

Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht

Band: 12 (1984)

Artikel: Assemblage poutre-colonne basé sur la technique du goujonnage

Autor: Maquoi, René / Rondal, Jacques

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-12195>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Assemblage poutre-colonne basé sur la technique du goujonnage

Verbindung von Stützen und Trägern mit Dübeln

Beam to Column Connection Derived from the Stud Technique

René MAQUOI

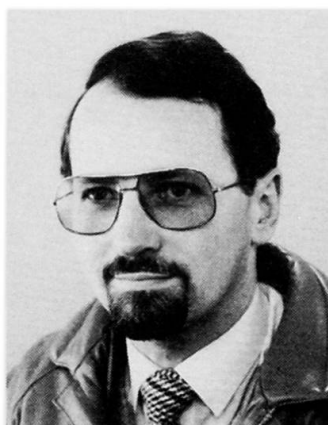
Chargé de Cours Associé
Université de Liège
Liège, Belgique



Né en 1942, R. Maquoi est ingénieur civil des constructions et docteur en sciences appliquées. Spécialisé en statique des constructions et en stabilité des structures métalliques, il est l'auteur d'environ 90 publications scientifiques et techniques.

Jacques RONDAL

Chargé de Cours
Université de Liège
Liège, Belgique



Né en 1944, J. Rondal est ingénieur civil des constructions et docteur en sciences appliquées. Spécialisé en dimensionnement optimal et en stabilité des structures métalliques, il est l'auteur d'environ 80 publications scientifiques et techniques.

RESUME

Les auteurs montrent que la technique du goujonnage peut être utilisée pour la réalisation d'assemblages poutre-colonne. Des essais effectués sur des éléments isolés et sur des modèles de noeuds poutre-colonne ont permis de proposer des règles de dimensionnement sûres et précises pour ce type d'assemblage.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Autoren zeigen, dass die Technik der Verdübelung für die Verbindung von Stützen und Trägern angewendet werden kann. Versuche an isolierten Tragelementen und Rahmenknoten haben es erlaubt, sichere Bemessungsregeln für diesen Verbindungstyp herzuleiten.

SUMMARY

It is shown that studs may be used for making beam to column connections. Tests performed on isolated structural elements and on beam to column joints allowed the formulation, for this kind of connection, of design rules that are safe and accurate.



1. INTRODUCTION

De par son caractère "fermé" et l'excellente répartition de la matière autour de l'axe longitudinal, le profil creux présente, tant en compression qu'en torsion, des caractéristiques remarquables qui en font l'élément de colonne par excellence.

En regard de ces qualités structurales indéniables, le profil creux de construction présente toutefois des difficultés technologiques sérieuses lors de la réalisation des assemblages entre poutres et colonnes et ce, que les poutres soient constituées de profils ouverts ou de profils fermés. Pour résoudre ce délicat problème d'une manière économique, il a été imaginé de substituer aux boulons classiques des goujons filetés, fixés sur les parois du profil creux servant de colonne selon une technique de soudage analogue à celle utilisée pour la pose des goujons connecteurs sur les profils métalliques des poutres composites acier-béton.

Cette idée, pour originale qu'elle soit, n'est justifiable qu'en raison des progrès marquants faits durant cette dernière décennie dans la technique du goujonnage, en ce compris le matériel adéquat et le contrôle judicieux des paramètres de soudage [1]. Dans le cadre d'application envisagé, on remarquera que les goujons sont en général sollicités à leur base par des efforts axiaux et tangentiels alors que les goujons connecteurs des poutres mixtes supportent essentiellement un effort rasant.

Les appareils modernes de goujonnage permettent de fixer un goujon en moins de 10 secondes; le soudage proprement dit n'intervenant que pour 0,5 à 0,8 seconde dans le cycle. Comme un minimum de soin et d'attention permet aisément d'obtenir un résultat d'excellente qualité, il est aisé de comprendre que ce système d'assemblage peut, dans de nombreux cas, se révéler plus économique que les systèmes traditionnels.

Dans le cadre de la présente recherche, seule la technique du goujonnage "arc" a été retenue car celle par décharge de condensateur conduit à des limites sur le diamètre des goujons, incompatibles avec les impératifs des assemblages entre poutres et colonnes.

Il existe sur le marché de nombreux types de goujons se distinguant notamment par le façonnage de leurs extrémités, la longueur de la partie filetée du fût, la nuance de l'acier et le diamètre du fût. Les goujons filetés utilisés pour les essais sont en acier doux ($f_{yg} = 320$ MPa) et appartiennent à deux types (figure 1) :

- type 1 : goujons partiellement filetés, l'extrémité à souder ayant un diamètre égal au diamètre moyen des flancs de filet;
- type 3 : goujons filetés dont l'extrémité à souder a un diamètre égal au diamètre à fond de filet.

Les goujons de type 3 permettent d'obtenir un bourrelet de soudure sensiblement égal au diamètre nominal du filetage, évitant ainsi une butée locale non désirée de la pièce assemblée sur ce bourrelet.

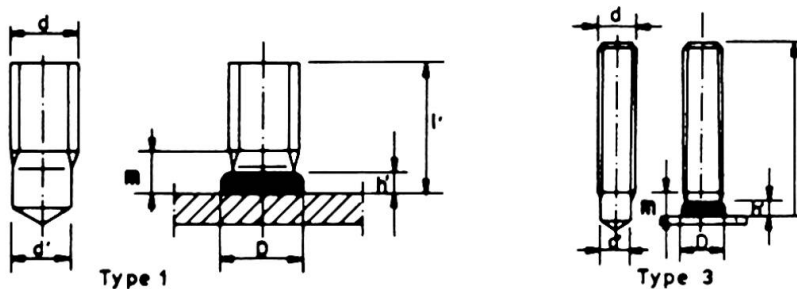


Fig. 1 Types de goujons filetés utilisés pour les essais.

2. PROGRAMME D'ESSAIS

Le programme de recherche entrepris à l'Université de Liège [2] a comporté les investigations suivantes :

1. essais de caractérisation de l'acier constituant les parois du tube : analyse chimique, propriétés mécaniques;
2. mise au point des paramètres de soudage, mesure de la dureté dans la zone thermiquement affectée par le soudage des goujons, macro- et micrographies;
3. essais de traction et de cisaillement sur des goujons soudés;
4. examen du comportement de noeuds poutre-colonne.

Les résultats obtenus aux points 3 et 4 sont discutés ci-dessous. Un rapport complet des résultats des essais est donné à la référence 2.

2.1. Essais de traction sur goujons soudés

Deux goujons identiques sont soudés symétriquement à mi-largeur des deux parois opposées d'un tronçon de tube et soumis à un effort de traction (figure 2). Trois modes de ruine sont possibles, qui fournissent chacun une valeur de la charge ultime.

- Le fût du goujon, dont l'aire de la section résistante est A_s , atteint sa charge limite plastique en traction :

$$N_1 = f_{yg} \cdot A_s \quad (1)$$

où f_{yg} est la limite d'élasticité du goujon.

- La paroi du tube périt par arrachement lamellaire :

$$N_2 = f_{yt} \frac{\pi \phi^2}{4} \quad (2)$$

où ϕ peut être pris égal au diamètre nominal d (type 1) ou au diamètre d' de la partie non filetée du fût (type 3), ainsi qu'il appert des observations expérimentales.

- La ruine survient par cisaillement plastique à travers l'épaisseur t de la paroi selon une circonférence de diamètre ϕ :

$$N_3 = \frac{f_{yt}}{\sqrt{3}} \pi \phi t \quad (3)$$

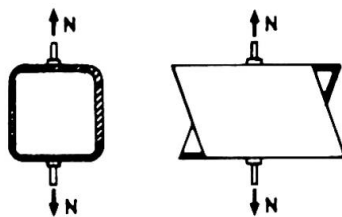


Fig. 2 Dispositif utilisé pour les essais de traction sur goujons soudés.

Le tableau 1 fournit les résultats théoriques et expérimentaux. Comme le mode de ruine observé fait toujours intervenir la valeur f_{yt} et que celle-ci est une valeur caractéristique, on conclut donc que les relations de dimensionnement sont à la fois sûres et précises, eu égard à la doctrine semi-probabiliste de la sécurité adoptée par la Convention Européenne de la Construction Métallique [3].

Tube	Goujon		Essais		Théorie		\bar{N}_{exp}/N_{th}
	d (mm)	type	nombre	\bar{N}_{exp} (kN)	mode de ruine	N_{th} (kN)	
100x100x4	12	1	3	29,27	cisaillement de la paroi	24,29	1,205
	16	1	3	36,04		"	32,39
200x200x6,3	16	1	2	59,27	"	48,63	1,219
	20	3	3	63,60	"	50,15	1,268
Moyenne		: m	=	1,199			
Ecart-type		: s	=	0,069			
Valeur caractéristique		: m-2s	=	1,060			

Table 1 Résultats des essais de traction sur goujons soudés.

2.2. Essais de cisaillement sur goujons soudés

Ces essais sont réalisés à l'aide du dispositif schématisé à la figure 3. L'éprouvette d'essai comporte deux assemblages à double cisaillement : l'un réalisé par boulon à haute résistance préserré, l'autre réalisé à l'aide de goujons soudés.

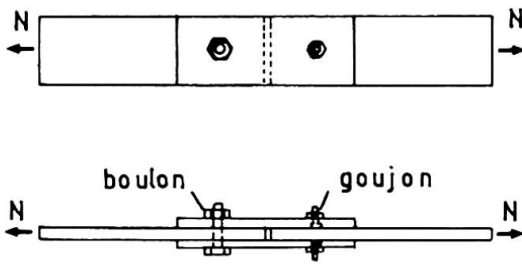


Fig. 3 Dispositif utilisé pour les essais de cisaillement.

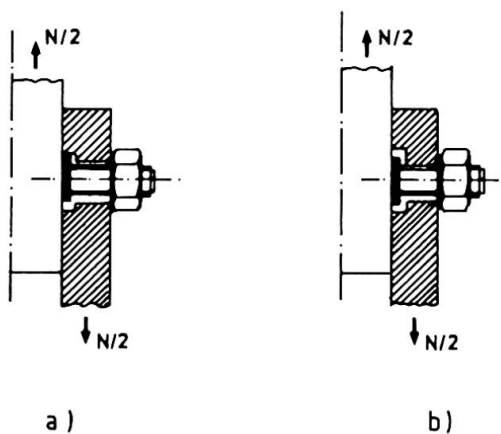


Fig. 4 Modes de comportement en cisaillement.

Chaque goujon reprend un effort de cisaillement égal à $N/2$. Selon les dimensions du chanfrein réalisé pour loger le bourrelet de soudure, l'assemblage peut se comporter de deux manières différentes :

- si le jeu du chanfrein est inférieur à celui du trou, le contact s'effectue entre le couvre-joint et le bourrelet de soudure de diamètre D et de hauteur h' (figure 4.a.);
- si, au contraire, le jeu du trou est déterminant, le contact s'établit entre le couvre-joint et le fût du goujon (figure 4.b.).

En conséquence, l'état limite ultime est gouverné par l'une des relations suivantes :

- pression diamétrale :

$$Q_1 = \frac{N_1}{2} = D h' C_1 f_{yt} \quad (4)$$

- cisaillement du fût du goujon :

$$Q_2 = \frac{N_2}{2} = 0,7 \frac{\pi \phi^2}{4} f_{yg} \quad (5)$$

- écrasement du couvre-joint d'épaisseur t :

$$Q_3 = \frac{N_3}{2} = d (t - h') C_1 f_{yt} \quad (6)$$

En pratique, la valeur Q_3 est très souvent largement supérieure à Q_2 . Tous les essais ont été réalisés avec un chanfrein à faible jeu afin que la charge Q_1 soit déterminante. Chacun des diamètres d - 12, 16 et 20 mm - a fait l'objet de trois essais et le rapport $\bar{N}_1 exp/N_1 th$ observé varie de 1,02 à 1,18, avec une moyenne de 1,10. En pratique, il importe évidemment d'examiner les trois cas possibles.

2.3. Essais sur noeuds poutre-colonne

Les essais ont porté sur plusieurs types d'assemblages rigides, semi-rigides ou flexibles. Le dispositif d'essai est schématisé à la figure 5.

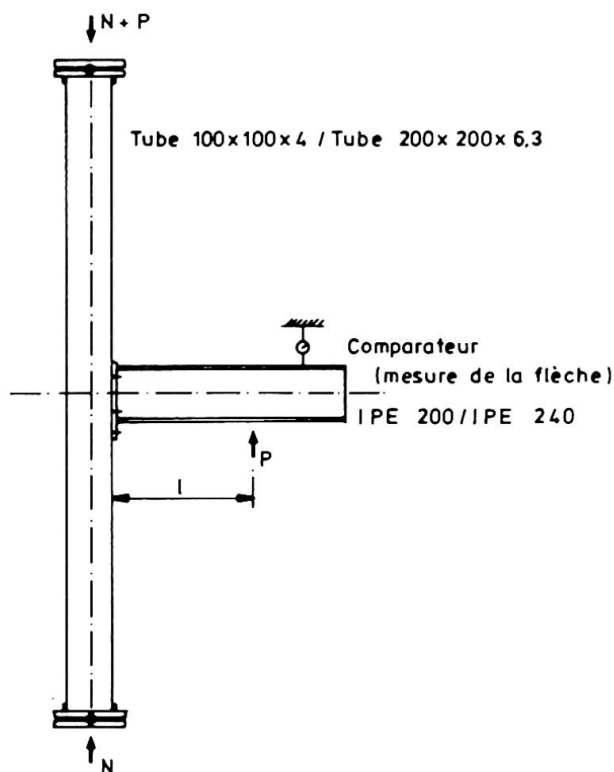


Fig. 5 Dispositif d'essai pour les assemblages poutre-colonne.

Les résultats des essais sont donnés à la table 2.

L'analyse statistique des résultats d'essais repris à la table 2 montre que la résistance d'assemblages poutre-colonne est, en raison d'effets parasites, inférieure d'environ 5 % à celle obtenue lors d'essais isolés (à la table 2, la valeur $P_{\text{théorique}}$ a été calculée à partir des relations développées aux paragraphes 2.1. et 2.2.).

Pour en tenir compte, on va introduire un coefficient minorateur de 0,95 dans les équations de dimensionnement.







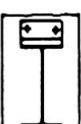
Type d'assemblage	Schéma de l'assemblage	Diamètre nominal des goujons (mm)	P_{exp} (kN)	Mode de ruine observé	P_{th} (kN)	P_{exp}/P_{th}
1		12	19,6	Cisaillement de la paroi	14,1	1,390
			18,6	"	14,1	1,319
		16	20,6 19,6	"	18,6 18,7	1,108 1,048
2		12	23,5	"	15,3	1,536
			19,6	"	15,2	1,289
3		12	24,5	"	23,6	1,038
			24,5	"	23,6	1,038
4		16	43,2 44,1	"	36,5 36,6	1,184 1,205
			20	51,8 45,3	"	37,6 37,2
5		16	75,5 71,2	"	53,6 53,4	1,409 1,333
			20	69,1 69,1	"	54,5 54,7
Moyenne		: m	= 1,250			
Ecart-type		: s	= 0,145			
Caractéristique		: m-2s	= 0,960			

Table 2 Résultats des essais de noeuds poutre-colonne.

3. PROPOSITION D'UNE METHODE DE DIMENSIONNEMENT

Les règles de dimensionnement d'un assemblage goujonné poutre-colonne ne diffèrent guère de la méthode utilisée habituellement pour les assemblages boulonnés. En particulier, les règles sur l'entredistance des goujons et sur les pinces subsistent, de même que la méthode de détermination de l'effort de traction N dans le goujon le plus sollicité.

3.1. Vérification du goujon

- Goujon tendu :

$$N \leq 0,95 A_s f_{yg} \quad (7)$$

- Goujon cisailé :

$$Q \leq 0,7 A f_{yg} \quad (8)$$

Par souci de simplicité, A peut être posé égal à A_s pour tous les types de goujon.

- Goujon tendu et cisailé :

$$\sqrt{\left(\frac{N}{0,95 A_s}\right)^2 + 2 \left(\frac{Q}{A}\right)^2} \leq f_{yg} \quad (9)$$

3.2. Vérification de la résistance à l'arrachement

- Arrachement lamellaire :

$$N \leq 0,95 \frac{\pi \phi^2}{4} f_{yt} \quad (10)$$

avec ϕ pris égal à d (goujon de type 1) ou d' (goujon de type 3).

- Cisaillement de la paroi support :

$$N \leq 0,95 \pi \phi t \frac{f_{yt}}{\sqrt{3}} \quad (11)$$

3.3. Vérification de la résistance intrinsèque de la paroi support

Les effets localisés exercés par les goujons sur la paroi support peuvent engendrer des déformations, qui, si elles deviennent excessives, ont un effet préjudiciable sur la résistance ultime de l'assemblage, en raison des efforts parasites de levier qu'elles entraînent.

Des investigations expérimentales complémentaires seraient nécessaires pour apporter une réponse complète et précise à cette question. Toutefois, sur base des essais effectués dans le cadre de goujons fixés à des parois de profils tubulaires, il est conseillé de limiter l'utilisation d'assemblages goujonnés à des profils creux de forme carrée ou rectangulaire dont la minceur des parois b/t ou h/t n'excède pas 35.

3.4. Vérification de la pression diamétrale

Cette vérification s'effectue comme pour les assemblages boulonnés. On considérera toutefois la possibilité, pour cette pression diamétrale, de s'exercer à l'intervention soit du bourrelet de soudure, soit du fût du goujon.

4. CONCLUSION

La technique du goujonage peut être envisagée pour effectuer des assemblages de sections tubulaires. Elle doit se révéler simple, rapide et économique. Les règles de dimensionnement, similaires à celles des assemblages boulonnés, comportent néanmoins certaines vérifications supplémentaires.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le C.R.I.F. (Centre de Recherches Scientifiques et Techniques de l'Industrie des Fabrications métalliques) et le C.I.D.E.C.T. (Centre International pour l'Etude et le Développement de la Construction Tubulaire) pour leur aide financière durant cette recherche.



BIBLIOGRAPHIE

1. IBS, Code de bonne pratique pour le soudage des goujons connecteurs acier-béton. Institut Belge de la Soudure, Fascicule 11, 1ère édition, Bruxelles, 1979.
2. MAQUOI R. , NAVEAU, X. et RONDAL J., Beam-Column Welded Stud Connections. Journal of Constructional Steel Research, Elsevier, vol. 4, n° 1, 1984, pp. 3-26.
3. ECCS, European Recommendations for Steel Construction. ECCS-EG 77-1E, September 1977.