

Constructions métalliques

Moyens d'assemblage

par **Jean-Pierre MUZEAU**

Ancien élève de l'École Normale Supérieure de Cachan

Docteur d'état ès Sciences Physiques

Professeur des Universités

Responsable du Département Génie Civil du CUST, Institut des Sciences de l'Ingénieur de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand

1. Contexte	C 2 520 - 2
2. Classification.....	— 2
3. Combinaison de procédés différents dans une même attache...	— 2
4. Coefficients partiels de sécurité	— 3
Pour en savoir plus.....	Doc. C 2 523

Si le rivetage a longtemps été le procédé de prédilection mis en œuvre pour assembler les éléments de constructions métalliques, les moyens les plus couramment utilisés actuellement sont :

- les boulons ordinaires ;
- les boulons à haute résistance et à serrage contrôlé ;
- le soudage.

Chacun d'entre eux correspond à un principe de fonctionnement mécanique différent.

Ces articles de Constructions métalliques présentent les différentes techniques existantes ainsi que d'autres procédés déjà utilisés dans d'autres pays européens ou en cours de mise au point. Les sous-titres sont les suivants :

- [C 2 520] « Moyens d'assemblage » ;
- [C 2 521] « Assemblages par procédés mécaniques » ;
- [C 2 522] « Assemblages par soudage » ;
- [Doc. C 2 523] « Pour en savoir plus ».

Dans ces articles on s'intéressera uniquement aux « assembleurs » élémentaires. Les assemblages considérés dans leur ensemble sont exposés dans d'autres articles et notamment dans :

- [C 2 551] « Composants métalliques tendus et comprimés » ;
- [C 2 552] « Composants métalliques fléchis. Description et schématisation ».

Les méthodes de calcul exposées sont celles recommandées dans la réglementation européenne prEN1993 (Eurocode 3) en respectant ses notations.

Ce premier article constitue une introduction aux articles suivants en présentant le contexte général, la classification des assemblages et les coefficients partiels de sécurité à utiliser.

1. Contexte

La construction métallique utilise principalement les moyens d'assemblages traditionnels que sont le boulonnage et le soudage. Si le rivetage a été le premier procédé mis en œuvre dans le passé, il n'est pratiquement plus utilisé aujourd'hui sauf dans le cadre de réhabilitation d'ouvrages anciens ou, en raison de son coût très faible, par quelques entreprises possédant encore l'outillage ; il reste néanmoins réservé à des éléments spécifiques et réalisés à l'atelier (petites poutres en treillis par exemple).

Soulignons que le terme « assembleur » est maintenant utilisé comme un terme générique désignant l'ensemble des moyens d'assemblage.

La fonction principale d'un assemblage est de **transmettre correctement des efforts** qui peuvent être très importants et qui sont le plus généralement statiques ou quasi-statiques (actions gravitaires, actions climatiques, charges d'utilisation à variations lentes) mais qui peuvent également être dynamiques (effets de chocs ou de séismes, vibrations, etc.).

La **ruine d'un assemblage** peut provenir :

- d'un dépassement des valeurs maximales des efforts à transmettre ou d'une mauvaise évaluation de ces efforts ;
- de phénomènes de fatigue sous sollicitations alternées (changement du signe des efforts) ou simplement modulées (plus ou moins grandes variations d'efforts de même signe).

Les **phénomènes de fatigue** sont à étudier tout particulièrement en cas de risque de rupture fragile qui peut dépendre de l'acier constitutif de la structure mais aussi des traitements subis lors de l'assemblage (écrouissage, effets thermiques lors du soudage, etc.). Dans ce type de rupture, interviennent aussi les contraintes maximales qui peuvent être très supérieures aux contraintes moyennes de calculs, en raison de concentrations de contraintes dues aux formes des assemblages (variations brusques de sections, trous, défauts de coupe, etc.), aux amorces de fissures ou micro-fissures dues à l'usinage ou à l'assemblage (cisailage, poinçonnement des trous, fissurations de cordons de soudure, etc.).

Même en l'absence de sollicitations de fatigue, la rupture fragile risque donc d'apparaître par **concentrations de contraintes**.

Au-delà d'un calcul de résistance généralement sommaire correspondant assez bien aux sollicitations statiques, la résistance d'un assemblage dépend toujours de la conception de l'attache et des conditions de fabrication, combinées avec des qualités du métal dépendant de sa composition chimique et de son élaboration (traitements thermiques passifs ou actifs). Ces considérations sont bien connues en soudage mais ne doivent pas non plus être oubliées pour d'autres modes d'assemblages (effets de vieillissement, par exemple).

Notons que le prEN 1993 (Eurocode 3) donne les définitions suivantes :

- **composant de base** (d'un assemblage) : partie d'un assemblage qui apporte une contribution identifiée à une ou plusieurs de ses propriétés structurales ;
- **attache** : emplacement où deux ou plusieurs éléments se rencontrent. Pour les besoins du calcul, assemblage des composants de base nécessaires pour représenter le comportement lors du transfert des sollicitations par l'assemblage ;
- **assemblage** : zone d'interconnexion de deux barres ou plus. Pour les besoins du calcul, ensemble des composants de base qui permettent d'attacher des éléments de telle sorte que les sollicitations appropriées puissent être transmises entre eux. Un assemblage poutre-poteau est composé d'un panneau d'âme et soit d'une seule attache (configuration d'assemblage unilatérale) soit de deux attaches (configuration d'assemblage bilatérale).

Les moyens d'assemblages entrent donc dans la catégorie des composants de base.

Soulignons enfin que la résistance d'un assemblage est toujours déterminée sur la base de la résistance individuelle de ses composants.

2. Classification

Les assembleurs utilisés actuellement peuvent être classés en deux grandes catégories :

- ceux qui permettent la transmission d'efforts par contacts mécaniques que nous rassemblons sous la dénomination de **procédés mécaniques** ;
- ceux qui assurent une continuité du métal aux joints et qui consistent en divers **procédés de soudage** autogène.

Les procédés faisant intervenir une cohésion entre matériaux hétérogènes (collages par exemple) ne sont pas analysés ici.

Les procédés mécaniques présentent, en général, l'avantage d'une réelle possibilité de démontage avec récupération intégrale des composants initiaux. Par contre, ils conduisent le plus souvent à des concentrations d'efforts au droit des contacts qui obligent à étaler l'assemblage avec interposition de pièces annexes (couvre-joints, cornières, fourrures, etc.). Cela alourdit sensiblement l'ossature et peut présenter des inconvénients pour les liaisons avec d'autres composants (second œuvre, équipement, etc.) ou pour l'exploitation.

■ Assemblages avec déplacements

C'est le cas des procédés mécaniques par contact (**boulons ordinaires** par exemple) lorsque ce contact se produit après un déplacement égal au jeu entre les pièces d'attache et les trous, plus une certaine ovalisation de ces derniers. Pour les boulons, les jeux varient normalement entre 1 et 3 mm, selon les diamètres.

Ces procédés d'assemblage ne peuvent donc être employés que si de tels déplacements sont acceptables, soit en une fois lors de la première mise en charge si les efforts sont toujours de même sens, soit de manière alternative si les efforts peuvent changer de signe.

■ Assemblages sans déplacement

D'autres assembleurs assurent des transmissions d'effort sans déplacement ou avec des déplacements extrêmement réduits. C'est le cas des attaches par frottement (**boulons précontraints**) ou par **soudage**.

3. Combinaison de procédés différents dans une même attache

En principe, il est conseillé d'éviter de combiner deux procédés différents dans une même attache. En effet, en raison de la nécessaire compatibilité de déformations, seuls les procédés sans déplacement sont susceptibles d'être combinés (les soudures et les boulons précontraints par exemple) mais à la condition que chacun d'entre eux transmette un type d'effort particulier sans que les déplacements correspondants troublent le fonctionnement des autres procédés.

4. Coefficients partiels de sécurité

Les coefficients partiels de sécurité à prendre en compte pour le calcul des assemblages sont donnés dans le tableau 1. En l'état actuel de la réglementation et en l'absence d'une Annexe Nationale publiée, les valeurs recommandées par le prEN1993-1-8 sont indiquées. Ces coefficients permettent de passer de la résistance caractéristique R_k à la résistance de calcul R_d :

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

Tableau 1 – Coefficients partiels de sécurité pour les assemblages		
Type de résistance	Coefficient partiel de sécurité	Valeurs recommandées
Résistance des sections transversales	γ_{M0}	1,0
Résistance des boulons Résistance des rivets Résistance des axes d'articulation Résistance des soudures Résistance des plaques en pression diamétrale	γ_{M2}	1,25
Résistance au glissement : — pour les attaches hybrides ou les attaches soumises à la fatigue — pour les autres situations de calcul	γ_{M3} γ_{M3}	1,25 1,25
Résistance en pression diamétrale d'un boulon injecté	γ_{M4}	1,0
Résistance des assemblages dans une poutre à treillis en profils creux	γ_{M5}	1,0
Résistance des axes d'articulation à l'état limite de service	$\gamma_{M6 \cdot ser}$	1,0
Précontrainte des boulons à haute résistance	γ_{M7}	1,1