu'elles sont exposées à l'extérieur des édifices, les structures en tubes présentent l'avantage, par rapport à celles en profils laminés, de ne pas créer de zones où pourraient s'accumuler eau et poussières, qui sont des sources potentielles de corrosion.



Poutre-treillis plane.



Poutre à trois membrures.

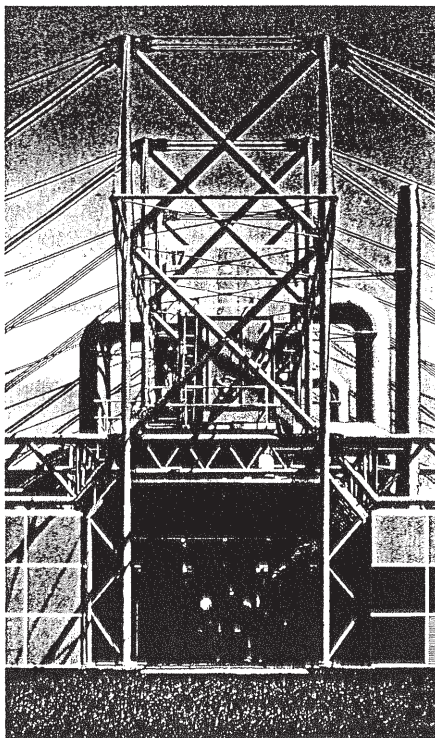


Nœud de tubes soudés.

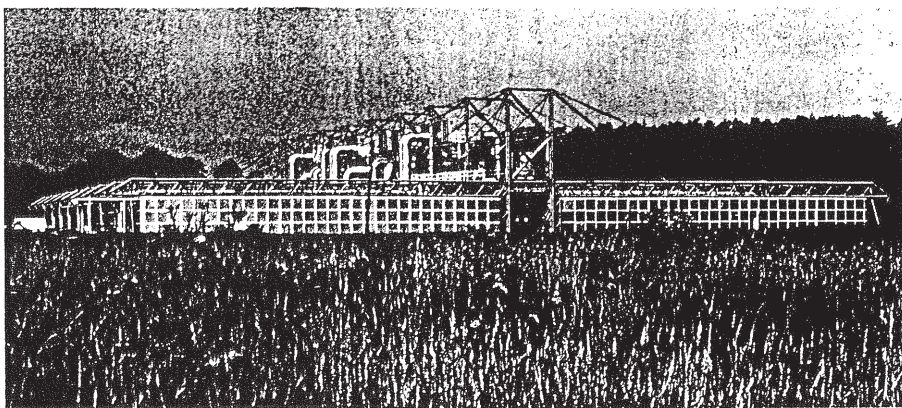
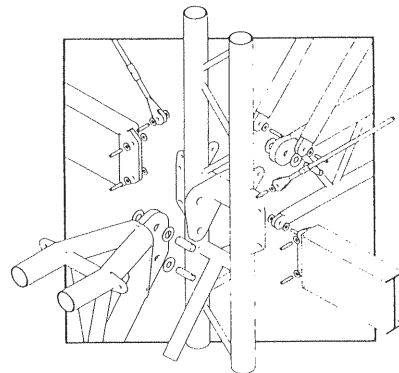
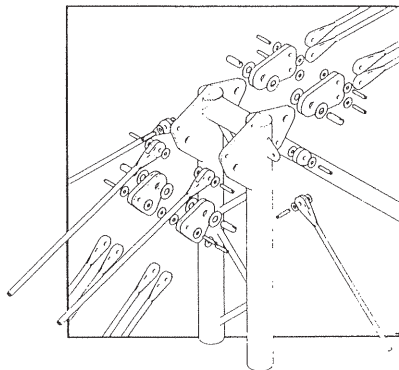
Les tubes d'acier sont fabriqués avec plusieurs épaisseurs de paroi pour les mêmes dimensions extérieures.

Les membrures et les barres peuvent ainsi être adaptées aux exigences aussi bien esthétiques que statiques.

Les nœuds entre tubes sont soudés entre eux ou à une pièce d'assemblage moulée ou mécano-soudée.



L'usine Inmos à Newport (Richard Rogers, 1982) est suspendue à une série de mâts. Les éléments, majoritairement tubulaires et ronds, sont assemblés par des liaisons à axe et chape étudiées par l'architecte avec l'ingénieur Anthony Hunt.

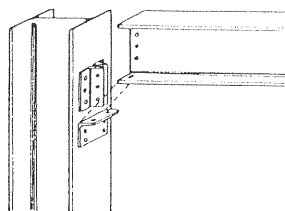


En haut, détail d'assemblage des tirants de suspension en tête de mâts et de la liaison avec les poutres-treillis horizontales.

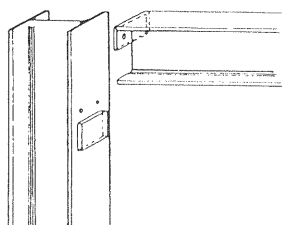
Les assemblages

Les assemblages poteaux-poutres

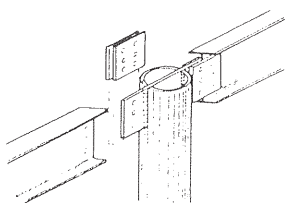
Les assemblages de poutres aux poteaux transmettent à ces derniers des forces et/ou des moments. En construction métallique, ces assemblages réalisables avec des moyens simples sont porteurs immédiatement après le montage et réglables ultérieurement.



Tasseaux et éclisses en cornières boulonnées



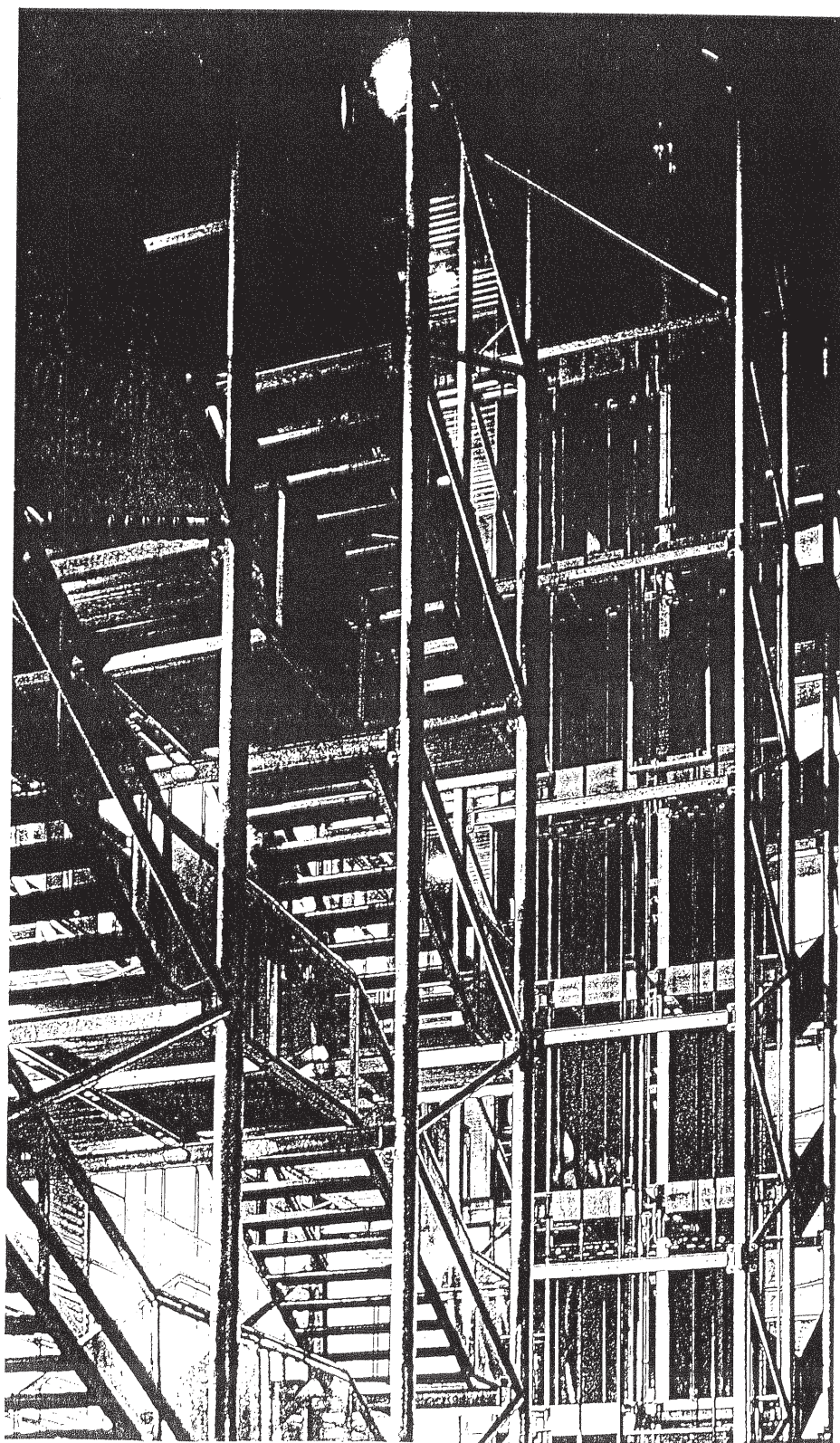
Tasseaux soudés et plaque d'about



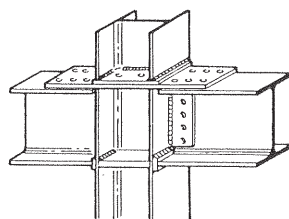
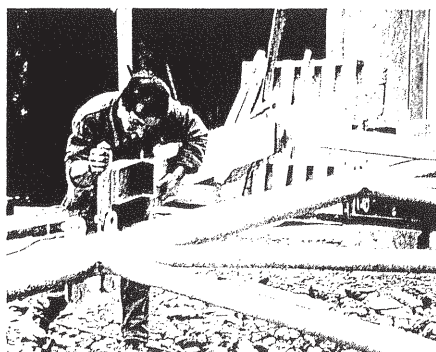
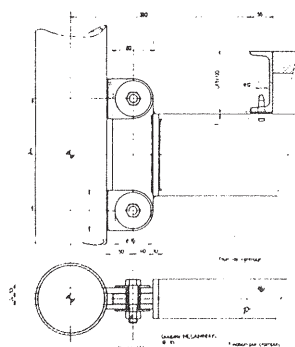
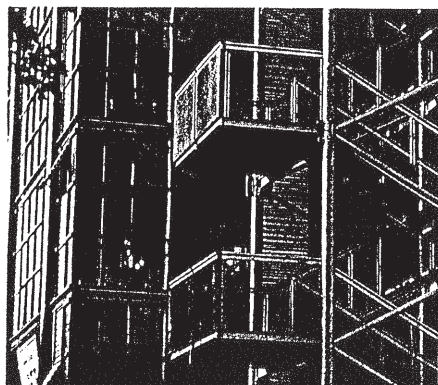
Le démontage sur un poteau tubulaire

● Les assemblages de poutres à travée unique

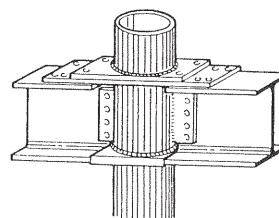
Les poutres sont considérées comme reposant en appui simple sur le poteau. Lorsque seul le effort tranchant de la poutre agit, celui-ci glisse dans le poteau et qu'il ne supporte aucun moment. Il est possible de monter et démonter ces poutres.



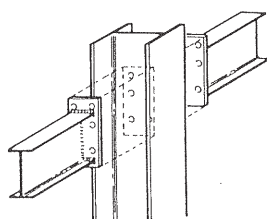
Les assemblages de la structure en acier galvanisé de l'escalier extérieur de l'extension de l'Ecole spéciale d'architecture à Paris (B+FL, 1988) sont à la fois simples et peu onéreux, grâce à de minutieuses études. Des pièces de liaison sont soudées en usine aux tubes des poteaux. Elles sont boulonnées sur le chantier aux profils en I horizontaux qui supportent les passerelles.



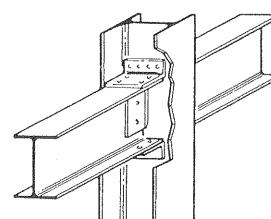
Transmission des efforts de traction dans la membrure supérieure de la poutre par éclisse tendue.



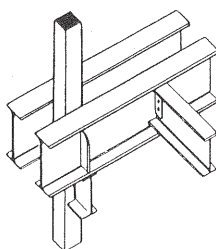
Même configuration que ci-contre, adaptée à un poteau tubulaire.



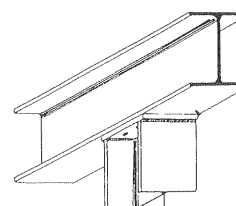
Transmission des moments fléchissants des poutres par des plaques d'about soudées.



Eclisse soudée et cornière boulonnée.



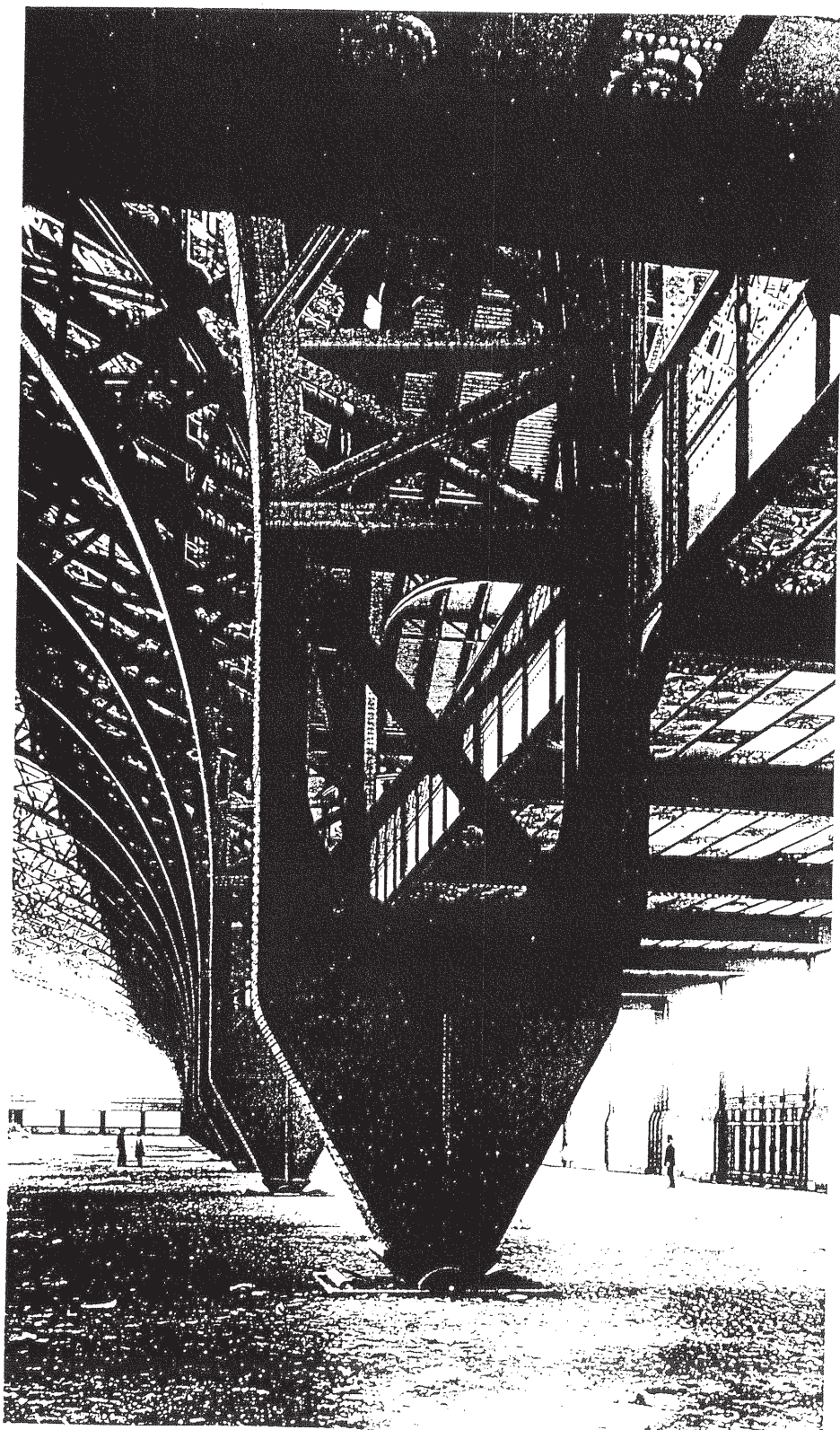
Poteau carré plein avec consoles soudées en profils IPE supportant deux poutres principales continues.



Poutre continue boulonnée à une platine soudée sur un poteau.

● Les assemblages de poutres continues

Les poutres sont considérées comme encastrees sur le poteau. Ici encore, certaines configurations d'assemblage permettent de mettre en valeur le caractère de la structure, à savoir sa continuité. Bien d'autres types de liaisons poteaux-poutres sont possibles, dont on trouve quelques exemples dans les réalisations présentées dans ce chapitre.

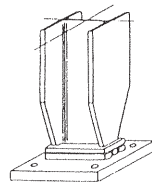


Les assemblages dans les portiques

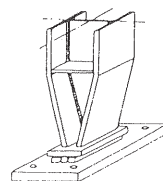
Un portique est une structure rigide constituée par deux poteaux et une traverse liés par des encastremements. Poteaux et traverses peuvent eux-mêmes être constitués de treillis. La traverse peut être droite, brisée ou courbe. En construction métallique, afin d'éviter des fondations trop lourdes et onéreuses, les pieds de portiques sont généralement des articulations. Lorsque le pied de portique est encastré, les solutions retenues sont les mêmes que celles présentées *infra* pour les pieds de poteaux.

● Articulations en pied de portique

De nombreuses configurations de rotules sont possibles.



Rotule linéaire dans le sens de l'âme du poteau en profil HE.



Rotule linéaire dans le sens des ailes (rapprochées pour concentrer les charges) du poteau en profil HE.

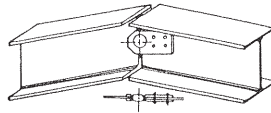


Concentration des efforts du poteau en caisson par soudage d'une âme dans l'axe de la rotule linéaire

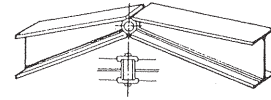
Paris, 1889 : la gale des machines, une file de spectaculaires articulations au pied de portique. À noter que la tringle des deux semi-portiques est supportée par une

● Articulations au faîtage de deux semi-portiques

Cette configuration se rencontre dans nombre de grandes halles bâties au tournant de notre siècle (galerie des Machines à Paris, halle Tony-Garnier à Lyon...).

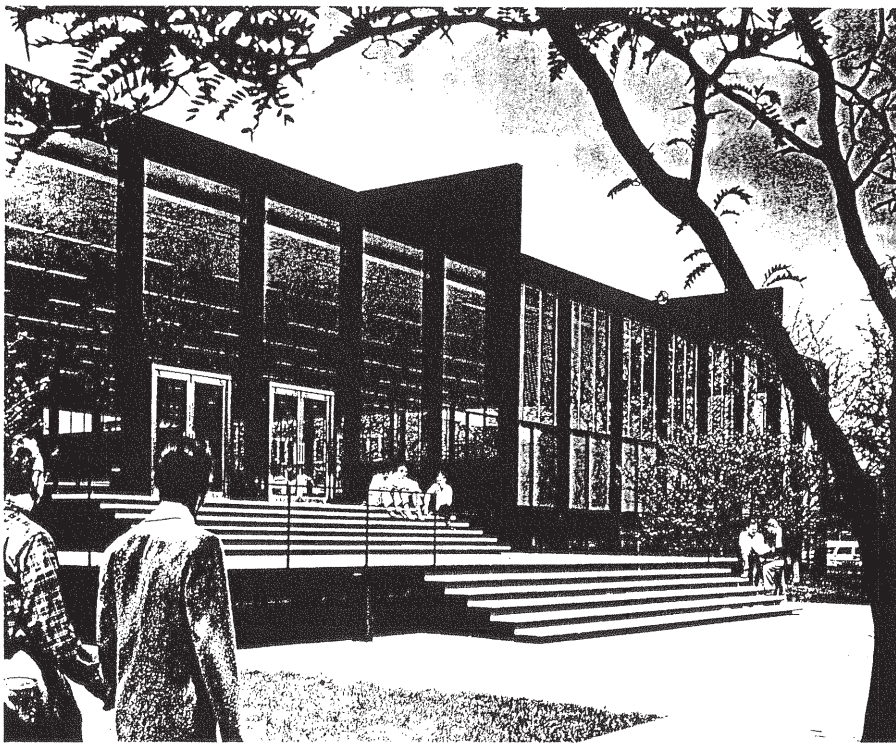


Rotule formée par un axe passant à travers deux éclisses boulonnées.



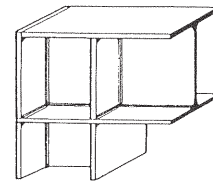
Rotule formée par un axe libre dans deux coquilles cylindriques soudées avec un capuchon.

Chicago, 1956, Mies Van der Rohe : le Crown Hall, un classique du portique encastré.

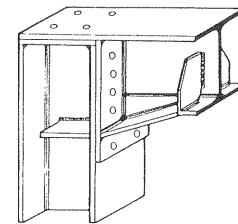


● Encastrements aux angles d'un portique

Quelle que soit la portée du portique, cette solution est très courante, de Mies Van der Rohe à Jourda et Perraudin, en passant par Norman Foster...

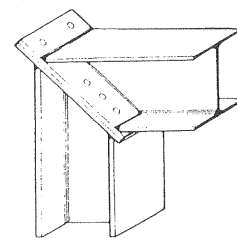
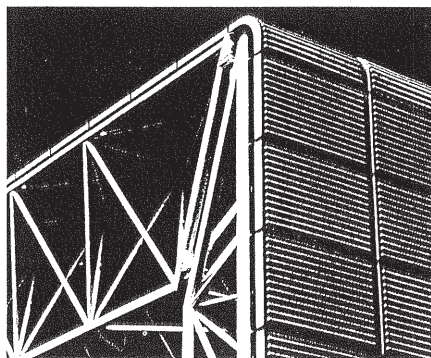


Angle entièrement soudé.



Augmentation de la section de la poutre par découpage de l'âme et insertion d'un coin en tôle pour résister à des moments très importants.

Norwich, 1978, Norman Foster : le Centre d'arts plastiques Sainsbury, autre grand portique, en treillis de tubes celui-ci. La poutre est liée au poteau par le boulonnage de pièces présoudées, créant ainsi un encastrement.

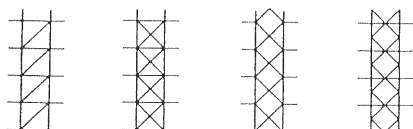


Poteau et poutre coupés de biais.

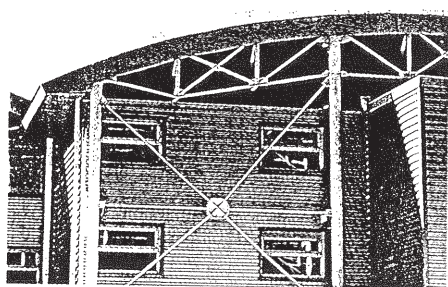
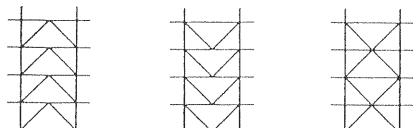
Les assemblages dans les treillis verticaux ou horizontaux de contreventement

● Treillis verticaux

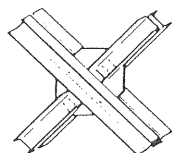
Les treillis verticaux de contreventement sont un moyen économique et efficace de raidir les bâtiments à ossature métallique. Les axes des diagonales doivent passer par l'intersection des axes des montants et des traverses. Les assemblages exécutés produisent des moments supplémentaires dans les barres de treillis. Les diagonales doivent, autant que possible, former avec la membrure un angle sensiblement compris entre 30° et 60° .



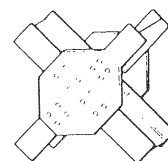
Quelques formes courantes de contreventement.



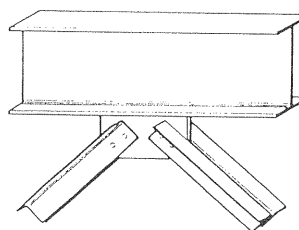
Le contreventement de tirants en croix de Saint-André apparaît au-devant des façades tout acier des logements réalisés en 1992 par Anne et Denis Sloan à Moutiers.



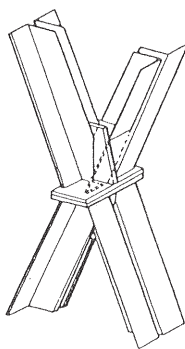
Diagonales formées par deux profils en C, boulonnées sur un gousset.



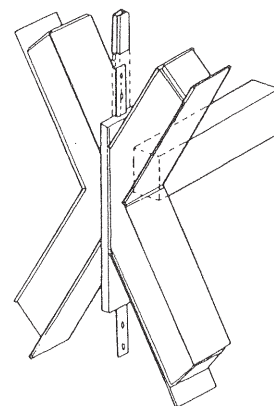
Diagonales en profils standard boulonnées sur deux goussets.



Diagonales attachées à une solive.



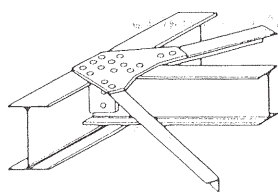
Ossature en treillis vertical.



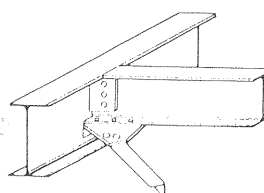
Treillis vertical devant une façade. Les diagonales réalisées en caissons soudés sont soudées à un gousset.

● Treillis horizontaux

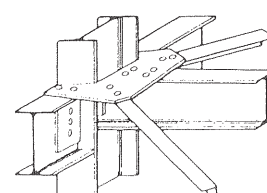
Les membrures des contreventements horizontaux sont, en général, les poutres de plancher ou les poutres principales de la structure porteuse de plancher. Elles disparaissent donc le plus souvent à l'intérieur de celui-ci et ne sont que rarement visibles.



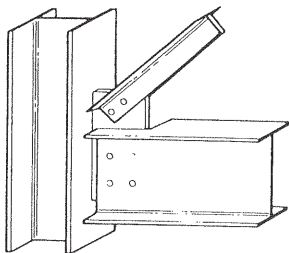
Contreventement dans le plan des membrures supérieures.



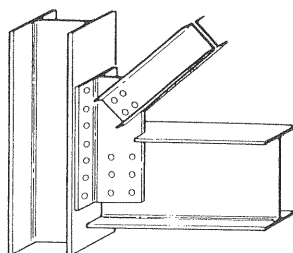
Contreventement dans le plan de la membrure inférieure.



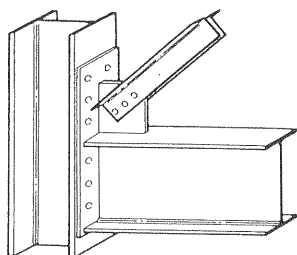
Assemblage d'un gousset boulonné.



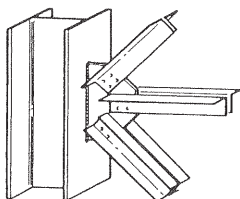
Gousset soudé au poteau en pied de diagonale.



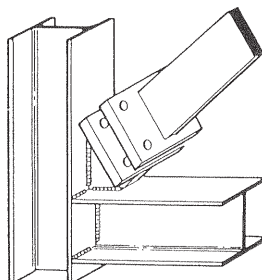
Tronçon de profil boulonné pour servir d'élément d'assemblage.



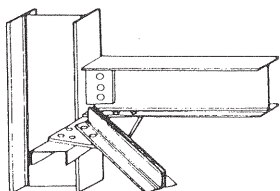
Gousset soudé à la poutre et à une plaque d'about en pied de diagonale.



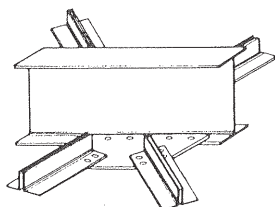
Gousset soudé au poteau sur lequel sont boulonnées des barres légères.



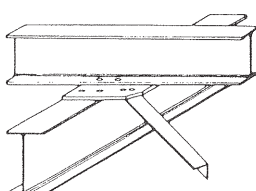
Diagonale en fer plat soudée à une plaque d'about à laquelle correspond une plaque d'about soudée au poteau.



Assemblage par gousset et cornière.

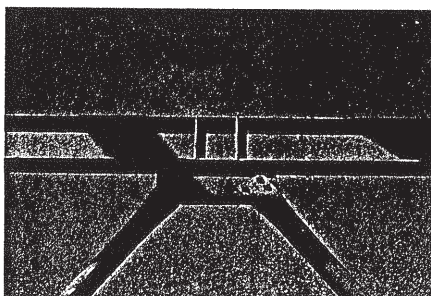
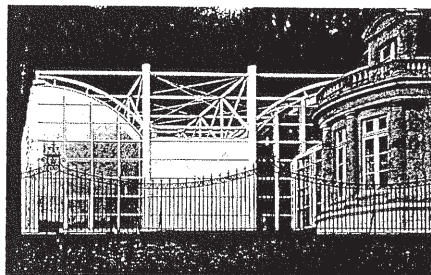


Croisement des barres de contreventement



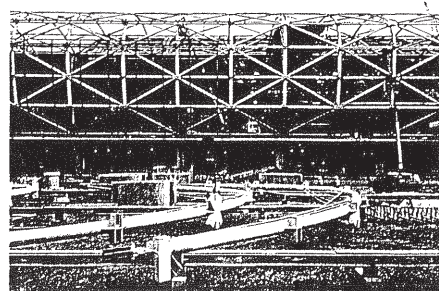
Contreventement réalisé avec deux poutres superposées.

L'extension du musée de la toile de Jouy (B+FL, 1991) est réalisée en treillis de tubes peints en blanc. Les contreventements horizontaux et verticaux en ronds mis en tension par des ridoirs sont apparents.



Barres de contreventement boulonnées sur un gousset au droit d'une poutre continue renforcée par ailettes.

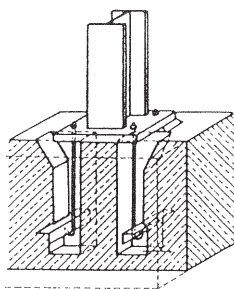
Les arcs de la structure de l'aéroport du Kansai (Renzo Piano) : au sol, on distingue l'amorce soudée en usine des contreventements en X qui seront assemblés par la suite.



Les assemblages poteaux-sol

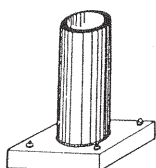
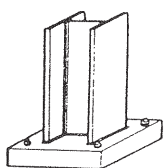
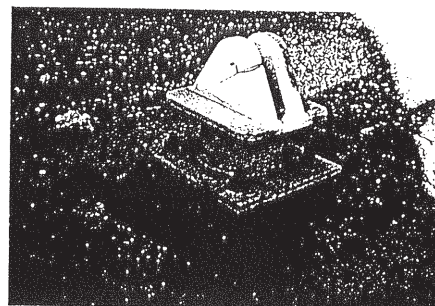
Les contraintes admissibles étant beaucoup plus élevées pour l'acier que pour le béton, les efforts concentrés à la base des poteaux doivent être répartis sur une assez grande surface afin que la pression exercée sur les fondations en béton ne dépasse pas les limites admissibles.

Pour cette raison, des plaques d'assise en acier sont placées sous les poteaux. Ces plaques peuvent elles-mêmes nécessiter des raidisseurs pour assurer une distribution uniforme des pressions d'appui.

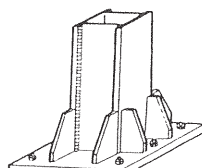
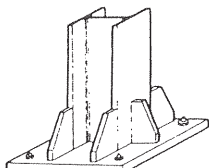


Ancrage dans les fondations.

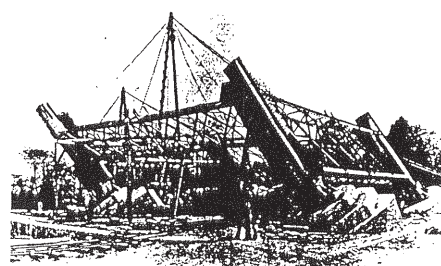
Assemblage articulé d'un poteau avant que la platine ne soit fondée.



Plaques d'assise sans raidisseur.



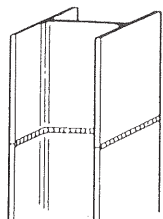
Plaques d'assise avec raidisseur.



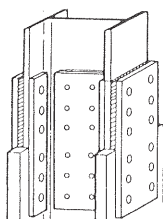
1889, Paris : pied de la tour Eiffel.

L'assemblage des poteaux

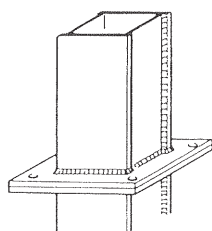
L'aboutement de deux tronçons de poteau est appelé joint. Pour faciliter le montage, on apporte sur le chantier des tronçons de poteau de la longueur maximale autorisée par le transport. Leur aboutement s'effectue par des joints de montage.



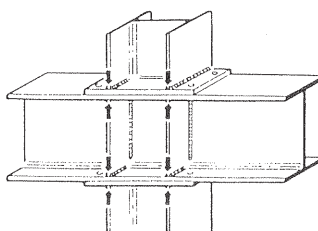
Soudage bout à bout des tronçons.



Joint par éclisses boulonnées.



Joint par plaques d'extrémités soudées.



Croisement de poutre et poteau.

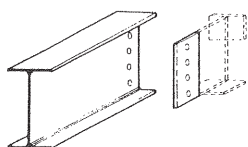
Assemblage par axe dans l'aéroport du Kansai.
Au premier plan, amorce soudée en usine de la structure secondaire.



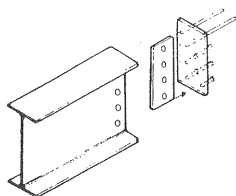
Attaches entre poutre métallique et paroi de béton

L'attache d'une poutre métallique doit, en général, être porteuse dès la mise en place de la poutre. Le montage peut s'effectuer:

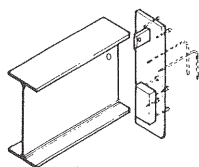
- à l'aide de pièces d'attache formant console noyées dans le béton;
- à partir de platines noyées dans le béton sur lesquelles des voiles de liaison sont soudés à la demande;
- en engageant les abouts de poutres dans les logements réservés dans le béton avec dispositifs d'appui.



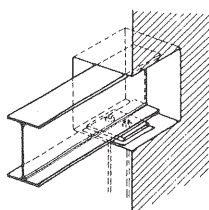
Scellement dans le béton des pièces de fixation par boulonnage.



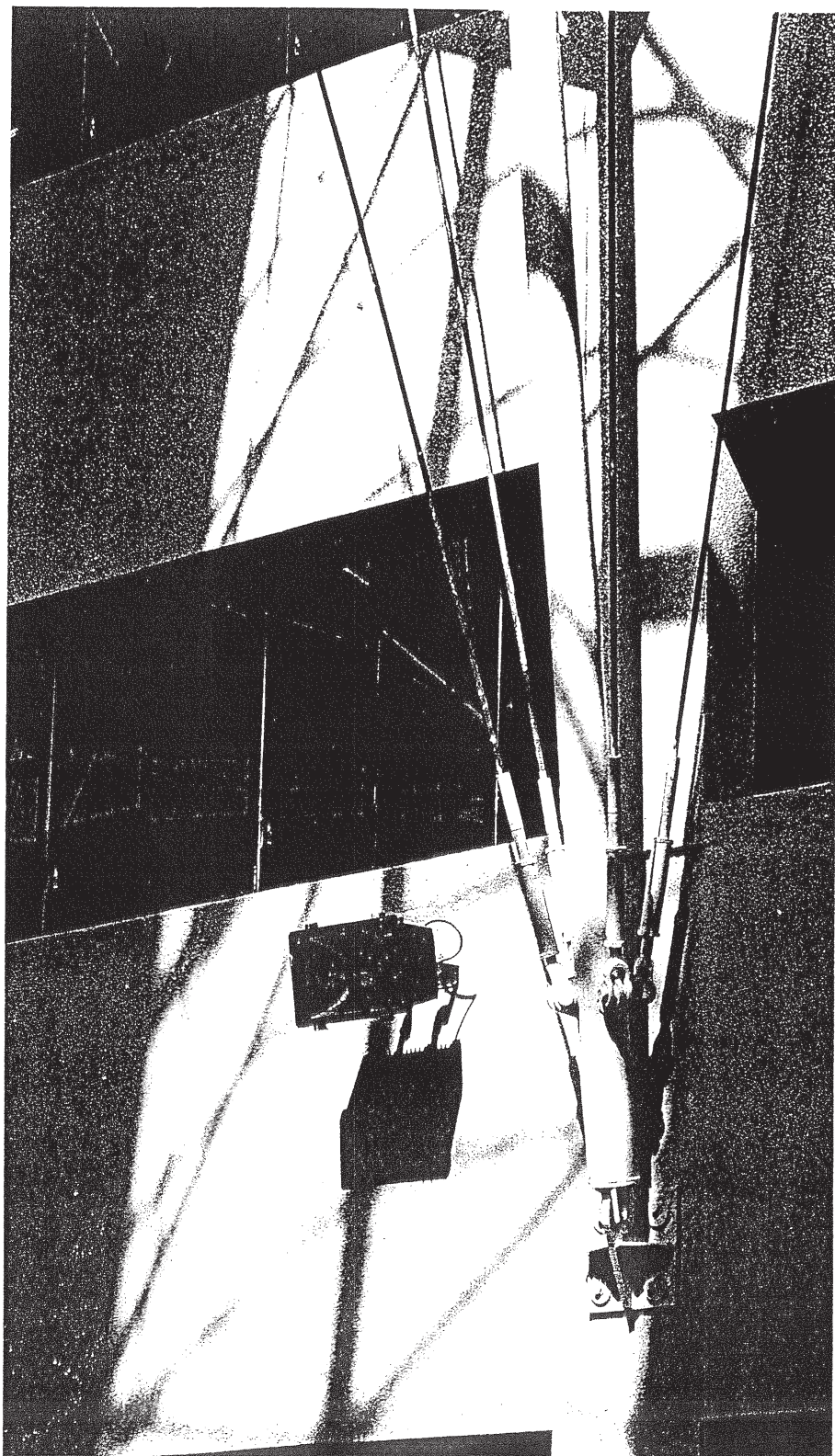
Éclisse soudée sur platine.

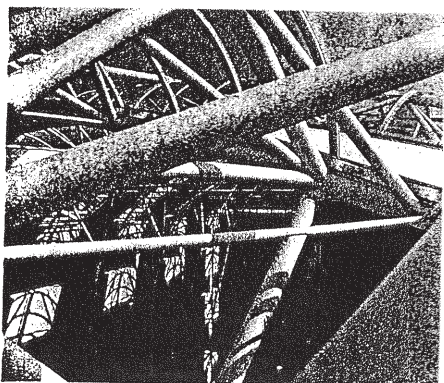


Montage avec corbeau.

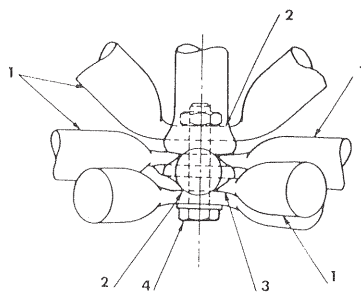
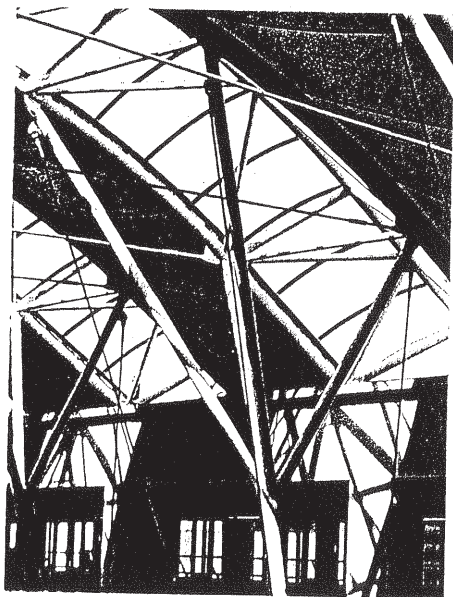
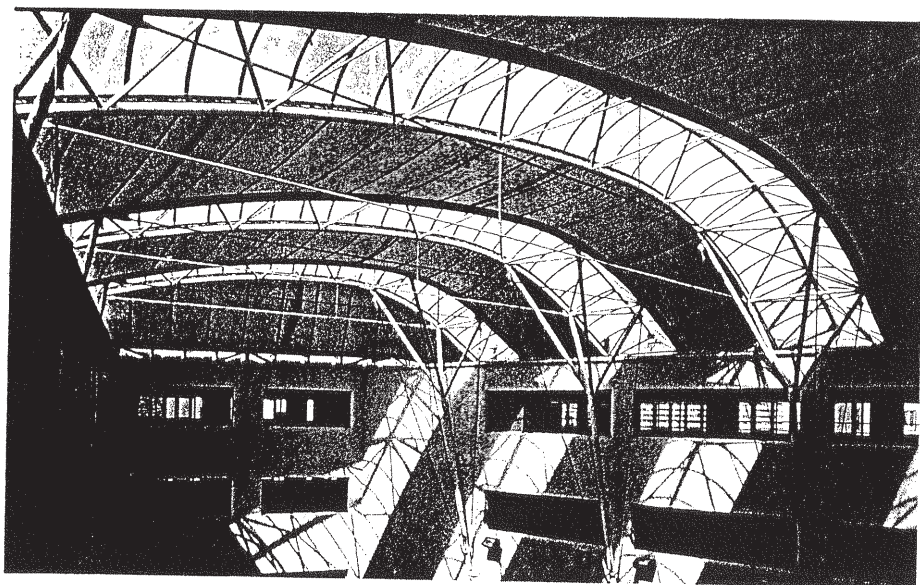


Fixation dans un logement réservé dans le béton.





L'atrium central du siège de la société Bull à Paris (Denis Valode et Jean Pistre, 1989) est couvert par une structure portant des bandes vitrées et des lés de toile tendue. L'ossature de tubes ronds en arbre est articulée à des platines fixées aux murs latéraux et tenue par des câbles tendus.



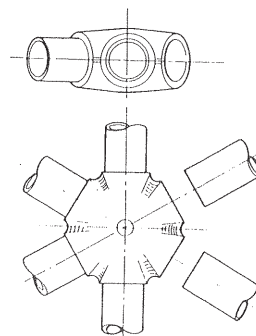
Système Saiton
1 parties courantes
2 méplats
3 zone de raccordement
4 boulon de fixation

Nœuds dans les structures spatiales

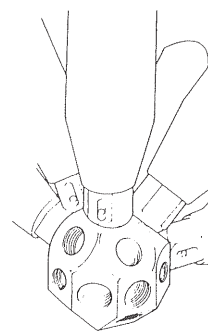
Le problème des nœuds ou assemblages est primordial dans la réalisation des structures spatiales. En général, le nœud doit être une articulation. Ainsi, si le chargement est appliqué aux nœuds de la structure, toutes les barres travaillent en traction ou en compression. Chaque assemblage doit :

- résister aux forces exercées par les barres ;
- assurer la convergence en un point de toutes les barres arrivant au nœud ;
- permettre éventuellement le changement d'une barre lorsque le montage de l'ensemble de la structure est terminée ;
- autoriser la reprise des tolérances.

La difficulté de réalisation d'un nœud apparaît essentiellement pour les structures à nappes multiples, dans lesquelles les barres aboutissant à un nœud ont des orientations très différentes. Pour les structures à une seule nappe, quelle que soit la courbure, à un nœud, les barres sont sensiblement dans un même plan. Dans la pratique, il existe un très grand nombre de type de nœuds, industrialisés ou non. ■



Système tridimensionnel Stéphane du Château.



Nœud Tâcher