

---

# Comportement mécanique d'un tronçon en té d'assemblage boulonné avec et sans précontrainte

**MeradBoudia Sofiane<sup>1</sup>, Benyelles Chemseddine<sup>1</sup>, Boumechra Nadir<sup>1</sup>, Missoum Abdelghani<sup>1</sup>, Bouchaïr Abdelhamid<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> EOLE, Laboratoire Eau et Ouvrages dans Leur Environnement, Département de Génie civil, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen, Algérie.

*meradsofiane@yahoo.fr, chemsoubenyelles@gmail.com, n\_boumechra@yahoo.fr, a.missoum@gmail.com*

<sup>2</sup> Université Clermont Auvergne, CNRS, SIGMA Clermont, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France

*abdelhamid.bouchair@uca.fr*

---

**RÉSUMÉ.** Le présent article a pour but d'étudier le comportement mécanique de la zone tendue d'assemblages boulonnés par platine d'about. Elle est modélisée par des tronçons en té caractérisés par une longueur efficace permettant d'obtenir la résistance et la rigidité. Le diamètre et la position des boulons, l'épaisseur de la semelle du tronçon ainsi que la précontrainte dans les boulons influent sur sa résistance, son mode de ruine et sa rigidité. Un modèle numérique a été développé afin d'évaluer les performances mécaniques d'un tronçon en té comportant deux rangées de boulons avec et sans précontrainte. L'évolution des efforts internes dans les boulons et des efforts de levier sont présentés. Le modèle est validé en comparant sa courbe globale force-déplacement avec celle obtenue par essais expérimentaux disponibles dans la bibliographie.

---

**ABSTRACT.** The aim of this paper is to study the mechanical behaviour of the tensile zone in endplate bolted connections. It is represented by T-sub characterized by an effective length that represents the strength and the stiffness. The diameter and position of the bolts, the thickness of the T-sub flange and the pretension in the bolts influence its strength, failure mode and stiffness. A numerical model has been developed to evaluate the mechanical performances of a T-sub with two rows of bolts with and without bolt pretension. The evolutions of the internal forces in the bolts and the prying forces have been presented. The global load-displacement curve has been validated by comparison with experimental tests available in the bibliography.

**MOTS-CLÉS :** Assemblage, Zone tendue, Tronçon en Té, Boulons, Force de levier.

**KEY WORDS:** Joint, Tensile zone, T-sub, Bolts, Prying force.

---

## 1. Introduction

La méthode des composantes, présentée dans l'Eurocode 3 [EC3 05] permet le dimensionnement d'un assemblage boulonné par platine d'about ou par cornière. Elle divise l'assemblage en différentes zones en fonction des sollicitations. La zone tendue a une influence majeure et peut être représentée par des tronçons en té représentant les différentes rangées de boulons.

La présente étude a pour but de développer un modèle numérique tridimensionnel permettant la discrétisation de deux tronçons en té de formes géométriques différentes et d'étudier leurs comportements. La première partie permet de valider les résultats numériques par comparaison avec des essais expérimentaux [PIL 01, JAS 94 et COE 04] tout en analysant l'effet de la longueur du tronçon. La deuxième partie permet de simuler la précontrainte dans le boulon et de quantifier son apport en phase élastique.

## 2. Caractéristiques des tronçons étudiés

Il s'agit de deux tronçons de propriétés géométriques et matérielles différentes et dont les résultats expérimentaux sont disponibles [PIL 01, JAS 94 et COE 04]. Ils sont obtenus à partir d'un IPE 300 et leur assemblage est assuré par deux rangées de boulons ordinaires de diamètres M12 et M16. Les différents détails de chaque tronçon sont présentés dans la figure 1 et le tableau 1 ci-dessous.

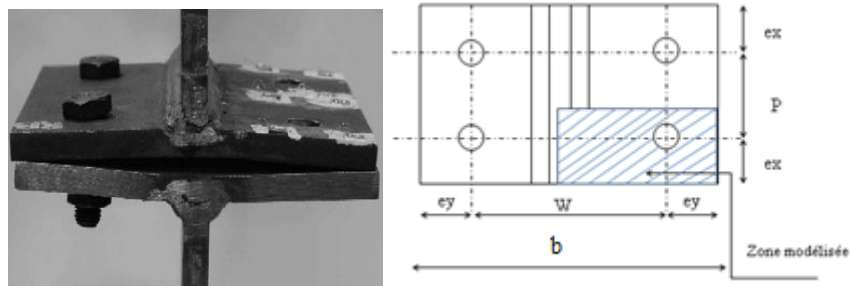


Figure 1. Géométrie des tronçons étudiés

Tableau 1. Caractéristiques matérielles et géométriques des tronçons

Tronçons	$f_y$ (MPa)	Dimensions (mm)						Boulons	
		b	L	P	W	$e_x$	$e_y$	$d_b$ (mm)	Classe de résistance
T1	431	150	80	40	90	20	30	M12	8.8
T2	270	150	210	90	100	60	25	M16	8.8

## 3. Modèle numérique

Le modèle numérique est développé en utilisant des éléments cubiques volumiques à 8 nœuds. En raison de la symétrie, seul le quart est modélisé (Figure 1). Le modèle se caractérise par un comportement non linéaire qui est dû à la loi matérielle des tronçons et des boulons, et à la non linéarité géométrique due aux grands déplacements et au contact entre les éléments. Les conditions aux limites considérées dans le modèle sont un blocage des déplacements dans la direction de X et Y pour représenter la symétrie et un blocage des déplacements dans le sens Z opposé au chargement. Le chargement est représenté par un déplacement imposé dans la direction de Y. La figure 2 ci-dessous illustre les conditions aux limites introduites dans le modèle.

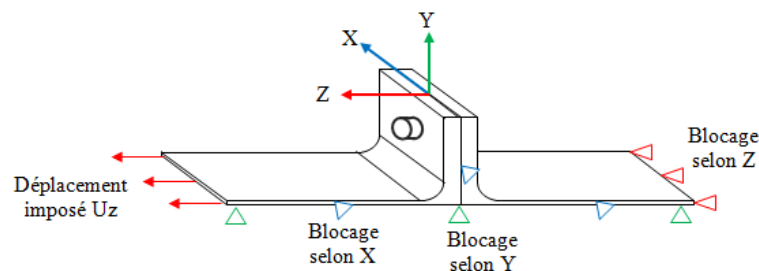


Figure 2. Conditions aux limites des tronçons étudiés.

Le contact entre éléments des tronçons étudiés est présent dans les zones suivantes : contact entre semelles des tronçons, contact entre écrouou tête et semelles et contact en tige du boulon et trou de perçage (Figure 3).

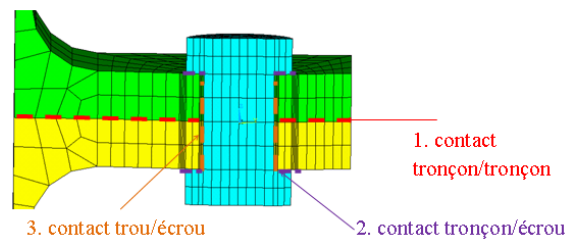


Figure 3. Zones de contact.

## 4. Résultats

### 1.1. Validation du modèle

Le modèle éléments finis est validé en comparant ses courbes force-déplacement avec celles des essais pour les deux tronçons. La comparaison montre que le modèle développé donne des résultats suffisants. La loi forces-déplacements des deux tronçons est présentée dans la figure 4.

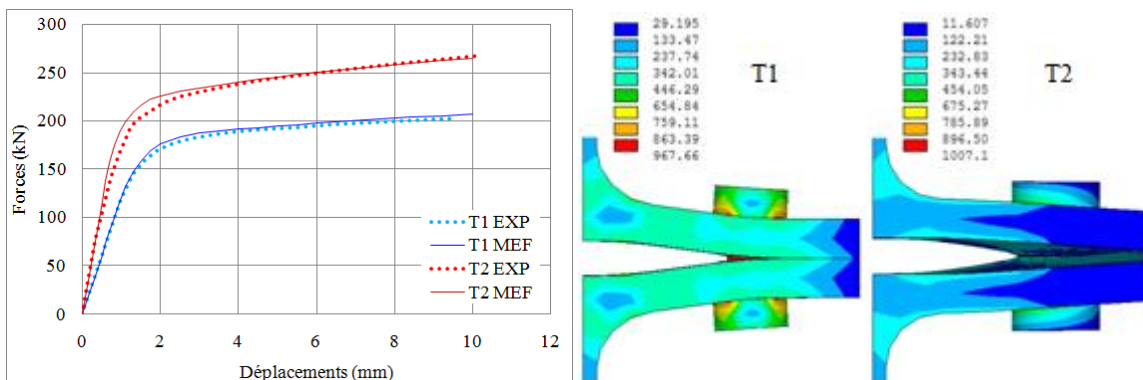


Figure 4. Validation du modèle (courbes force-déplacement et déformées au dernier pas de chargement).

### 1.2. Effort dans le boulon et force de levier

Une étape importante dans l'étude du tronçon en té est la détermination de l'effort dans le boulon (B), la force du levier (Q) et leurs rapports avec l'effort appliqué au tronçon en té (B/F et Q/F). Les résultats de ces efforts sont présentés dans la figure 5. Il peut être observé que l'effort dans le boulon dépasse le chargement appliqué et cela est dû à la présence du levier dès le début de chargement. La résultante de l'effort de levier est linéaire jusqu'à atteindre l'effort appliqué 140 kN pour T1 et 190 kN pour T2. Ensuite, une augmentation rapide est observée à cause de la plastification de la semelle du tronçon (équivalent d'une rotule plastique dans le modèle analytique) qui se traduit aussi par la diminution de la surface de contact entre les deux semelles fléchies.

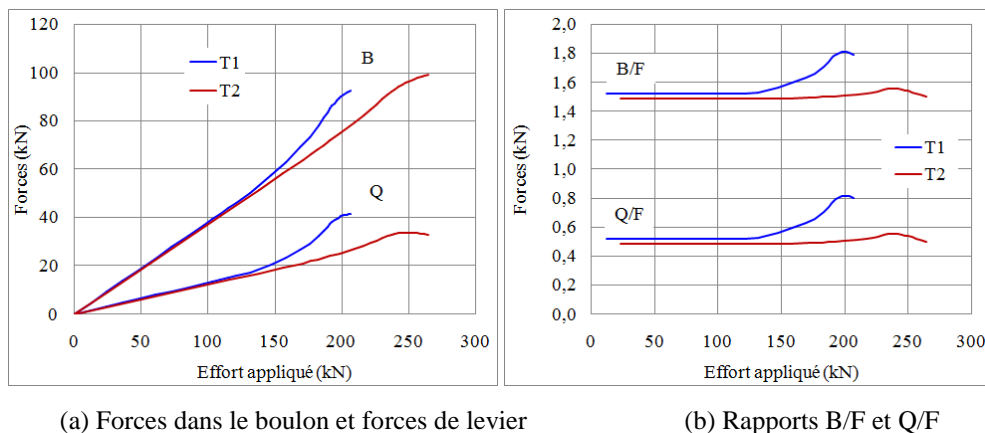


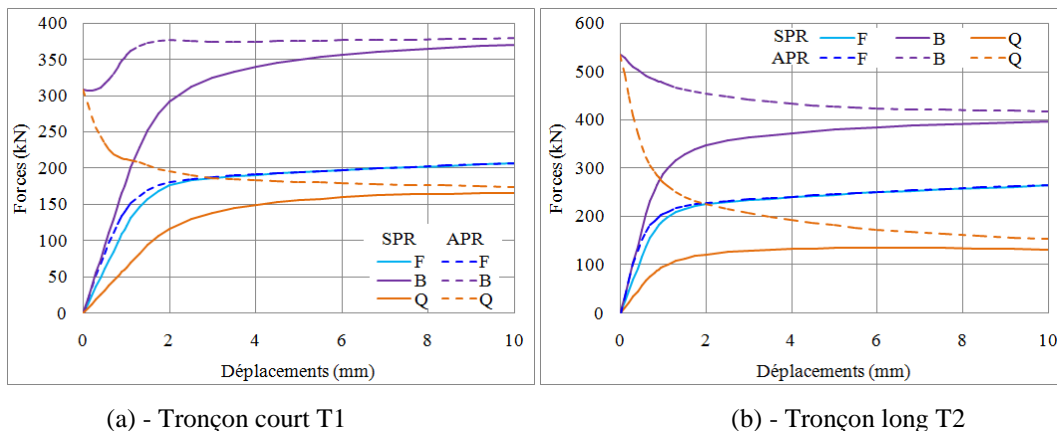
Figure 5. Evolution de l'effort dans le boulon et de l'effort de levier en fonction du chargement.

### 1.3. Effet de la précontrainte

L'effet de la précontrainte dans les boulons sur le comportement d'un tronçon en té intervient principalement dans la rigidité initiale, l'effort dans le boulon et l'effort de levier. Pour mieux cerner son effet, les mêmes tronçons analysés précédemment sont repris en considérant une précontrainte dans le boulon. Elle est prise égale à celle dite nominale proposée par l'Eurocode 3 [EC3 05]. Les courbes force-déplacement avec précontrainte (APR) sont comparés avec les résultats précédents sans précontrainte (SPR) et présentés ci-dessous.

**Tableau 2.** Effet de la précontrainte sur la rigidité initiale.

Tronçons	Précontrainte (kN)	$K_{ini}$ (kN/mm)		
		SPR	APR	Différence %
T1	77	122	148	+21%
T2	133	224	261	+17%



**Figure 6.** Effet de la précontrainte sur l'évolution de  $F$ ,  $B$  et  $Q$ .

Le tableau 2 et la figure 6 montrent l'effet de la précontrainte sur le comportement du tronçon en Té. Il peut être observé que son influence est considérable dans la phase élastique où la rigidité est assez importante par rapport au cas non précontraint, ainsi que sur l'effort du boulon ( $B$ ) et l'effort de levier ( $Q$ ).

### 5. Conclusion

Dans cette étude, deux tronçons en té de propriétés géométriques et matérielles différentes ont été modélisés. Les résultats numériques ont montré que le modèle numérique peut représenter le fonctionnement d'un tronçon en té d'une manière satisfaisante y compris en phase non linéaire.

L'étude a montré la différence du comportement entre tronçons court et long. La longueur du tronçon en té permet une répartition de l'effort en zone de contact. Cela influe sur l'effort dans le boulon et l'évolution de la résultante de la force de levier dans la semelle. Elle a aussi montré l'effet significatif de la précontrainte dans le boulon. La surface de contact entre les semelles des tronçons créée par la précontrainte du boulon améliore d'une part la rigidité initiale de l'assemblage et d'autre part elle amplifie l'effort de levier qui va solliciter beaucoup plus le boulon.

### 6. Bibliographie

- [COE 04] Coelho A.M.G., Frans S.K., Bijlaard, Gresnigt N., and Da Silva L.S., « Experimental assessment of the behaviour of bolted T-stub connections made up of welded Plates », Journal of Constructional Steel Research, Vol. 60, N° pp. 269–311, 2004
- [EC3 05] Eurocode3., Calcul des structures en acier Partie 1-8 : Calcul des assemblages. EN 1993-1-8:2005, 2005.
- [JAS 94] Jaspart J.P., « Numerical simulation of a T-stub – experimental data », Doc. C1WD6/94-09, 1994.
- [PIL 01] Piluso V., Faella C. and Rizzano G., « Ultimate Behaviour of Bolted T-stubs, II Experimental Analysis », Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 127, No. 6, pp. 694-704, 2001.