



HAL
open science

Effets des Raidisseurs de Platine d'about sur les Assemblages Boulonnes de type Poteau-Poutre

Sofiane Boumedyen Merad Boudia, Nadir Boumechra, Abdelghani Missoum,
Abdelhamid Bouchaïr

► **To cite this version:**

Sofiane Boumedyen Merad Boudia, Nadir Boumechra, Abdelghani Missoum, Abdelhamid Bouchaïr. Effets des Raidisseurs de Platine d'about sur les Assemblages Boulonnes de type Poteau-Poutre. 3^{ème} Conférence Internationale de la COstruction Métallique et Mixte (CICOMM 2021), Mar 2023, Oran, Algérie. 10.6084/m9.figshare.22291147 . hal-04036210

HAL Id: hal-04036210

<https://hal.science/hal-04036210v1>

Submitted on 19 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

EFFETS DES RAIDISSEURS DE PLATINE D'ABOUT SUR LES ASSEMBLAGES BOULONNES DE TYPE POTEAU-POUTRE

MERAD BOUDIA Sofiane Boumedyen^{1,2,*}, BOUMECHRA Nadir², MISSOUM Abdelghani², BOUCHAIR Abdelhamid^{3,4}

* Correspondant : meradsofiane@yahoo.fr

¹Université de Mostaganem Abdelhamid Ibn Badis - Faculté des Sciences et de la Technologie.

²EOLE, Département de Génie civil, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen, Algérie.

³Université Clermont Auvergne, Institut Pascal, BP 10448, Clermont-Ferrand, France.

⁴CNRS, UMR 6602, Institut Pascal, 63171, Aubière, France.

Résumé : *Le présent papier a pour but d'étudier le comportement mécanique des assemblages métalliques poteau poutre boulonnés par platine d'about raidie à ses débords sous à un moment de flexion. L'étude est basée sur un modèle en éléments finis qui tient compte des non-linéarités géométriques, matérielles et celles du contact entre les éléments. Les résultats du modèle numérique ont été validés sur la base des résultats expérimentaux disponibles dans la littérature et comparés avec le modèle analytique proposé par l'Eurocode 3 et. Une étude paramétrique est menée afin de mettre en évidence l'effet des raidisseurs de platine d'about en zone tendue et comprimée de l'assemblage.*

Mots-Clefs : Assemblages, Platine, Boulons, Raidisseurs, Débord.

Abstract : *The aim of this paper is to study the mechanical behavior of bolted steel column-beam joints with stiffened extended end-plate under a bending moment. The study is based on a finite element model which takes into account the geometric and material non-linearities and those of the contact between the elements. The results of the numerical model were validated by the experimental results available in the literature and compared with the analytical model proposed by Eurocode 3. A parametric study is carried out in order to highlight the effect of rib stiffeners in the tensile and compressed zone of the connection.*

Keywords : Joints, End-Plate, Bolts, Stiffeners, Extended.

1. Introduction

Les assemblages poteau-poutre boulonnés par platine d'about sont largement utilisés dans les structures métalliques. Ils sont considérés comme une alternative des liaisons soudées car ils offrent de nombreux avantages et jouent un rôle important dans la sécurité globale de la structure. Cependant, leur comportement mécanique reste assez complexe dans la compréhension en raison des discontinuités rencontrées entre les éléments assemblés [1] [2]. Pour des performances mécaniques plus meilleures, il existe plusieurs moyens de renforcement à ce type d'assemblage tels que l'ajout des raidisseurs, qui sont parfois nécessaires pour augmenter la rigidité et/ou la résistance d'une manière locale ou globale de l'assemblage [3] [4]. La prise en compte dans le calcul de l'effet de ces renforcements sur le comportement des assemblages n'est pas toujours évidente à estimer dans les standards actuels [5]. Ceci est le cas pour la les raidisseurs de platine d'about dans ses débords tendu et/ou comprimé (figure 1) dont l'influence peut être remarquable faisant l'objet de beaucoup recherches disponibles dans la littérature.

La partie 1-8 EN 1993-1-8 [5] de l'Eurocode 3 (EC3) permet de mieux saisir le comportement des assemblages en termes de rigidité, de résistance et de ductilité. Elle offre une approche analytique basée sur les propriétés mécaniques et géométriques des composants de l'assemblage et par la suite connue sous le nom de méthode des composants. La procédure de calcul prend en compte de nombreux paramètres tels que l'âme du poteau en compression, la semelle du poteau en flexion, les boulons en traction, la platine d'about en flexion, etc. Le modèle mécanique de l'EC3 consiste à modéliser les composants de l'assemblage par des ressorts en zone tendue, comprimée et/ou cisailée. Les types d'assemblages boulonnés avec platine d'about non débordante et débordante en zone tendue sont clairement indiqués dans le calcul du moment résistant ($M_{j,Rd}$) et de la rigidité initiale ($S_{j,ini}$). De plus, il est mentionné que le centre de compression se situe dans l'axe de la semelle comprimée de la poutre. Cependant, le débord de la platine d'about en zone comprimée ainsi que la présence des raidisseurs n'est pas clairement spécifiée dans l'EC3.

Shi et al. [6] [7] ont proposé un modèle théorique pour la loi moment-rotation ($M-\theta$) pour les assemblages poutre-poteau raidis et ont vérifié le modèle analytique proposé par essais expérimentaux correspondants. De plus, ils ont constaté que les raidisseurs empêchaient les concentrations de contraintes au niveau de la soudure reliant la platine d'about avec la poutre en zone tendue.

Abidelah et al. [8] ont mené des essais expérimentaux de huit spécimens d'assemblages poutre-poteau où quatre d'entre eux possèdent des raidisseurs dans la partie débordante de la platine d'about. Ils ont trouvé que le raidissage de la plaque d'about apporte une augmentation significative de la capacité de portante et de la rigidité initiale, mais conduit à une réduction de la ductilité de l'assemblage. De plus, la présence du raidisseur dans la zone comprimée a pour effet de décaler la position de l'effort de compression dans l'assemblage de l'axe de la semelle de la poutre au centre de gravité du raidisseur dans la zone comprimée.

D'Aniello et Tartaglia et al. [9] [10] [11] ont également mis en évidence l'importance du rôle des raidisseurs en zone comprimée de la platine d'about pour les assemblages boulonnés. Ils ont présenté des critiques de la version actuelle de la norme EC3 et de la norme EN1998-1 [5] en raison de l'absence de dispositions spécifiques au raidissage pour ce type de liaison. Ils ont réalisé des études paramétriques approfondies, basées sur l'analyse par éléments finis (FEA), pour observer l'influence de la géométrie des raidisseurs sur le comportement des assemblages.

Sur la base d'une analyse par éléments finis (FEA) validée par rapport à des essais expérimentaux, plusieurs études ont été menées pour étudier l'influence des raidisseurs de platine d'about afin de développer des règles de conception cohérentes. En particulier, Merad et al. [12] [13] ont mené une étude numérique sur les assemblages par platine d'about débordante en présence de raidisseurs. Ils ont constaté que les raidisseurs en zone tendue réduisent la déformation flexionnelle de la platine d'about qui conduit à un effort de levier moins important comparé à un assemblage non raidi. De plus, ils ont relevé de nouveaux modes de ruines relatifs aux raidisseurs.

Zhao et al. [14], Dong et al. [15] ont validé un modèle de tronçons en T équivalent sous chargement statique pour la détermination de résistance et rigidité en présence des raidisseurs.

L'objectif principal de cet article concerne l'élaboration d'une étude paramétrique dédiée à l'étude des effets de raidissage de platine d'about d'un assemblage poteau-poutre boulonné en s'appuyant sur un modèle en éléments finis 3D soumis à un chargement monotone de flexion.

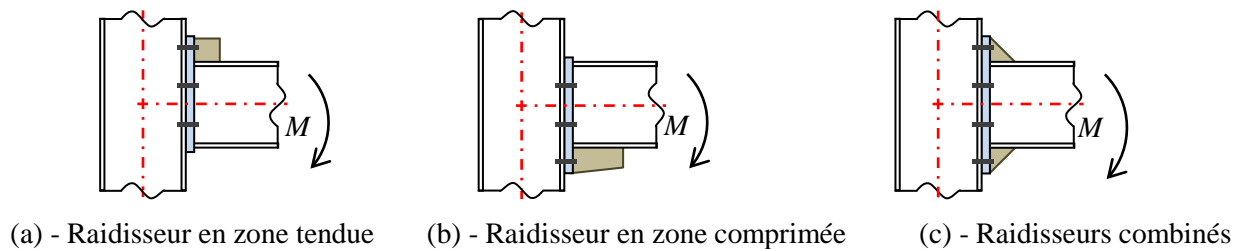


Figure 1. Exemples d'assemblages boulonnés par platine d'about raidie.

2. Présentation de l'étude

Notre étude se porte des spécimens repris du travail expérimental de [7]. Il s'agit de trois assemblages poteau-poutre, nommé SC03, SC08 et SC02, boulonnés par quatre rangées de boulons M20 10.9 à l'aide d'une platine d'about avec et sans raidisseurs. Les détails géométriques relatifs à la disposition des boulons sont illustrés la figure 2. Des épaisseurs de 12 mm et 10 mm sont utilisées respectivement pour les raidisseurs de l'âme de poteau et les raidisseurs de la platine d'about. La différence entre les assemblages étudiés concerne l'épaisseur de la platine d'about et la présence ou non des raidisseurs aux débords extérieurs de cette dernière tel qu'elle est présentée dans le tableau 1.

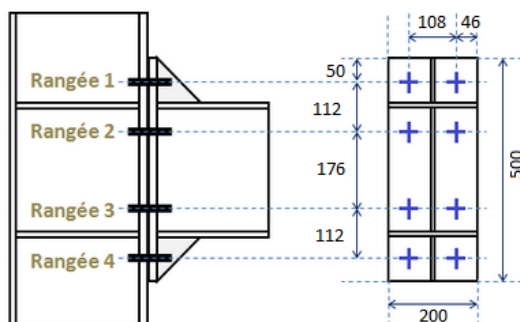


Figure 2. Détails des pinces et entraxes des assemblages étudiés.

Tableau 1. Différences relatives aux assemblages étudiés.

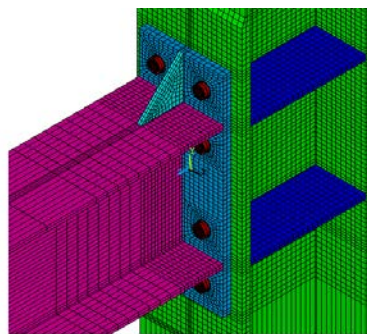
	Epaisseur de la platine d'about t_p (mm)	Raidisseurs de platine
SC03	20	sans
SC08	16	avec
SC02	20	avec

Par la suite, une étude paramétrique comportant 11 spécimens basée sur le modèle en éléments finis présenté ci-dessus répartie en quatre série et qui englobe les paramètres suivants :

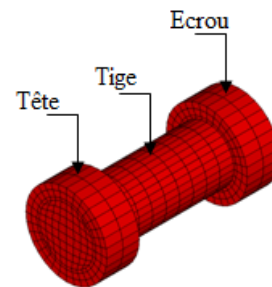
- 1 – Combinaison épaisseur platine / raidisseurs
- 2 – Disposition des raidisseurs
- 3 – Combinaison débord platine / raidisseurs en zone tendue.
- 4 – Combinaison débord platine / raidisseurs en zone comprimée.

3. Développement du model en élément finis

Les spécimens illustrés sur la **figure 3-a** sont modélisés à l'aide du logiciel [16]. En s'appuyant sur des travaux de la littérature [17] et [18], un type d'élément approprié a été sélectionné pour le modèle éléments finis afin d'obtenir des résultats précis. L'élément Solid45 comportant huit nœuds et trois degrés de liberté est choisi pour tous les composants de l'assemblage (poteau, poutre, plaques et boulons). Le choix de l'élément a été justifié par des modèles élémentaires pour lesquels nous connaissons la solution analytique (poutres en flexion). Le modèle numérique développé comporte plus de 70 000 nœuds et 60 000 éléments dont la taille des éléments varie en fonction de la zone de maillage. Le boulon est modélisé par une tige de forme cylindrique de diamètre constant égal à celui de sa partie non filetée (voir **figure 3-b**) afin de faciliter sa modélisation [19].



(a) - Maillage de l'assemblage



(b) - Maillage du boulon

Figure 3. Maillage type de l'assemblage poteau-poutre avec raidisseurs.

Pour tous les modèles, des lois contrainte-déformation multilinéaires sont utilisées pour les plats assemblés et les boulons (voir **figure 4**). Elles s'appuient sur les valeurs réelles des caractéristiques mécaniques dont le critère de plasticité isotrope de von Mises est utilisé.

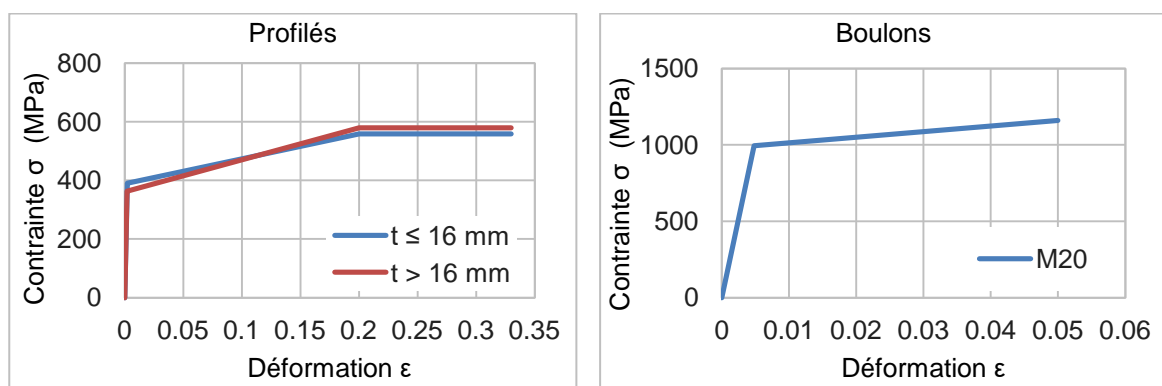


Figure 4. Données matérielles de l'acier des profilés et des boulons.

Les conditions aux limites considérées dans les modèles sont un blocage des déplacements dans les 3 directions au niveau du point BC1, un blocage dans les plans X et Z dans le point BC2 et un blocage selon la direction X et Y dans le point BC3. De plus, le contact entre les différents composants de l'assemblage est pris en compte lors de la modélisation et qui réparti en quatre zones citées ci-après (voir **figure 5**) :

- CN1– Contact semelle de poteau / platine d'about ;
- CN2– Contact écrou / semelle du poteau ;
- CN3– Contact tête du boulon / platine d'about ;
- CN4– Contact tige du boulon / perçage.

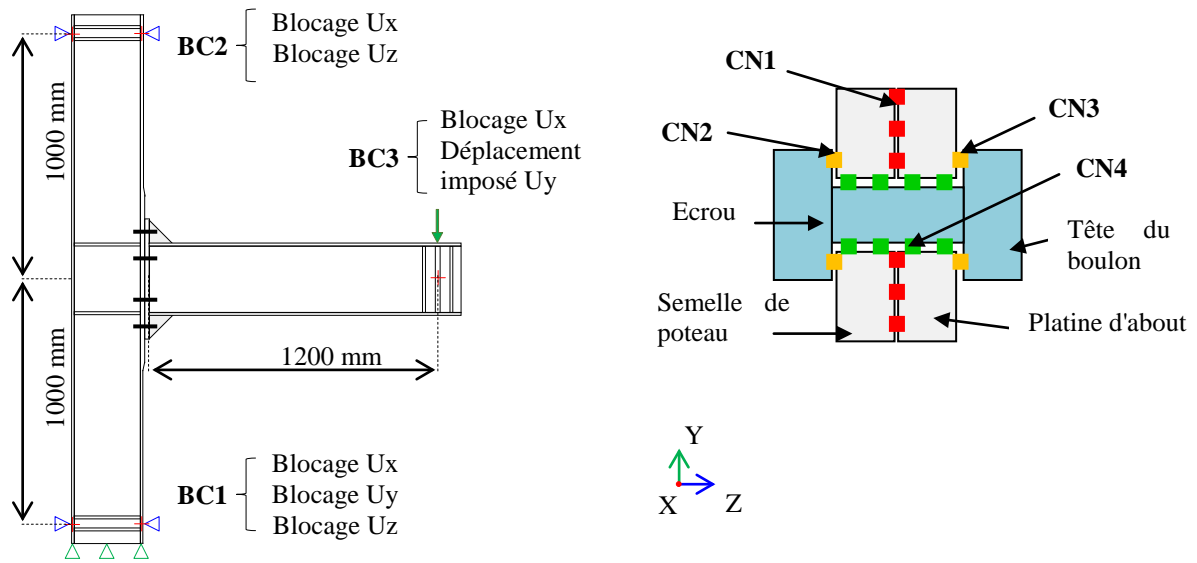


Figure 5. Conditions aux limites des modèles étudiés.

4. Validation du modèle numérique

Le modèle numérique est validé à la base des essais expérimentaux cités précédemment [7] en terme loi moment-rotation. De plus, une comparaison des rigidités initiales numériques et expérimentales est illustrée dans la figure 6.

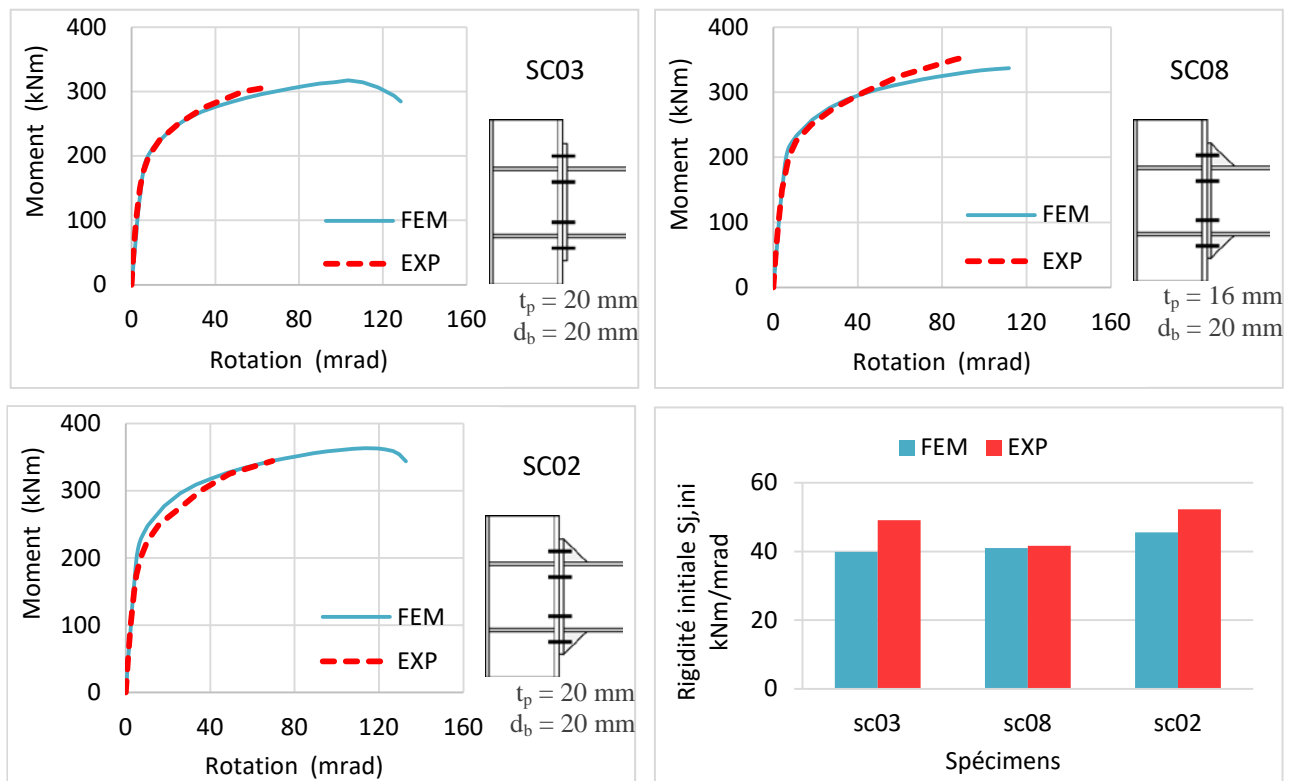
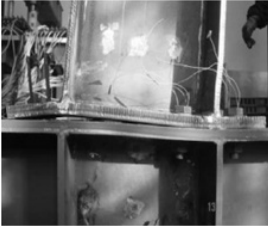
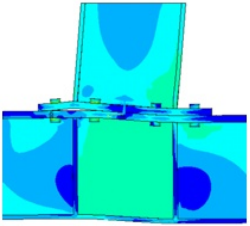
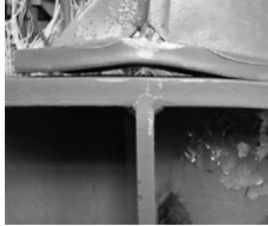
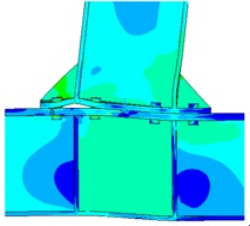

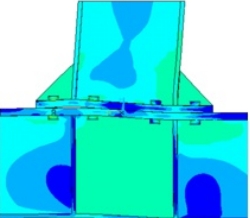


Figure 6. Validation du modèle en éléments finis.

Les déformées obtenues correspondant au chargement maximal sont présentées dans le tableau 2. Pour chaque déformée, une comparaison est effectuée entre le modèle MEF et les essais expérimentaux afin de voir le mode de ruine dominant pour chaque spécimen.

Tableau 2. Modes de ruines numériques et expérimentaux.

Spécimens	Modes de ruines	EXP	FEM
SC03	- Ruine des boulons des rangées tendues - Plastification importante de la platine d'about au niveau de raccordement avec la semelle de la poutre		
SC08	- Ruine des boulons des rangées tendues - Plastification de la platine d'about niveau des raccords au voisinage des rangées tendues		
SC02	- Ruine des boulons des rangées tendues - Plastification modérée de la platine d'about au niveau de raccordement avec la semelle de la poutre		

D'après les résultats obtenus dans la figure 6 et le tableau 2, une bonne concordance est observée entre les résultats numériques et expérimentaux en phase élastique et plastique en termes de loi de comportement globale, rigidité initiale et mode de ruines. D'une manière globale, nous pouvons dire que le modèle en éléments finis proposé est précis avec des marges d'erreurs assez faibles et permet ainsi de représenter correctement le comportement des géométries étudiées en présence des raidisseurs de platine d'about.

5. Etude paramétrique

La présence des raidisseurs dans un assemblage métallique modifie son mode de ruine et par conséquent son comportement global en termes de résistance et rigidité initiale. Afin de mieux éclaircir leur influence sur le fonctionnement des assemblages poteau-poutre boulonnés, une étude paramétrique est basée sur le modèle éléments finis validée auparavant avec les mêmes caractéristiques matérielles et géométriques. Cette étude englobe les paramètres illustrés dans le tableau 3 ci-après :

Tableau 3. Liste de paramètres étudiés.

Paramètres	Spécimens	Platine d'about			Raidisseurs	
		Epaisseur t_p (mm)	Débords		Zone tendue	Zone Comprimée
			Zone tendue	Zone Comprimée		
Combinaison épaisseur platine / présence des raidisseurs	tp12 a.r	12	avec	avec	avec	avec
	tp16 a.r	16	avec	avec	avec	avec
	tp20 s.r	20	avec	avec	sans	sans
Disposition des raidisseurs de platine	JR1	20	avec	avec	sans	sans
	JR2	20	avec	avec	avec	sans
	JR3	20	avec	avec	sans	avec
	JR4	20	avec	avec	avec	avec
Combinaison débord platine / raidisseurs en zone tendue	J1	20	avec	sans	sans	sans
	J2	20	avec	sans	avec	sans
Combinaison débord platine / raidisseurs en zone comprimée	A1	20	sans	avec	sans	sans
	A2	20	sans	avec	sans	avec

5.1. Combinaison épaisseur de la platine d'about / présence des raidisseurs

Trois configurations sont étudiées afin de voir l'influence de la présence des raidisseurs de platine d'about combinée avec son épaisseur (voir figure 7). L'étude concerne deux assemblages raidis dont l'épaisseur de platine d'about est égale à 12 mm pour le premier et 16 mm pour le deuxième. La troisième configuration concerne un assemblage non raidi avec une platine d'about de 20 mm. Les résultats illustrés ci-dessous présentent la loi de comportement global moment-rotation et rigidités (figure 8), déformées et répartition des contraintes de contact (figure 9).

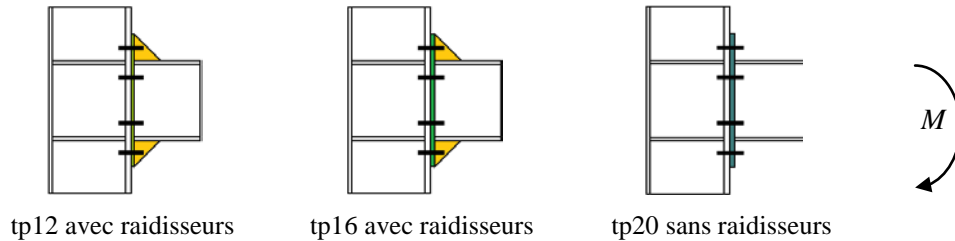


Figure 7. Modèles avec et sans raidisseurs en fonction de t_p .

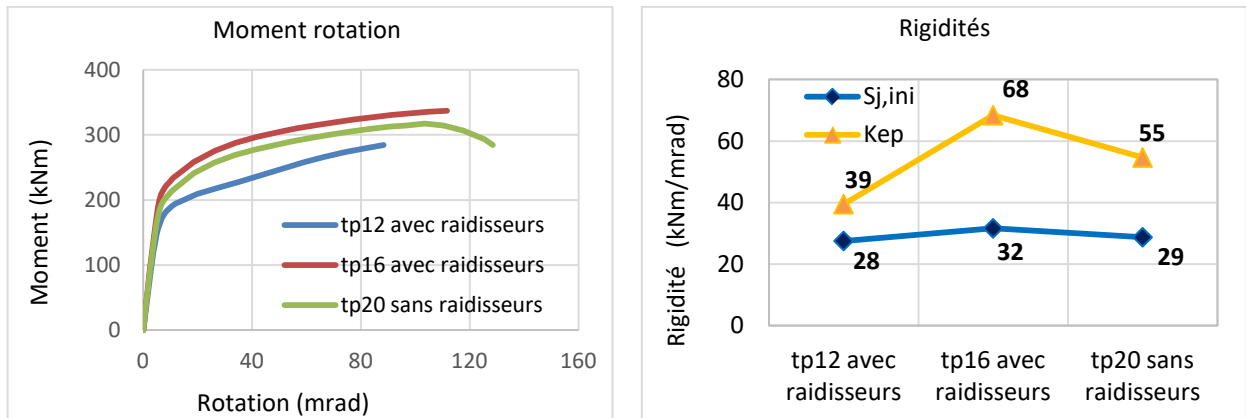


Figure 8. Comportement global avec et sans raidisseurs en fonction de t_p .

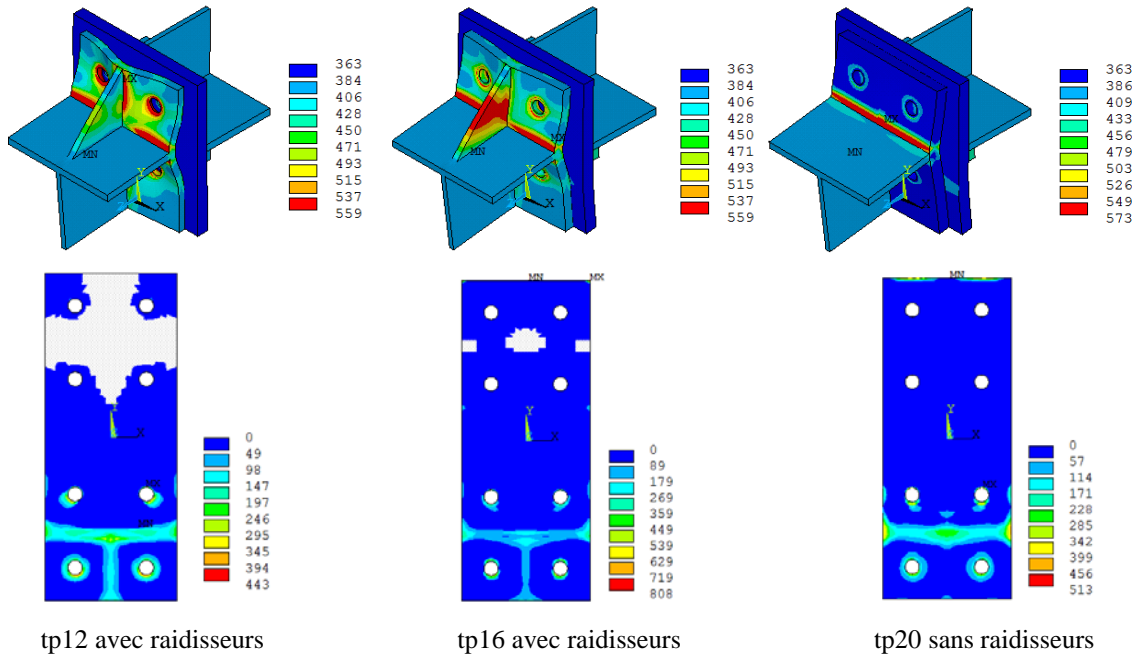


Figure 9. Modes de ruines et répartition des contraintes avec et sans raidisseurs en fonction de t_p .

D'après les figures 8 et 9, nous remarquons que la présence ou non des raidisseurs combinés avec des différentes épaisseurs de platine influe sur les performances mécaniques ainsi que les modes de ruines. L'assemblage tp16 avec raidisseurs présente de meilleures caractéristiques en terme de résistance et rigidité comparé à tp20 sans raidisseurs. Cette comparaison nous mène à montrer l'importance que peut apporter les

raideurs de platine d'about tout en réduisant son épaisseur. L'apport fourni par les raidisseurs est constaté tout d'abord en zone tendue où nous remarquons une plastification partielle entre un mécanisme plastique de la platine d'about en flexion au niveau de la semelle supérieure de la poutre et une plastification de raidisseur situé à son débord extérieur. Cependant, pour l'assemblage tp20 sans raidisseurs, le mécanisme plastique est bien clair avec une déformation flexionnelle de la platine d'about assez importante provoquant un effort de levier plus important et par conséquent un effort supplémentaire dans les boulons. Bien que l'assemblage tp12 dispose des raidisseurs, il a été remarqué que la plastification était bien concentrée à la platine d'about au droit des raccords raidisseur et semelle supérieure de la poutre. Un autre point important est celui de la distribution des contraintes de contact en zone comprimée qui s'étend au dessous de la semelle inférieure de la poutre. Ceci s'explique par la position de centre de compression de l'assemblage qui est décalée vers le bas par la présence des raidisseurs.

5.2. Effet de la disposition des raidisseurs

Dans cette partie, nous nous intéressons à la disposition des raidisseurs aux débords de la platine d'about par rapport au sens du chargement extérieur. Quatre configurations sont modélisées, nommées JR1, JR2, JR3 et JR4 et sont illustrées dans la figure 10. Les résultats du comportement global, moment rotation et rigidités sont présentés dans la figure 11.

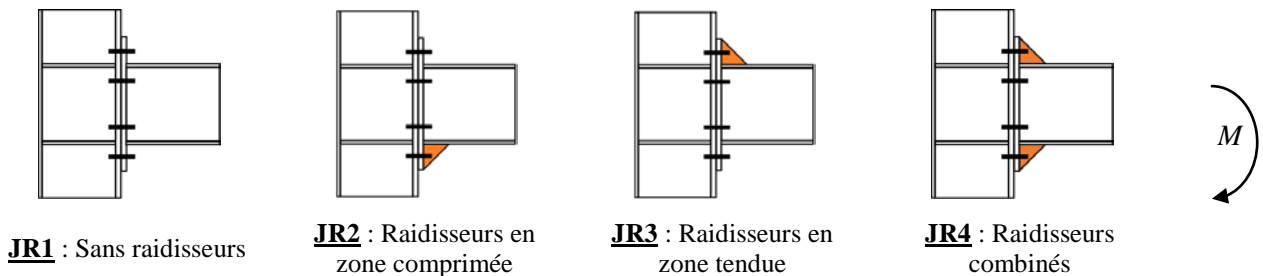


Figure 10. Modèles avec et sans raidisseurs en fonction de leurs dispositions.

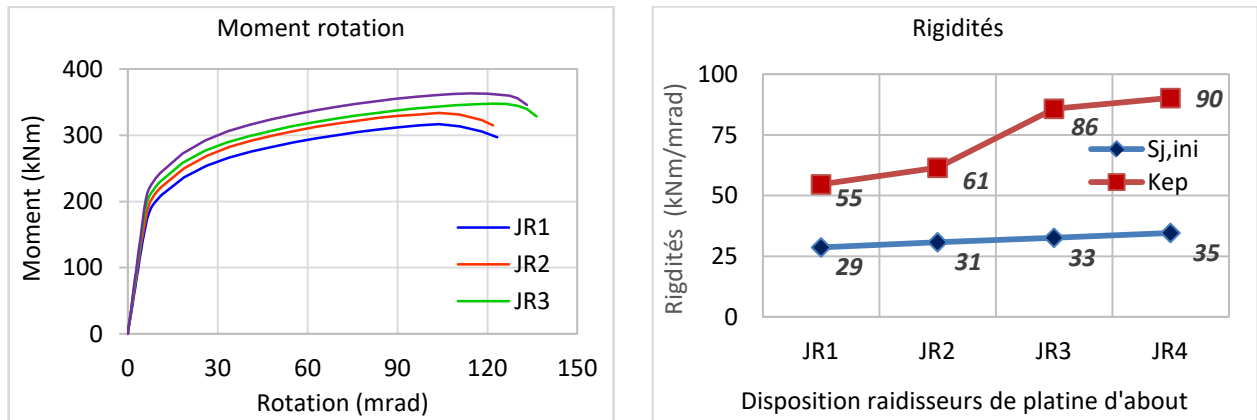


Figure 11. Comportement global avec et sans raidisseurs en fonction de leurs dispositions.

La disposition des raidisseurs de platine d'about est remarquable sur le comportement mécanique global. L'assemblage JR4, possédant une platine d'about raidie en zone tendue et comprimée présente de meilleures performances par rapports aux autres. Pour JR1 et JR3, la présence de raidisseur en zone tendue est claire en termes de résistance et rigidité initiale $S_{j,ini}$, d'où nous constatons une augmentation de respectivement +9% et +12%. De plus, pour la rigidité liée à la platine d'about K_{ep} , nous avons enregistré une augmentation assez remarquable de +36%.

Pour JR1 et JR2, la présence de raidisseur en zone comprimée augmente la résistance ultime de +6%. Quant à la rigidité initiale de l'assemblage $S_{j,ini}$ et la rigidité relative à la platine d'about K_{ep} , nous avons constaté une augmentation de +7% et +11 % respectivement. Ces augmentations apportées par le raidisseur en zone comprimée de l'assemblage ne sont pas prises en compte dans la procédure de calcul selon l'EC3.

Les figures ci-dessous présentent des résultats supplémentaires difficiles à mesurer physiquement illustrant l'effet des raidisseurs de platine d'about. Il s'agit de la distribution des contraintes de contact (figure 12) et la position des efforts de levier et de compression (figure 13).

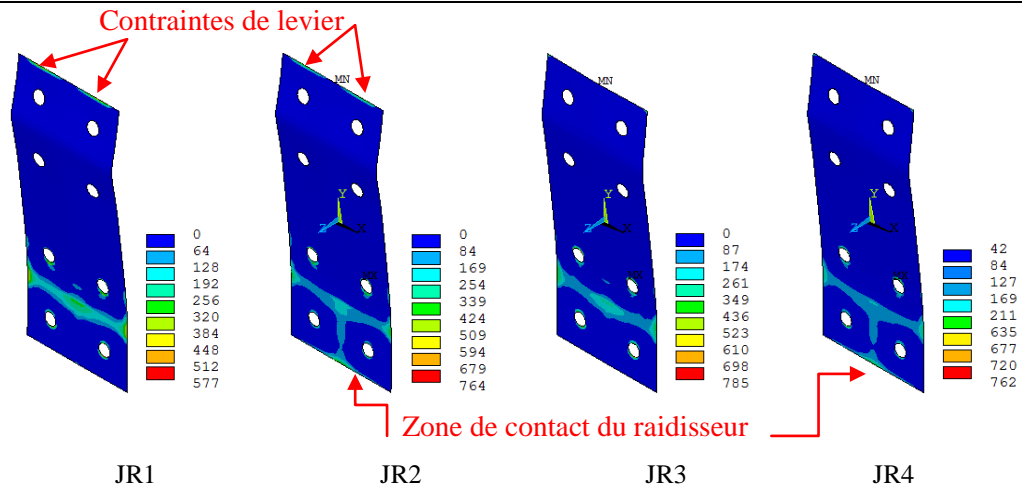


Figure 12. Contraintes de contact sur la platine d'about en fonction de la disposition des raidisseurs.

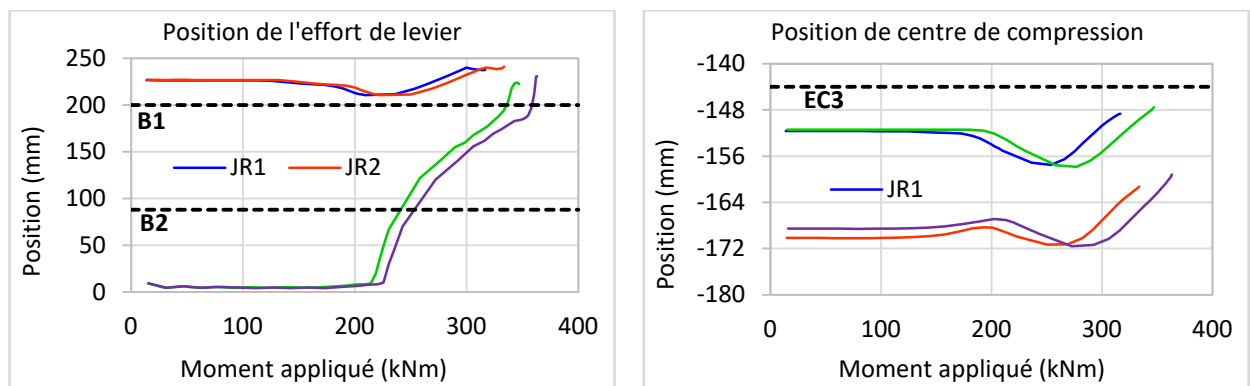


Figure 13. Position des efforts de levier et de compression en fonction de la disposition des raidisseurs.

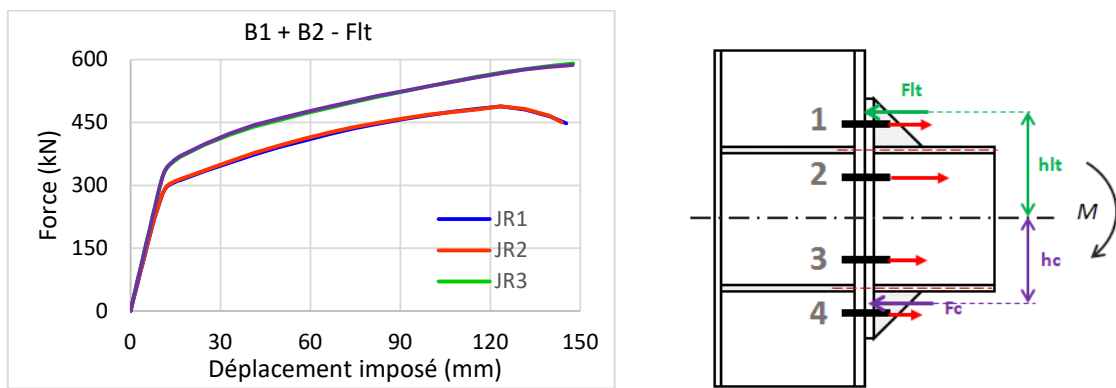


Figure 14. Evolution des efforts en zone tendue en fonction de la disposition des raidisseurs.

La présence des raidisseurs au débord de la platine d'about en zone comprimée de l'assemblage augmente sa surface de contact avec le poteau au voisinage de la rangée 4 (figure 12). Cependant, nous remarquons que la position de l'effort de compression (figure 13) se décale vers le bas par rapport au centre de compression de l'EC3, située à l'axe neutre de la semelle inférieure de la poutre. Ce décalage est remarqué pour les assemblages raidis provenant de la présence des raidisseurs et des assemblages non raidis provenant du débord extérieur de la platine d'about en zone comprimé.

La présence des raidisseurs au débord de la platine d'about en zone tendue de l'assemblage augmente sa rigidité et réduit sa déformation flexionnelle. Cela, influe d'une manière directe sur les efforts de boulons et l'effort de levier ainsi que sa position. La position de levier (figure 13) pour les spécimens non raidis est toujours au-dessus de la rangée 1 tandis que pour les spécimens raidis, elle varie en fonction de chargement. L'effort de levier est moins important pour les spécimens raidis ce qui nous conduit à obtenir un équilibre de forces de traction plus important ($B_1 + B_2 - F_{lt}$) permettant un apport supplémentaire en termes de résistance et raideur initiale (figure 14).

5.3. Combinaison débord platine / raidisseurs en zone comprimée

Deux configurations d'assemblages avec platine d'about débordante uniquement en zone comprimée, nommées A1 et A2 (figure 15), sont étudiées et comparées afin de voir l'influence des raidisseurs de manière plus approfondie.

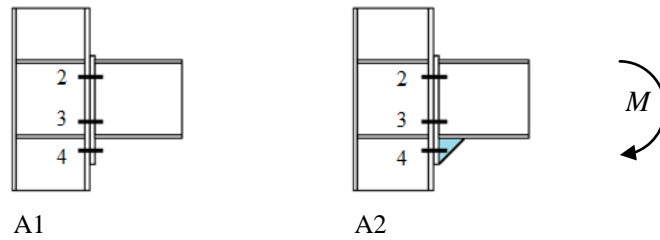


Figure 15. Modèles avec et sans raidisseurs en zone comprimée

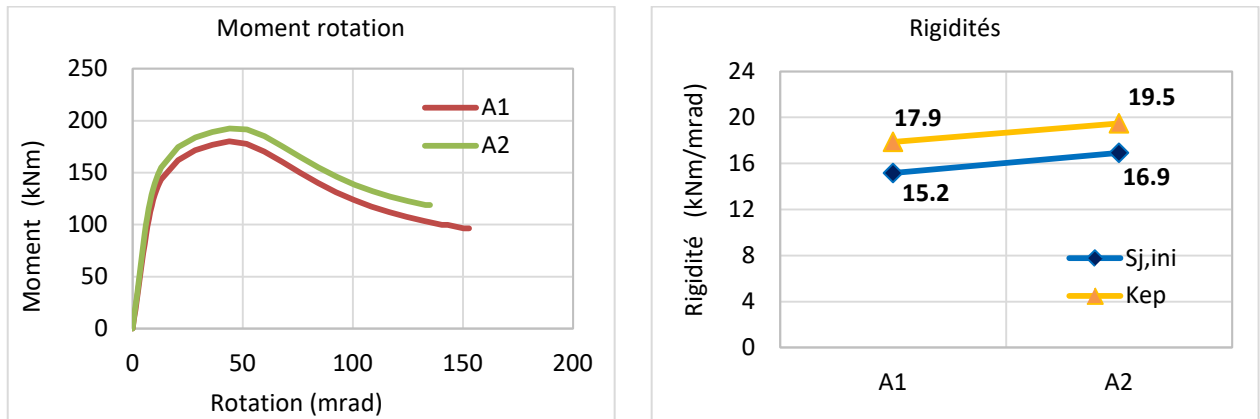


Figure 16. Comportement global avec et sans raidisseurs en zone comprimée

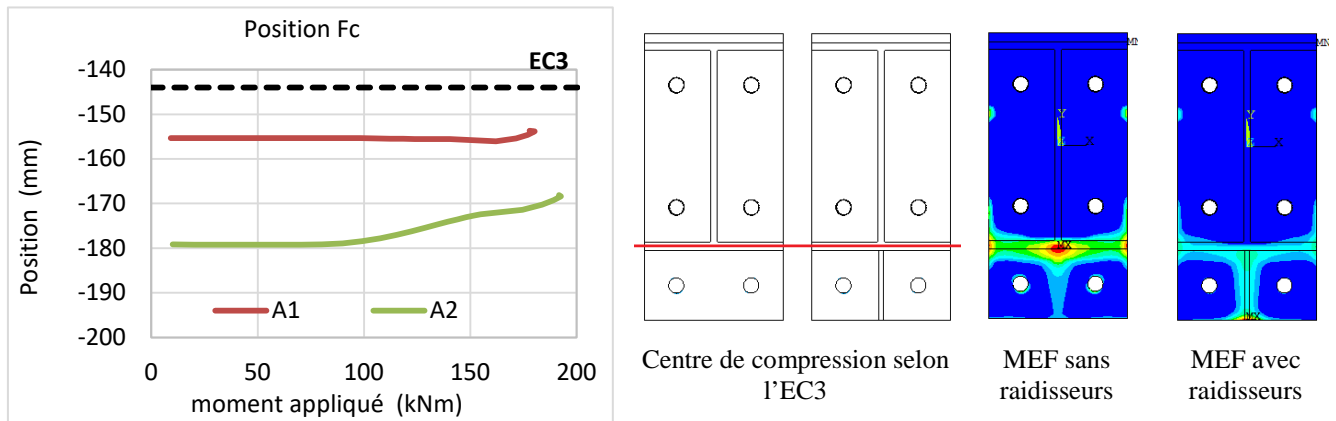


Figure 17. Centre de compression avec et sans raidisseurs en zone comprimée

D'après la figure 16, nous constatons que les deux assemblages A1 et A2 présentent la même allure de courbe moment-rotation au cours de chargement avec une phase élastique suivie par une phase plastique et au final, une phase ultime correspondant à la ruine des boulons. Nous remarquons que la présence des raidisseurs de platine d'about en zone comprimée de l'assemblage influence ses caractéristiques mécaniques d'où une augmentation enregistrée en moyenne respectivement de l'ordre +10% et +16% en termes de résistance et raideur initiale. Cette augmentation est issue de déplacement de centre de compression de l'assemblage qui est poussé vers le bas comme illustré dans la figure 17 et par conséquent un bras de levier plus important. Le déplacement de centre de compression provient majoritairement de la présence de raidisseur en zone comprimée de l'assemblage d'un côté et de façon moins importante due au débord extérieur de la platine d'about d'un autre côté comparé avec sa position donnée par l'EC3.

5.4. Combinaison débord platine / raidisseurs en zone tendue

Deux configurations d'assemblages avec platine d'about débordante en zone tendue seulement, nommés J1 et J2 (figure 18), sont étudiées et comparées afin de voir l'influence des raidisseurs de manière plus détaillée.

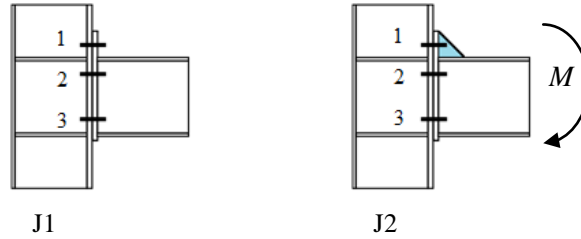


Figure 18. Modèles avec et sans raidisseurs en zone tendue.

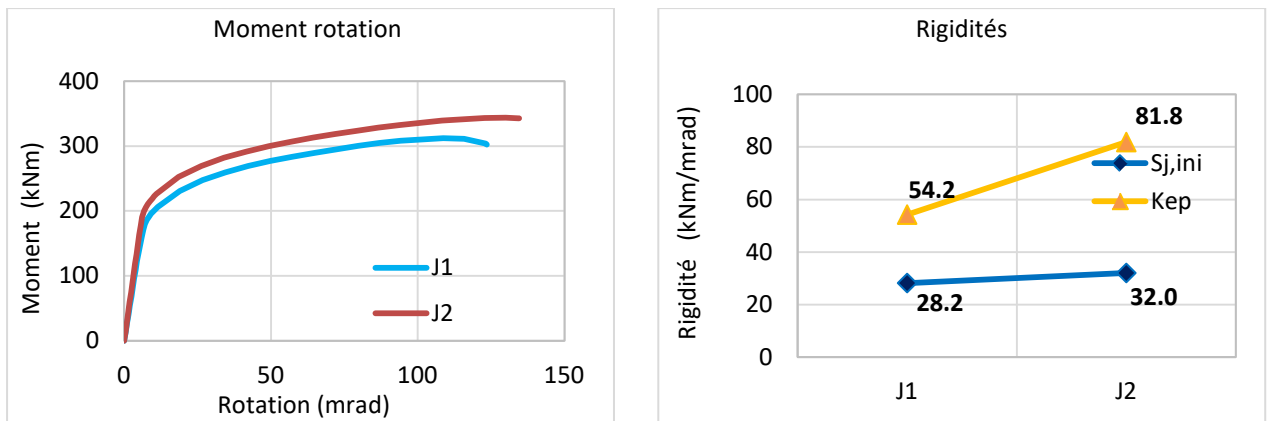


Figure 19. Comportement global avec et sans raidisseurs en zone tendue.

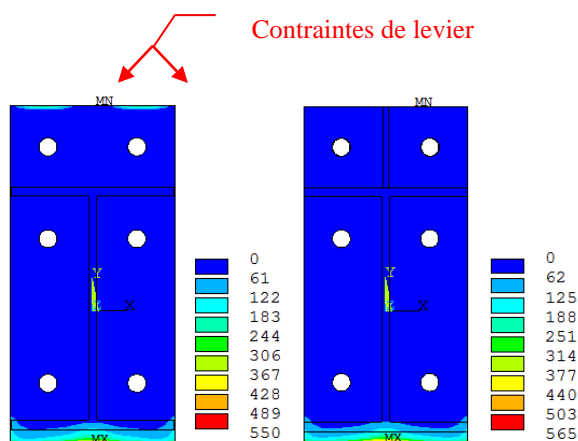


Figure 20. Contraintes de contact avec et sans raidisseurs au débord de la zone tendue.

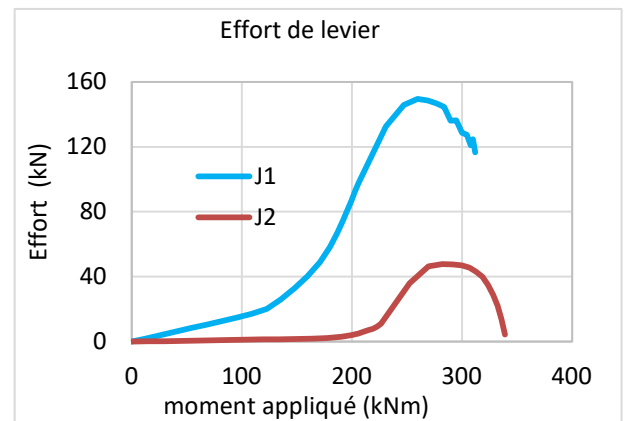


Figure 21. Effort de levier avec et sans raidisseurs en zone tendue.

D'après la figure 19, nous constatons que la présence du raidisseur au débord extérieur de la platine d'about en zone tendue de l'assemblage influe d'une manière significative sur le comportement global moment rotation, la raideur initiale ainsi que l'évolution des efforts de boulons et de levier. L'apport de raidisseur réduit la déformation flexionnelle de la platine d'about et cela a un impact direct sur l'effort de levier ainsi que sa position (figure 20 et 21). Il a été constaté que l'effort de levier est bien présent et plus important dans l'assemblage J1 et sa position reste toujours au-dessus de la rangée 1 durant le processus de chargement. Pour l'assemblage J2, la présence de l'effort de levier est enregistrée à partir d'un moment égale à 180 kNm et sa position demeure variable entre la rangée 1 et 2. La présence du raidisseur en zone tendue permet une rigidité supplémentaire estimée à +13% de l'assemblage en général et de +33% de la platine d'about en particulier (sans prise en compte du cisaillement du panneau d'âme).

6. Conclusions

Dans cet article, nous avons présenté une étude paramétrique qui a été menée sur 11 différents modèles numériques pour mettre en évidence l'influence de certains paramètres relatifs aux raidisseurs de platine d'about sur le comportement des assemblages boulonnés. Nous pouvons déduire les conclusions suivantes :

- Les résultats du modèle en éléments finis ont été validés par rapport aux travaux expérimentaux existants dans la littérature, en termes de loi de comportement moment-rotation ($M-\theta$) et des modes de ruines. Cela nous permet de dire que le modèle numérique proposé dans cette étude est précis et capable de fournir des résultats satisfaisants concernant le comportement mécanique des assemblages poteau-poutre avec platine d'about raidis.

-La présence des raidisseurs de platine d'about influe largement sur le comportement d'un assemblage ainsi que sur ses modes de ruines. Il a été constaté que la résistance et la rigidité d'une jonction par platine d'about raidie de faible épaisseur peut être équivalente à une platine plus épaisse non raidi tout en restant dans un comportement flexionnel ductile de l'assemblage.

- La présence des raidisseurs de platine d'about en zone tendue de l'assemblage améliore la résistance et la rigidité. Ils ont pour but de rigidifier la platine d'about et réduire sa déformation flexionnelle ce qui conduit à un effort de levier moins important et au final des boulons moins sollicités comparée à une platine d'about non raidie.

- Les raidisseurs de la zone comprimée au niveau de débord de la platine apportent des modifications de l'assemblage. Ils permettent une rigidité supplémentaire comparée à une platine d'about non raidie. De plus, ils changent le centre de compression de l'assemblage ce qui conduit à un bras de levier plus important pour la détermination du moment.

7. Bibliographie

- [1] C. Faella, V. Piluso et G. Rizzano, *Structural Steel Semirigid Connections: Theory, Design, and Software*, CRC Press; 1st édition éd., 1999.
- [2] E. Lui et W. Chen, «Steel frame analysis with flexible joints,» *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 8, pp. 161-202, 1987. [https://doi.org/10.1016/0143-974X\(87\)90058-7](https://doi.org/10.1016/0143-974X(87)90058-7)
- [3] A. Colson et R. BJORHOLVDE, «Intérêt économique des assemblages semi-rigides,» *Revue construction métallique*, vol. 29, n° 12, pp. 37-41, 1992.
- [4] M. Iványi, «Semi-rigid connections in steel frames,» chez *Semi-Rigid Joints in Structural Steelwork*, Springer Vienna, 2000, pp. 1-101. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-2478-9_1
- [5] NF EN 1993-1-8, «Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-8 : calcul des assemblages,» Décembre 2005.
- [6] Y. Shi, G. Shi et Y. Wang, «Experimental and theoretical analysis of the moment-rotation behaviour of stiffened extended end-plate connections,» *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 63, n° 19, pp. 1279-1293, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2006.11.008>
- [7] G. Shi, Y. Shi, Y. Wang et F. Bijlaard, «Monotonic loading tests on semi-rigid end-plate connections with welded I-shaped columns and beams,» *Advances in Structural Engineering*, vol. 13, n° 12, pp. 215-229, 2010. <https://doi.org/10.1260/1369-4332.13.2.215>
- [8] A. Abidelah, A. Bouchaïr et D. E. Kerdal, «Experimental and analytical behavior of bolted end-plate connections with or without stiffeners,» *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 76, pp. 13-27, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2012.04.004>
- [9] M. D'Aniello, R. Tartaglia, S. Costanzo et R. Landolfo, «Seismic design of extended stiffened end-plate joints in the framework of Eurocodes,» *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 128, pp. 512-527, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2016.09.017>
- [10] R. Tartaglia et M. D'Aniello, «Nonlinear performance of extended stiffened end plate bolted beam-to-column joints subjected to column removal,» *The Open Civil Engineering Journal*, vol. 11, n° 11, pp. 369-383, 2017. <https://doi.org/10.2174/1874149501711010369>
- [11] R. Tartaglia, M. D'Aniello et R. Landolfo, «The influence of rib stiffeners on the response of extended end-plate joints,» *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 148, pp. 669-690, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2018.06.025>
- [12] S. B. Merad Boudia, N. Boumechra, A. Missoum et A. Bouchaïr, «Comportement Mécanique d'Assemblages Poteau-Poutre Boulonnés Raidis,» *Revue Algérie Equipement*, n° 158, pp. 12-20, 2018. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.20338086.v1>
- [13] S. B. Merad Boudia, N. Boumechra, A. Bouchaïr et A. Missoum, «Modeling of bolted endplate beam-to-column joints with various stiffeners,» *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 167, p. 105963, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.105963>
- [14] W. Zhao et G. Tong, «Demand on Stiffeners in Stiffened Extended End-plate Connections,» *Advances in Structural Engineering*, vol. 15, n° 18, pp. 1455-1469, 2012. <https://doi.org/10.1260/1369-4332.15.8.1455>
- [15] C. C. Dong et W. Zhao, «Test analysis of stiffened T-stub connections,» chez *Applied Mechanics and Materials*, 2015. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.744-746.319>
- [16] ANSYS, *Mechanical APDL Release 15.0*, 2013.
- [17] Z. Al Khatib, «Analyse de comportement des assemblages métalliques renforcés par contre-plaques: Approche numérique et validation expérimentale,» 2003.
- [18] A. Abidelah, «Analyse numérique du comportement d'assemblages métalliques. Approche numérique et validation expérimentale,» 2009.
- [19] P. M. L. Vilela, H. Carvalho, L. F. Grilo, P. A. Montenegro et R. B. Calçada, «Unitary model for the analysis of bolted connections using the finite element method,» *Engineering Failure Analysis*, vol. 104, pp. 308-320, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.06.001>