



**HAL**  
open science

## Modélisation des Assemblages Poteau-Poutre par Platine d'Aout et Raidisseurs

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

► **To cite this version:**

Sofiane Boumedyen Merad Boudia, Nadir Boumechra, Abdelghani Missoum, Abdelhamid Bouchair.  
Modélisation des Assemblages Poteau-Poutre par Platine d'Aout et Raidisseurs. 2<sup>ème</sup> Conférence  
Internationale de la Construction Métallique et Mixte (CICOMM'2018), Oct 2018, Alger, Algérie.  
10.6084/m9.figshare.20338131.v1 . hal-03916916

**HAL Id: hal-03916916**

**<https://hal.science/hal-03916916v1>**

Submitted on 31 Dec 2022

**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.

Public Domain

# MODELISATION DES ASSEMBLAGES POTEAU-POUTRE PAR PLATINE D'ABOUT ET RAIDISSEURS

MERAD BOUDIA Sofiane Boumedyen<sup>1\*</sup>, BOUMECHRA Nadir<sup>1</sup>, MISSOUM Abdelghani<sup>1</sup>, BOUCHAIR Abdelhamid<sup>2</sup>,

\* Correspondant : [meradsofiane@yahoo.fr](mailto:meradsofiane@yahoo.fr)

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

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

**Résumé :** *Les liaisons boulonnées par platine d'about représentent une solution pratique largement utilisée dans les assemblages structuraux poteau-poutre souvent considérés comme semi-rigides. Le présent papier a pour but d'étudier le comportement mécanique des assemblages métalliques poteau-poutre boulonnés par platine d'about débordante soumis à un moment de flexion et comportant différents raidisseurs. L'étude est basée sur un modèle en éléments finis qui tient compte des non-linéarités géométrique, matérielle et de contact entre les éléments assemblés. Les boulons sont précontraints ou non. Le modèle numérique est validé sur la base des résultats expérimentaux disponibles dans la littérature. Une étude paramétrique est menée et ses résultats comparés avec ceux de l'approche analytique proposé par l'Eurocode 3.*

**Mots-Clefs :** Assemblages, Poteau, Poutre, Platine, Boulons, Résistance, Rigidité.

**Abstract :** *The bolted end-plate connections represent a practical solution widely used in column beam structural joints often considered as semi-rigid. The purpose of this paper is to study the mechanical behavior of bolted end plate column beam joints with different stiffening modes subjected to a bending moment. The study is based on a finite element model taking into account the geometrical and material nonlinearities with contact between the connected elements. The bolts are prestressed or not. The numerical model is validated on the basis of the experimental results available in the literature. A parametric study is performed and its results compared with those of the analytical approach proposed by Eurocode3.*

**Key-Words:** Joints, Column, Beam, Plate, Bolts, Resistance, Rigidity.

## 1. Introduction

Les assemblages par platine d'about sont largement utilisés dans les structures en acier. Ils se composent d'une platine soudée à l'extrémité de la poutre et liée par un certain nombre de rangées de boulons à la semelle du poteau. Leur utilisation large peut se justifier par leur économie, leur caractère semi-rigide [1], leur simplicité de fabrication, leurs performances mécaniques et la possibilité de transmettre tous types de sollicitations simples ou composées contrairement à d'autres types d'assemblages. Ce mode constructif peut être utilisé pour la jonction poteau-poutre (figure 1.a et figure 1.b), la continuité de poutres (figure 1.c) et les liaisons de pieds de poteaux (figure 1.d). Cependant, leur comportement mécanique est relativement complexe à analyser en raison des discontinuités dans les zones d'attache. De plus, de nombreux paramètres influent sur leur comportement comme la position des boulons et leur espacement, le débord de la platine d'about, les dimensions du poteau et de la poutre, la précontrainte dans les boulons, les zones de contact, la position du centre de compression et la présence éventuelle de raidisseurs.

La recherche à comprendre le comportement de ce type d'attaches ouvre un large domaine de recherche. Il a conduit les chercheurs à réaliser des essais expérimentaux et à développer des modèles numériques afin d'en sortir des équations analytiques simples représentant le comportement de ces assemblages. Certaines formes de ces formulations sont proposées pour des utilisations pratiques par des ingénieurs de bureaux d'études.

Diverses méthodes d'analyse et de modélisation ont été suggérées pour étudier les caractéristiques semi-rigides des assemblages poteau-poutre et leur influence sur la réponse du reste des éléments structuraux. L'Eurocode 3, partie 1.8 [2] inclut un modèle analytique simplifié pour représenter le comportement des assemblages semi-rigides. Ce modèle permet d'obtenir la loi moment-rotation ( $M-\Phi$ ) de l'assemblage. La méthode des composantes de l'Eurocode 3 [2] divise l'assemblage étudié en différentes zones (zone tendue, zone comprimée et zone cisailée). Le comportement de l'assemblage en zone tendue est représenté par des tronçons en té se caractérisant par une longueur efficace et une résistance plastique. Actuellement, la méthode des composantes permet d'évaluer le moment résistant élastique et plastique de l'assemblage ainsi que sa rigidité initiale avec des combinaisons géométriques différentes. Ceci peut concerner la géométrie de

la platine d'about, le diamètre et la position des boulons ainsi que la présence de raidisseurs au niveau de l'âme de poteau. Cependant, certains paramètres ne sont pas pris en compte ou considérés seulement de façon partielle. Ainsi, les goussets ou les raidisseurs au niveau du débord de la platine d'about, l'effet de la précontrainte des boulons ainsi que la capacité de rotation de l'assemblage sont peu abordés.

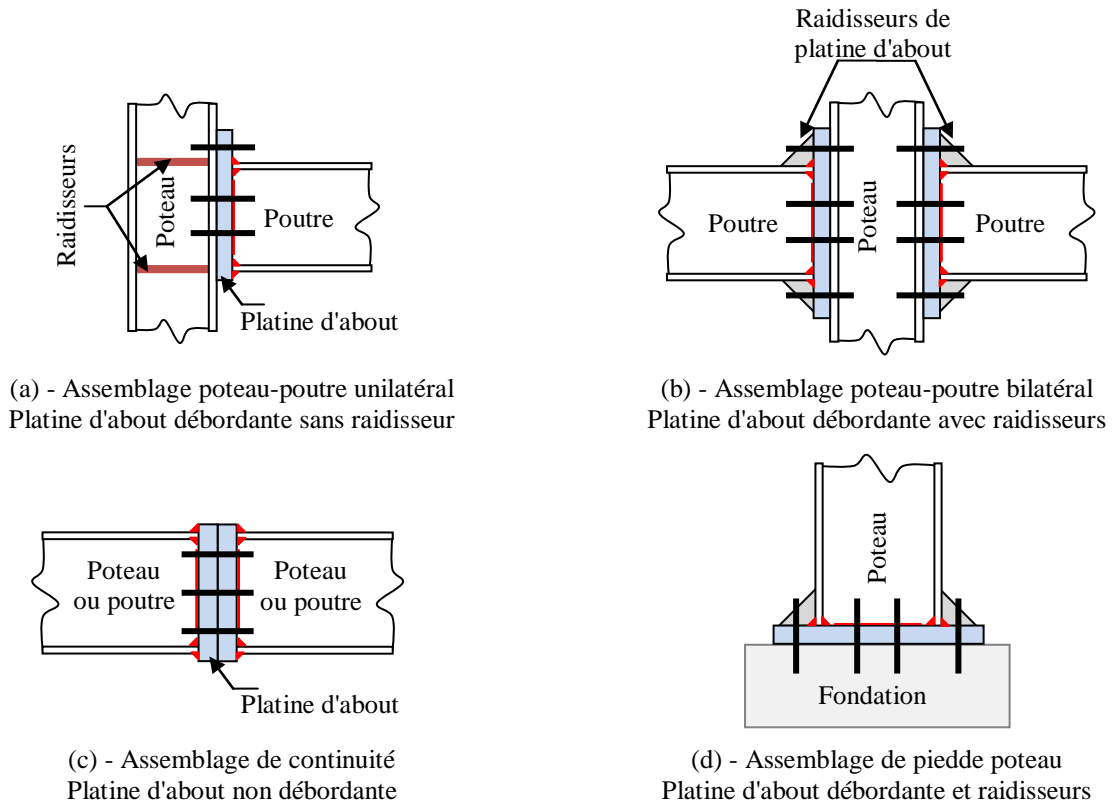


Figure 1. Exemples d'assemblages boulonnés par platine d'about.

De nombreuses recherches sur les assemblages boulonnés par platine d'about ont été effectuées analytiquement, expérimentalement et numériquement afin de déterminer une méthode précise pour prédire le comportement moment-rotation. Krishnamurthy et Graddy [3] ont proposé une approche de modélisation en 3D des assemblages métalliques. Une modélisation de la zone tendue représentée par un tronçon en té a été développée par Bursi et Jaspart [4]. Elle a été ensuite étendue sur des spécimens à grandes échelles [5-6] en utilisant des éléments volumiques à 20 nœuds. Deux tronçons en té non raidis ont été modélisés par Merad et al. [7] en tenant compte de la précontrainte dans les boulons afin de voir son effet. Shi. G et al. [8] ont élaboré un programme d'essais sur des assemblages poteau-poutre avec ou sans des platines d'about débordantes, au total, huit assemblages sont testés numériquement et expérimentalement. Les paramètres étudiés sont l'épaisseur de la platine d'about, les raidisseurs de la platine et de l'âme du poteau ainsi que le diamètre des boulons. Shi. Y et al. [9] présentent un modèle théorique pour l'évaluation de la loi moment-rotation dans les assemblages boulonnés avec platine d'about débordante. Abidelah et al. [10] ont entamé une étude expérimentale et numérique des assemblages boulonnés par platine d'about raidie ou non de type poteau-poutre et poutre-poutre. Le modèle numérique tient compte des non linéarités géométrique et matérielle afin de reproduire de façon précise le comportement réel des assemblages. Lima et al. [11] ont testé trois spécimens pour permettre la prédiction de la résistance du moment et de la capacité de rotation autour de l'axe faible de poteau des liaisons semi-rigides poutre-poteau. Merad et al. [12-13] ont mené une étude paramétrique à partir de différents modèles numériques sur des assemblages poteau-poutre boulonnés afin de voir l'influence de certains paramètres tels que les raidisseurs d'âme de poteau et de la platine d'about. Rafaatet al. [14] présentent une étude numérique suivie par une étude paramétrique dans un assemblage unilatéral raidi.

Le premier objectif de la présente étude est de développer un modèle en éléments finis 3D d'un assemblage poteau-poutre boulonné par platine d'about en tenant compte des non linéarités matérielle et géométrique, de la précontrainte des boulons et du contact entre les éléments assemblés et le valider par comparaison avec des résultats expérimentaux [8-9]. Le deuxième objectif est d'utiliser ce modèle pour mener une étude paramétrique en vue d'évaluer l'effet de certains paramètres tels que la précontrainte dans les boulons et la présence des raidisseurs de l'âme de poteau et de la platine d'about.

## 2. Géométrie des assemblages étudiés

Quatre spécimens d'assemblages poteau-poutre boulonnés par platine d'about débordante comportant quatre rangées de boulons, nommés J1 à J4, ont été testés sous chargements statique par un effort appliqué à l'extrémité libre de la poutre qui génère un moment fléchissant et un effort tranchant dans la zone d'assemblage (voir figure 5) [8-9]. Les paramètres étudiés dans ces essais concernent l'influence de l'épaisseur de la platine d'about, l'effet du diamètre des boulons et l'effet des raidisseurs. D'autres comparaisons sont possibles en combinant plusieurs de ces paramètres.

Les profils utilisés sont des PRS dont la soudure entre l'âme et les semelles est de 8 mm. Les dimensions des sections (hauteur, largeur, ...) sont données dans le [tableau 1](#).

Tableau 1. Caractéristiques géométriques des profilés assemblés [8-9].

	Hauteur h (mm)	Largeur b (mm)	Epaisseur d'âme $t_w$ (mm)	Epaisseur des semelles $t_f$ (mm)
Poteau	300	250	8	12
Poutre	300	200	8	12

Les épaisseurs de la platine d'about variant de 16 à 25 mm sont associées avec des boulons précontraints de classe 10.9 et de diamètre M20 et M24 selon le type de spécimen (voir [tableau 2](#)). Des épaisseurs de 12 mm et 10 mm sont utilisées respectivement pour les raidisseurs d'âme de poteau et les raidisseurs de la platine d'about. Les raidisseurs sont soudés aux autres éléments par des cordons de 8 mm. Les différentes pinces et les entraxes des boulons sont donnés dans la [figure 2](#).

Tableau 2. Détails des spécimens testés [8-9].

Spécimens	J1	J2	J3	J4
Epaisseur de la platine d'about. $t_p$ (mm)	16	20	25	25
Diamètre des boulons. $d_b$ (mm)	20	20	20	24

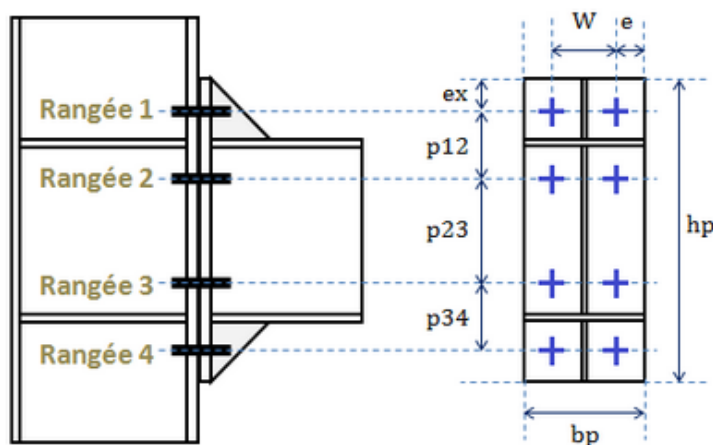


Figure 2. Détails des pinces et entraxes des assemblages testés [8-9].

Tableau 3. Détails des pinces et entraxes.

W (mm)	108
e (mm)	46
$e_x$ (mm)	50
p12 (mm)	112
p23 (mm)	176
P34 (mm)	112
$b_p$ (mm)	200
$h_p$ (mm)	500

## 3. Modèle éléments finis

Le modèle en éléments finis des assemblages étudiés est réalisé à l'aide du logiciel Ansys [15]. Dans cet article, nous avons choisi l'élément Solid45 [15] pour tous les composants de l'assemblage (poteau, poutre, platines et boulons). Cet élément comporte huit nœuds et trois degrés de liberté par nœud (3 translations :  $U_x$ ,  $U_y$  et  $U_z$ ). Le choix de l'élément a été justifié par des modèles élémentaires pour lesquels nous connaissons la solution analytique tels que des poutres en flexion et le contact d'Hertz [16].

Le modèle numérique développé comporte 61566 éléments et 74348 nœuds pour les spécimens complets avec raidisseurs d'âme et de platine. La taille des éléments de maillage varie en fonction de la zone, plus on se rapproche du nœud, le maillage est soigneusement raffiné. Le maillage du modèle est illustré dans la [figure 3.a](#). En se référant à différents travaux [10-17], le boulon est modélisé par une tige de forme cylindrique de diamètre constant égal à celui de sa partie non fileté [figure 3.b](#).

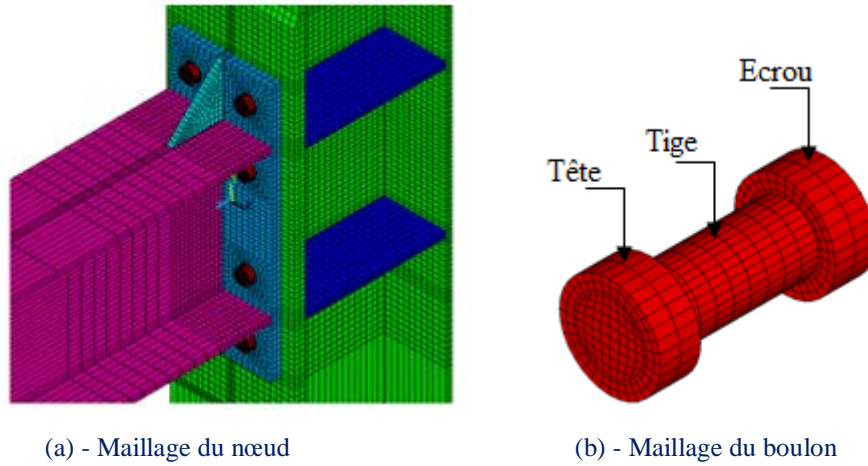


Figure 3. Maillage type de l'assemblage poteau-poutre avec raidisseurs.

Les caractéristiques mécaniques réelles, des profilés et des boulons, utilisées dans les modèles sont obtenues à partir des essais sur éprouvettes normalisées [8] (voir tableau 4). Les valeurs de la précontrainte des boulons M20 et M24a été obtenu à partir du code de dimensionnement Chinois pour les assemblages boulonnés [18].

Tableau 4. Caractéristiques mécaniques utilisées dans le modèle MEF.

Matériaux	Limite élastique $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	Limite ultime $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	Module de Young E (N/mm <sup>2</sup> )	Précontrainte $F_{pr}$ (kN)
Acier $t \leq 16$ mm	391	559	190707	-
Acier $t > 16$ mm	363	573	204228	-
Boulon M20	995	1160	206000	185
Boulon M24	975	1188	206000	251

L'interaction entre les différents composants de l'assemblage est prise en compte dans la modélisation. Le contact entre ces composants permet d'assurer la continuité des conditions aux limites dans les trois directions (x, y et z) et le transfert des efforts entre éléments. Le contact est de type surface-surface défini en quatre zones différentes (figure 4.a). Le coefficient de frottement des surfaces traitées de la semelle de poteau et de la platine d'about est pris égal à  $\mu_p = 0.44$  [8-9]. Les quatre zones de contact (figure 4.b) sont les suivantes :

- 1 - Contact semelle de poteau / platine d'about.
- 2 - Contact écrou / semelle de poteau.
- 3 - Contact tête du boulon / platine d'about.
- 4 - Contact tige du boulon / trou de perçage tenant en compte du jeu initial.

Ansys[15] permet de simuler facilement la précontrainte dans les boulons. Elle est définie par une force appliquée sur une section dans la tige suivant la direction z et transformée par la suite en contraintes sur les nœuds de la section définie figure 4.b.

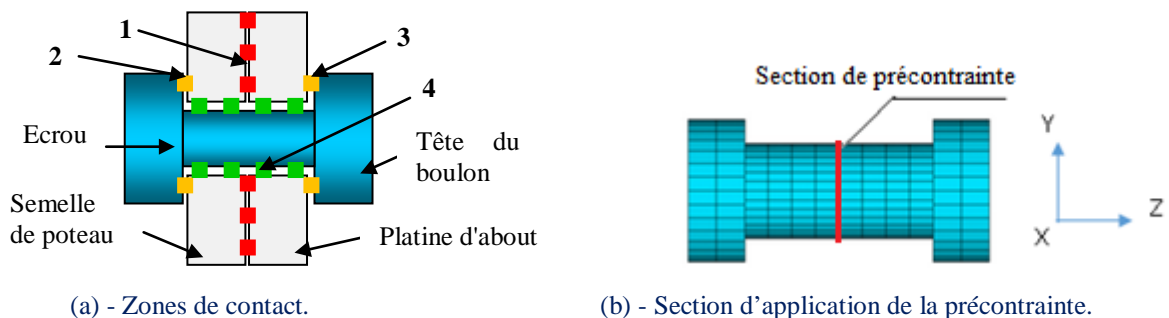


Figure 4. Zones de contact et précontrainte du boulon.

Les conditions aux limites et le chargement du modèle sont présentés dans la figure 5.a. L'analyse globale du comportement non linéaire est réalisée en deux étapes figure 5.b. Dans la première étape, la précontrainte est appliquée aux boulons reliant la semelle du poteau à la platine d'about. La deuxième étape permet d'appliquer la charge extérieure sur l'extrémité libre de la poutre avec le contrôle du déplacement imposé.

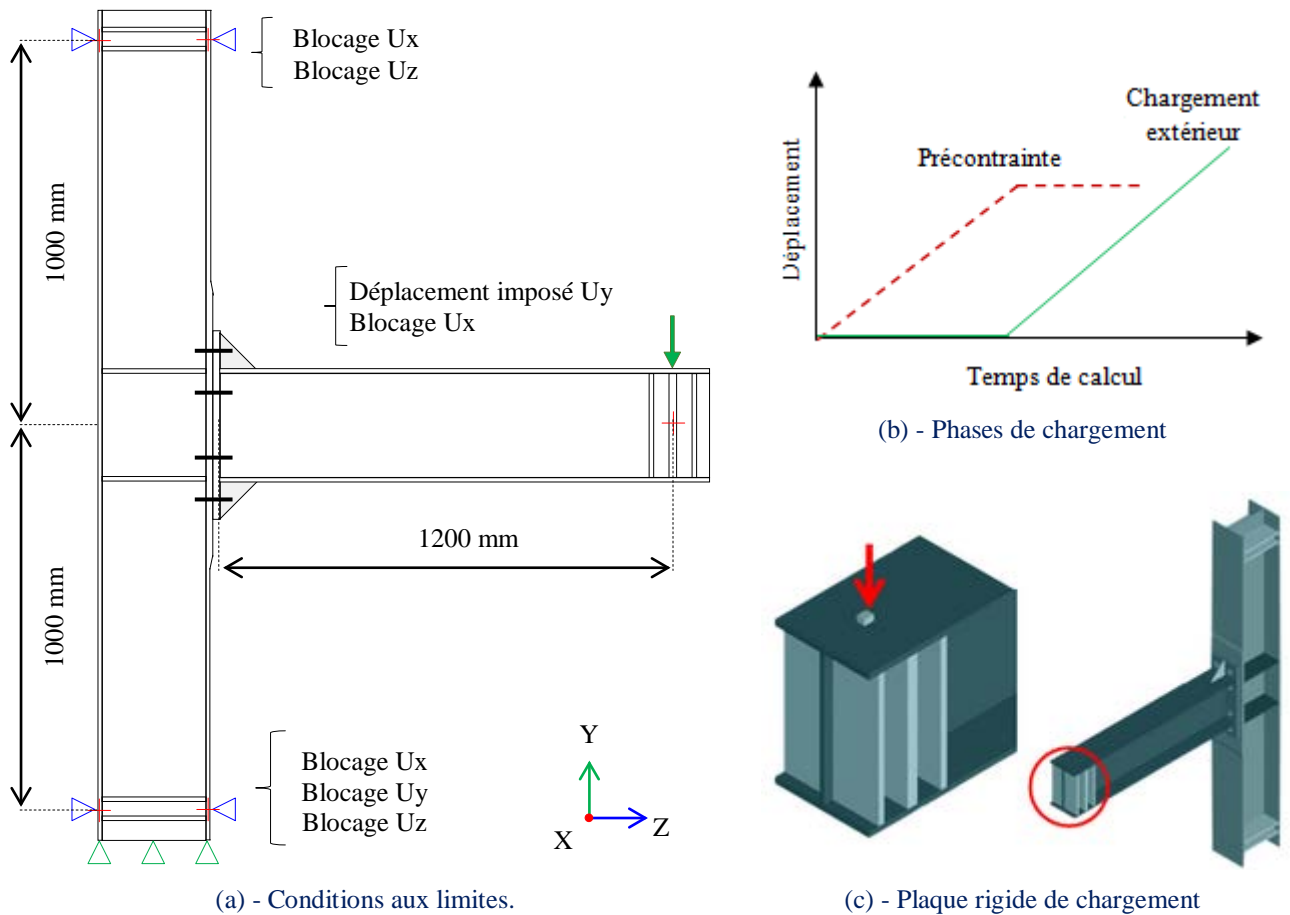


Figure 5. Assemblage modélisé : conditions aux limites et chargement.

## 4. Résultats numériques

### 4.1. Validation du modèle

Le modèle numérique a été validé par comparaison avec les essais expérimentaux cités précédemment en considérant la loi moment-rotation. La figure 7 illustre les résultats obtenus numériquement comparés avec les résultats expérimentaux pour les quatre spécimens [8].

La rotation  $\Phi$  est définie à partir des déplacements relatifs entre les deux lignes médianes des semelles supérieure et inférieure de la poutre [12]. Elle se divise en deux parties : la rotation ( $\Phi_s$ ) due au cisaillement du panneau d'âme du poteau et la rotation ( $\Phi_{ep}$ ) causée par la déformation entre la platine d'about et la semelle du poteau, incluant les déformations flexionnelles de la platine et de la semelle aussi bien que l'allongement des boulons. Le moment de l'assemblage est égal à l'effort appliqué multiplié par le bras de levier (1200 mm).

Les paramètres résultants suivants sont évalués à partir de la loi moment-rotation pour chaque spécimen : le moment élastique  $M_e$ , le moment plastique  $M_p$ , le moment ultime  $M_u$  et la rigidité initiale  $S_{j,ini}$ . Ces paramètres sont présentés dans la figure 6 et le tableau 5.

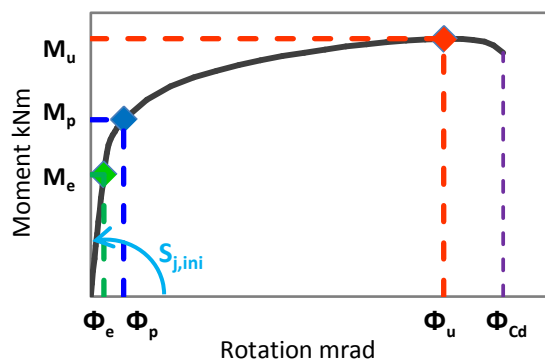


Figure 6. Caractéristiques de la courbe moment rotation.

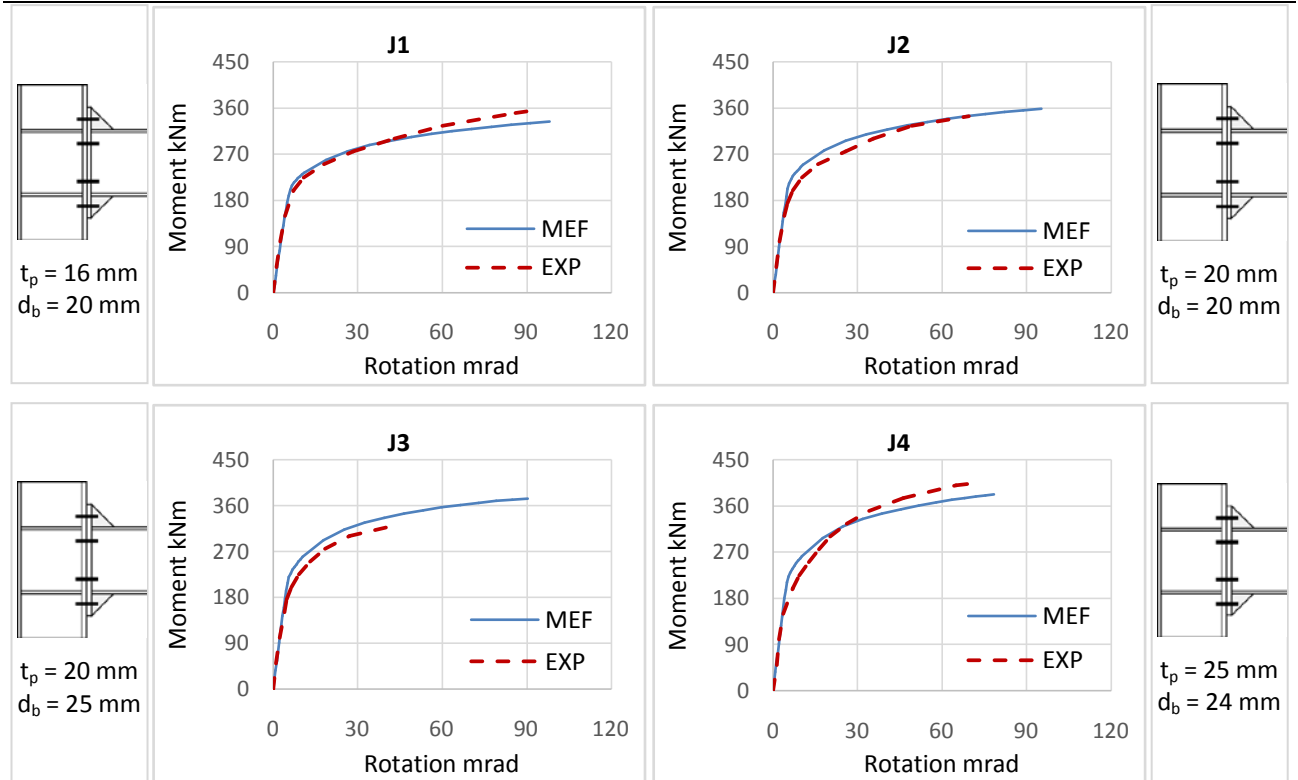


Figure 7. Comparaison des lois moment-rotation (essais-modèles).

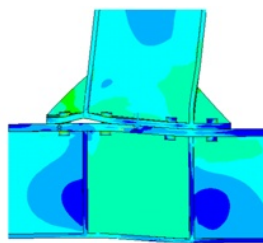
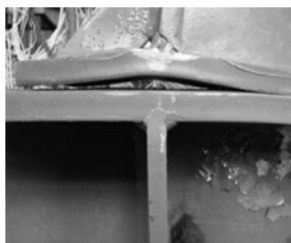
Tableau 5. Comparaison entre l'expérimental et le modèle numérique

Paramètres	$M_e$ (kNm)		Ratio MEF/EXP	$M_p$ (kNm)		Ratio	$M_u$ (kNm)		Ratio	$S_{j,ini}$ (kNm/mrad)		Ratio
	MEF	EXP		MEF	EXP		MEF	EXP		MEF	EXP	
J1	161	150	1.07	262	266	0.99	338	353	0.96	41	42	0.98
J2	172	168	1.02	249	239	1.04	363	344	1.05	46	52	0.87
J3	176	181	0.97	236	223	1.06	374	321	1.16	48	46	1.04
J4	180	184	0.98	253	263	0.96	384	405	0.95	48	47	1.02
Moyenne			1.01			1.01			1.03			0.98

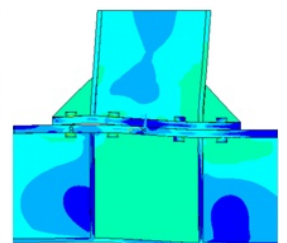
D'après le [tableau 5](#), les résultats numériques et expérimentaux sont proches en phases élastique et plastique avec un ratio moyen (MEF/essai) de 1,01 et un écart maximum de 7%. Le moment ultime montre un ratio moyen de 1,03 et un écart maximum de 16% alors que la rigidité initiale montre des valeurs respectives de 0,98 et 13%. Les divergences remarquées dans la comparaison pourraient être la cause d'un certain nombre de facteurs, y compris la précontrainte des boulons, le contact entre les éléments, le coefficient de frottement sur la surface de contact, les imperfections initiales et les instabilités éventuelles. Ces paramètres seront analysés dans de futurs développements. Dans l'ensemble, nous pouvons dire que le modèle éléments finis proposé donne de bons résultats et permet de représenter le comportement des assemblages étudiés.

#### 4.2. Déformées et modes de ruines

Les déformées obtenues par les modèles numériques sont présentées dans la [figure 8](#) pour le chargement qui correspond au moment ultime ( $M_u$ ). Ces déformées sont comparées à celles obtenues à partir des essais.



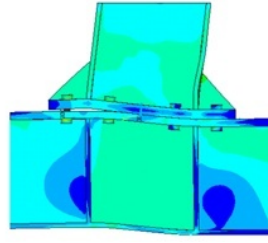
J1 : Ruine des boulons et plastification de la platine d'about



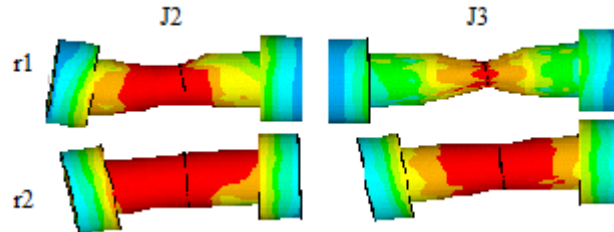
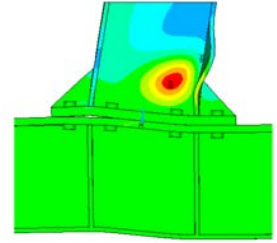
J2 : Ruine des boulons



J3 : Ruine des boulons



J4 : Voilement de l'âme et de la semelle de poutre en zone comprimée



Exemple de ruine des rangées de boulons tendues (rangée 1 et rangée 2) pour les spécimens J2 et J3.

Figure 8. Déformées en phase ultime et modes de ruine.

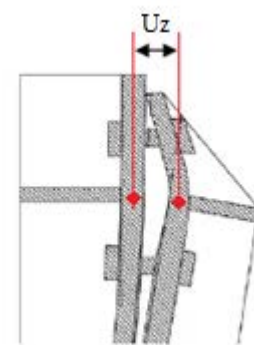
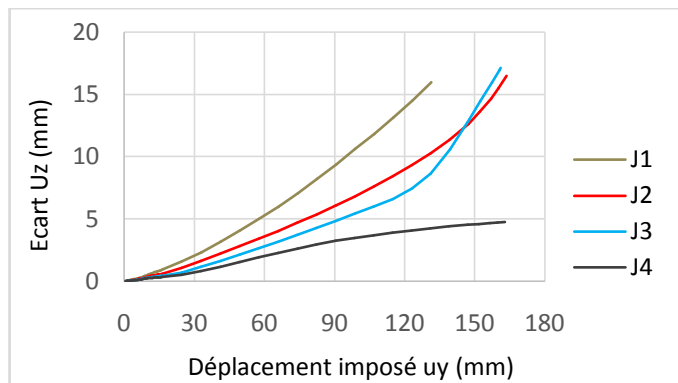


Figure 9. Ecart entre semelle de poteau et platine d'about en zone tendue.

Une comparaison entre les modes de ruine observés dans les essais et ceux obtenus par simulation numérique a été montrée sur la figure 8. Il peut être observé que l'augmentation du déplacement vertical ( $U_y$ ) est accompagné par celui de l'écartement entre la semelle de poteau et la platine d'about dans la zone de tendue de l'assemblage (figure 9). Cet écartement est maximum dans le spécimen J1 disposant de platine d'about de 16 mm et minimum dans le spécimen J4 où les boulons et la platine d'about sont de diamètre et d'épaisseur plus élevés. Dans la zone de compression, la semelle de la poutre atteint la ruine par voilement local pour la configuration possédant des boulons M24. Il ressort des comparaisons ci-dessus que le modèle éléments finis simule avec une précision acceptable le comportement des assemblages métalliques boulonnés avec platine d'about débordante.

#### 4.3. Etudes des efforts dans les boulons

L'étude des efforts internes de traction dans les boulons est une étape importante lors de la modélisation des assemblages boulonnés. Les résultats obtenus, nous conduit à exprimer que les boulons sont soumis à une combinaison d'efforts de traction et de moments de flexion. La force de traction dans les boulons obtenue numériquement indique l'amplitude de la force normale dans la direction axiale du boulon (axe Z) (figure 4.b) provoquée par le moment de flexion appliqué à l'assemblage en plus de la force de précontrainte initiale.

Les courbes de l'évolution des efforts internes de traction dans les boulons en fonction du moment appliqué sont représentées dans la figure 10, pour les configurations modélisées (J1 à J4). Sur chaque figure, les efforts des quatre rangées de boulons nommés fb1, fb2, fb3 et fb4 sont illustrés.

Il peut être observé que la distribution des efforts dans les boulons pour chaque spécimen modélisé est séparée par un axe neutre divisant l'assemblage en deux zones : zone tendue comportant les rangées 1 et 2 et zone comprimée comportant les rangées 3 et 4 (voir figure 2). Bien que les rangées 3 et 4 se trouvant en zone comprimée, les efforts internes de traction dans les boulons sont présents. Cela s'explique par la précontrainte initiale dans les boulons qui engendre un déchargement des boulons en zone comprimée sans pour cela annuler l'effet de la précontrainte.



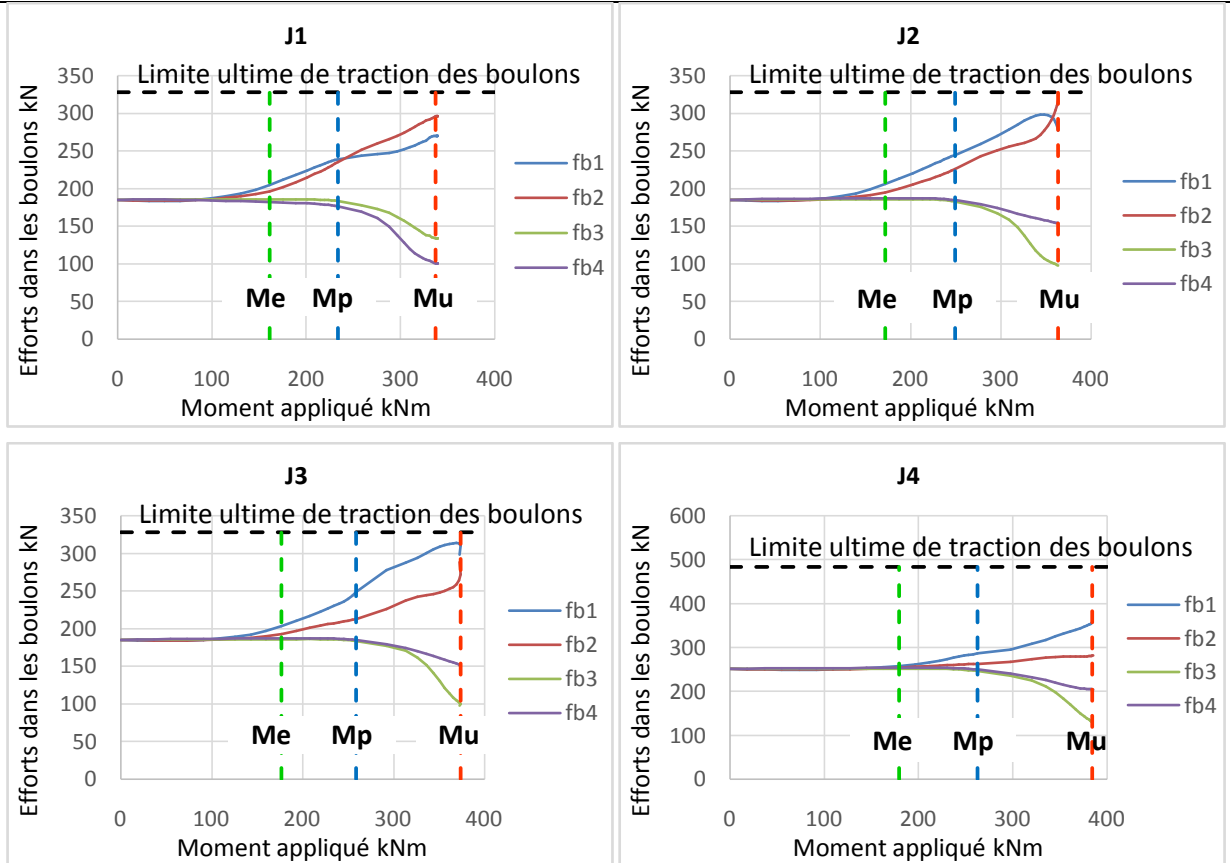


Figure 10. Evolution des efforts dans les boulons en fonction du moment appliqué.

Pour J1 et J2, les efforts les plus élevés sont au niveau de la première rangée aussi bien en phase élastique que plastique. En phase ultime, le début de striction est enregistré dans la première rangée d'où l'affaiblissement de la section ce qui permet à la deuxième rangée de développer des efforts plus importants pour J2 contrairement à J1 où cette même constatation est faite mais dans une phase de chargement proche du moment  $M_p$ . Cette différence revient à la faible épaisseur de la platine d'about de l'assemblage J1 ( $t_p=16\text{mm}$ ) en comparaison avec J2 ( $t_p=20\text{mm}$ ). En effet, l'épaisseur de la platine intervient directement dans la rigidité et les modes de ruine des tronçons en té des rangées en zone tendue.

Pour J3 et J4, la force de traction maximale apparaît sur la première rangée de boulons. Pour le spécimen J3, une striction des boulons de la rangée 1 a été remarquée et devient significative en phase ultime de chargement du fait de la grande épaisseur de la platine d'about ( $t_p=25\text{mm}$ ) qui lui confère une résistance élevée en comparaison avec celle des boulons M20.

#### 4.4. Effet de la précontrainte

L'étude de l'effet de la précontrainte des boulons est basée sur le spécimen J2, possédant des boulons M20, une platine d'about raidie de 20 mm d'épaisseur et des raidisseurs de poteau. Les résultats numériques obtenus sans précontrainte (SPR) sont comparés avec les résultats précédents avec précontrainte (APR) et présentés dans la figure 11.

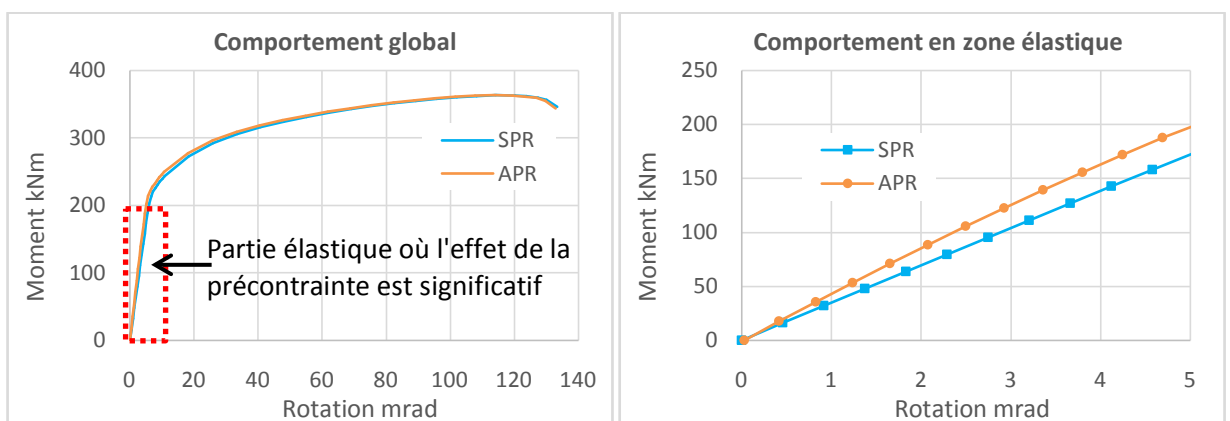


Figure 11. Effet de la précontrainte sur le comportement global et zoom sur la partie élastique.

Le [tableau 6](#) présente la comparaison des caractéristiques principales des courbes moment-rotation entre les modèles SPR et APR.

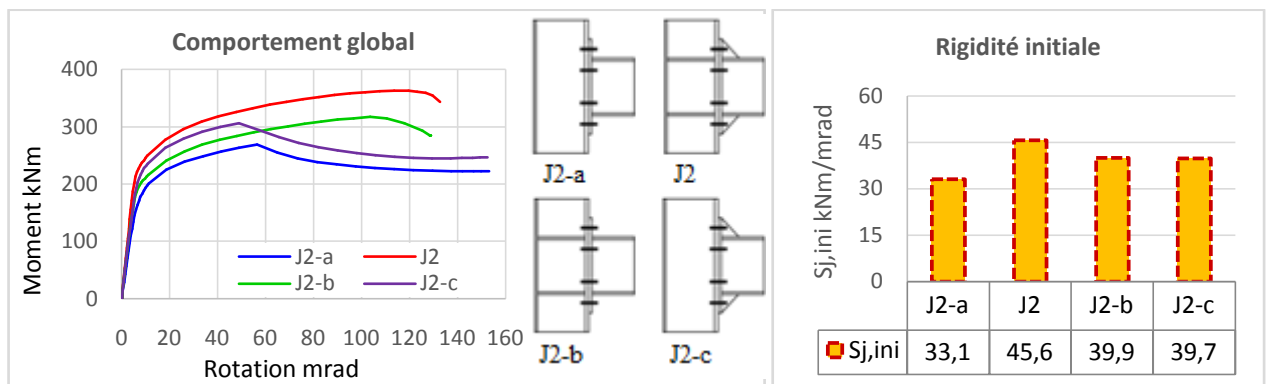
**Tableau 6.** Tableau comparatif avec et sans précontrainte

	$M_e$ (kNm)	$M_p$ (kNm)	$M_u$ (kNm)	$S_{j,ini}$ (kNm/mrad)
SPR	158	243	363	34.6
APR	172	250	363	52.6
Différence %	+9	+3	0	+52

D'après les [figures 11](#) et le [tableau 6](#), nous remarquons que la précontrainte des boulons intervient essentiellement dans la partie élastique d'une manière significative dans le comportement global où la résistance  $M_e$  et la rigidité initiale de l'assemblage  $S_{j,ini}$  augmentent de +9% et +52% respectivement. Son effet est constaté plus particulièrement dans la déformation flexionnelle de la platine d'about. Cet apport se justifie par la surface de contact créée par la précontrainte entre la plaque d'about et la semelle de poteau en phase initiale de chargement pour le modèle APR. Plus le chargement de flexion augmente, plus l'effet de la précontrainte diminue jusqu'à sa disparition quand le moment appliqué atteint  $M_u$ .

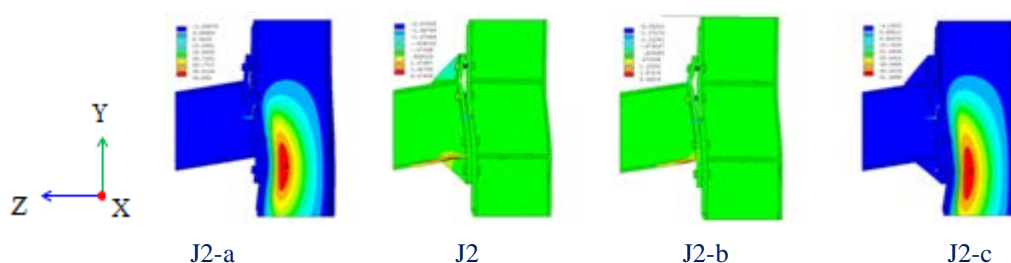
#### 4.5. Effet des raidisseurs

En partant du spécimen J2 testé dans la bibliographie, trois autres spécimens sont générés et modélisés permettant de voir l'effet de la présence des raidisseurs sur le comportement global des assemblages poteau-poutre boulonnés par platine d'about. La typologie étudiée concerne les raidisseurs transversaux au niveau de l'âme de poteau et les raidisseurs triangulaires au niveau de la partie débordante de la platine d'about. La [figure 12](#) présente les configurations étudiées et les résultats de leurs comportements en moment-rotation.



**Figure 12.** Effet des raidisseurs sur les courbes moment-rotation et la rigidité initiale.

La présence des raidisseurs améliore largement le comportement mécanique des assemblages. Le spécimen J2-a n'a aucun raidisseur, le spécimen J2-b a des raidisseurs transversaux d'âme de poteau et le spécimen J2-c a des raidisseurs de la platine d'about. A rappeler que le spécimen J2 de référence a des raidisseurs transversaux d'âme du poteau et des raidisseurs de platine d'about. Il peut être observé que les raidisseurs apportent des améliorations de résistance quel que soit la configuration. Les spécimens sans raidisseurs d'âme montrent une baisse de la charge traduisant le voilement d'âme de la zone comprimée du poteau (voir [figure 13](#)). La résistance élevée en présence des raidisseurs de platine d'about peut s'expliquer par le renforcement de la partie débordante en zone tendue et par la modification du bras de levier de l'assemblage avec la modification du centre de compression. Les raidisseurs de la platine d'about augmentent la résistance de l'ordre de 5% en comparant J2 et J2-c avant voilement en terme d'effort et de moment appliqué tandis que les raidisseurs transversaux rigidifient l'âme du poteau contre les instabilités observées dans les spécimens J2-a et J2-c (voir [figure 13](#)).



**Figure 13.** Déplacements hors plan ( $U_x$ ) de l'âme de poteau.

## 5. Conclusions

Dans ce papier, sept configurations d'assemblages poteau-poutre boulonnés par platine d'about, sous un chargement statique de flexion, ont été modélisées en tenant en compte des différentes non linéarités géométriques et matérielles. Ces modèles ont permis de représenter le comportement élasto-plastique et les instabilités des assemblages. De plus, la force de précontrainte dans les boulons ainsi que l'effet de contact entre les différents éléments sont été simulés dans la présente modélisation.

Les résultats du modèle en éléments finis ont été validés par rapport aux résultats expérimentaux, en termes de loi de comportement moment-rotation et des modes de ruines, nous permet de dire que le modèle numérique proposé dans cette étude est capable de fournir des résultats satisfaisants lors de l'analyse de comportement mécanique des assemblages poteau-poutre avec platine d'about.

L'épaisseur de la platine d'about a une grande influence sur le comportement mécanique des assemblages et son effet est remarquable en termes de résistance, de rigidité initiale et de modes de ruines. Il est donc nécessaire d'avoir une épaisseur de la platine d'about en cohérence avec le diamètre des boulons.

La précontrainte dans les boulons a une influence essentiellement en phase élastique de comportement. Son effet disparaît progressivement au fur à mesure que le chargement augmente et le système commence à se plastifier.

La présence des raidisseurs au niveau de l'âme du poteau et de la platine d'about améliore la résistance et la rigidité initiale d'une manière significative. Les assemblages dépourvus de raidisseurs transversaux sont soumis au voilement local en zone comprimée du panneau d'âme de poteau. Les renforts de la platine d'about permettent une bonne répartition des charges et réduisent les déformations flexionnelles de la platine d'about.

## 6. Bibliographie

- [1] Colson and R. BJORHOVDE., 1992. *Intérêt économique des assemblages semi rigide*. Construction Métallique, Vol. 29, Issue 2, pp. 37-41.
- [2] Eurocode3., 2005. Calcul des structures en acier Partie 1-8 : Calcul des assemblages. EN 1993-1-8:2005.
- [3] N. Krishnamurthy. and D.E. Graddy., 1976. *Correlation between 2-d and 3-d dimensional finite element analysis of steel bolted end-plate connections*. Computers Structures, Vol. 6, Issues 4-5, pp. 381-389.
- [4] O.S. Bursi. and J.P.Jaspart JP., 1997. *Benchmarks for finite element modeling of bolted steel connections*. Journal of Constructional Steel Research, Vol. 43, Issues 1-3, pp. 17-42.
- [5] O.S. Bursi. and J.P.Jaspart JP., 1997. *Calibration of a finite element model for isolated bolted end plate steel connections*. Journal of Constructional Steel Research, Vol. 44, Issues 3, pp. 225-262.
- [6] O.S. Bursi. and J.P.Jaspart JP., 1998. *Basic issues in the finite element simulation of extended end plate connection*. Computer Structures, Vol. 69, Issues 3, pp. 361-382.
- [7] S.B. MeradBoudia., C.M. Benyelles., N. Boumechra., A. Bouchaïr et A. Missoum., 2018. *Comportement Mécanique d'un Tronçon en T d'Assemblage Boulonné avec et sans Précontrainte*. Rencontres Universitaires de Génie Civil RUGC'2018, 36ère édition, Saint-Etienne, France.
- [8] G. Shi., Y. Shi., Y. Wang. and F.S.K.Bijlaard., 2010. *Monotonic Loading Tests on Semi-Rigid End-Plate Connections with Welded I-Shaped Columns and Beams*. Advances in Structural Engineering, Vol. 13, Issue 2, pp. 215-230.
- [9] Y. Shi, G. Shi. and Y. Wang., 2007. *Experimental and theoretical analysis of the moment-rotation behaviour of stiffened extended end-plate connections*. Journal of Constructional Steel Research, Vol. 63, Issue 9, pp. 1279-1293.
- [10] Abidelah., A. Bouchaïr., D. Kerdal., N. Kaid., and K. Ayed., 2012. *Experimental and analytical behavior of bolted end-plate connections with or without stiffeners*. Journal of Constructional Steel Research, Vol. 76, pp. 13-27.
- [11] L. R. O. De Lima., S. A. L. De Andrade., P.C. G. Da., and L. S. Da Silva., 2002. *Experimental and mechanical model for predicting the behaviour of minor axis beam-to-column semi-rigid joints*. International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 44, Issue 6, pp. 1047-1065.
- [12] S.B. MeradBoudia., N. Boumechra., A. Bouchaïr et A. Missoum., 2015. *Comportement Mécanique d'Assemblages Poteau-Poutre Boulonnés Raidis*. Conférence Internationale de Construction Métallique et Mixte CICOMM'2015, 1ère édition, Tlemcen, Algérie. pp. 594-603.
- [13] S.B. MeradBoudia., N. Boumechra., A. Bouchaïr et A. Missoum., 2016. *Analyse d'Assemblage Poteau-Poutre Boulonné Renforcé par Raidisseurs Transversaux*. Séminaire International Innovation et Valorisation en Génie Civil Matériaux de Construction INVACO'2016, 4ème édition, Hammamet, Tunisie. pp. 315-320.
- [14] RafaatE. S. Ismail., A. ShamelFahmy., A. M. Khalifa. and Yosra M. Mohamed., 2013. *Behavior of End-Plate Steel Connections Stiffened with Stiffeners of Different Geometrical Dimensions*. Global Advanced Research Journal of Engineering, Vol. 3, Issue 3, pp. 55-69.
- [15] ANSYS 15.0 Multiphysics Utility, 15th edition, ANSYS Inc, 2015.
- [16] Heinrich Hertz., 1881. *Sur le contact entre corps élastiques*. Journal pour les mathématiques pures et appliquées, Vol. 92, pp. 156-171.
- [17] JGJ 82-91. Specification for design, construction and acceptance of high strength bolt connections in steel structures. 1991.
- [18] Z. Al-Khatib and A. Bouchaïr., 2007. *Analysis of a bolted T-stub strengthened by backing-plates with regard to Eurocode 3*. Journal of Constructional Steel Research, Vol. 63, Issue 12, pp. 1603-1615.