

Etude comparative entre quatre portiques mixtes acier-béton à assemblage en charpente métallique : Conception et Analyse

O. BELAIDI^{1*}, F. TAOUCHE-KHELOUI¹, Kh. IFTENE, M. ALMANSBA¹, N.E HANNACHI¹

¹Laboratoire LAMOMS, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Faculté du Génie de la Construction, Département de Génie Civil – Algérie. Email : bel_ouar@yahoo.fr

Résumé

Ce travail consiste en une étude comparative entre quatre portiques réalisés avec un système d'assemblage spécifique mixte acier-béton. Les portiques sont réalisés avec des poteaux tubulaires en acier remplis de béton. Le premier assemblage est réalisé avec des plaques métalliques de renforcement assurant la liaison entre les poteaux et les poutres. Le second est constitué de plaques d'assemblages conventionnelles. Les deux modèles sont étudiés avec et sans gousset de renforcement. Pour cela, nous avons utilisé une approche locale en modélisant les portiques sollicités par déplacement horizontal imposé. Les calculs sont effectués en utilisant le modèle numérique à comportement élasto-plastique pour le béton. Le modèle est défini par une loi de comportement non linéaire. Le modèle numérique utilisé pour les aciers est le modèle élasto-plastique à écrouissage linéaire. Les modèles sont implantés dans le logiciel de calcul par éléments finis "ABAQUS". Les modèles utilisés permettent de visualiser les dommages et de déterminer le mode de rupture.

Mots clés : *Simulation, Portique, éléments finis, nœud (poutre-poteau), contraintes, déplacements, gousset, assemblages.*

1. Introduction

L'association de l'acier et du béton reste au jour d'aujourd'hui la combinaison de matériaux la plus utilisée en construction. Les structures mixtes acier béton doivent leur capacité portante à la collaboration des deux matériaux sur le plan structural. En effet, bien que de nature différente, l'acier et le béton collaborent de manière à exploiter favorablement leurs caractéristiques individuelles de manière optimale. Ces recherches ont permis l'élaboration d'hypothèses simplificatrices sur l'interaction acier-béton qui permettent de considérer les structures mixtes comme une simple extension de la construction métallique [1 - 2 - 3 - 4 - 5]. L'étude se fera donc entre les quatre portiques suivants :

Portique A : Modèle avec plaques et avec gousset,
Portique B : Modèle avec plaques et sans gousset,
Portique C : Modèle sans plaques et avec gousset,
Portique D : Modèle sans plaques et sans gousset.

Par la suite des couronnes métalliques de renforcement assurant la liaison entre les poteaux et les poutres sont introduites, et ceci afin d'évaluer la performance, et d'étudier le comportement, à savoir la naissance successive des rotules plastiques au niveau des sections critiques des quatre modèles sous chargement horizontal. Les résultats des modèles étudiés seront comparés au modèle conventionnel de référence (Portique D).

2. Simulation numérique

Les portiques sont encastés au niveau des fondations. Pour le maillage, nous avons utilisé des éléments quadratiques à 8 nœuds avec une taille approximative de façon à avoir un maillage stable et symétrique. Les lois de comportement utilisées pour un comportement plastique du béton est 'Concrete Damage Plasticity' 'CDP'[6]. Le modèle numérique utilisé pour les aciers est le modèle élasto-plastique à écrouissage linéaire. Les deux modèles sont implantés dans le logiciel de calcul par éléments finis Abaqus [6]. Un déplacement horizontal est imposé au sommet de chaque portique. Le chargement et les conditions limites sont représentés sur la figure 1. Les paramètres des modèles utilisés sont regroupés dans le tableau 1, le tableau 2, le tableau 3 et le tableau 4 suivants :

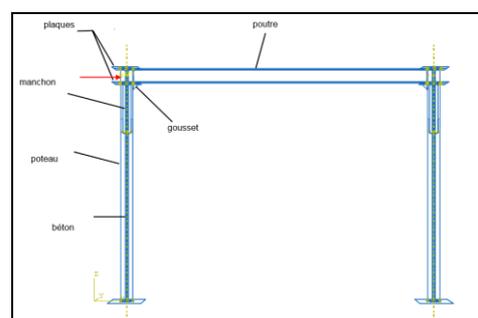


Figure 1 : Chargement et condition aux limites

| | |
|------------------------------|----------------------|
| Module de Young E | 210000MPa |
| Coefficient de Poisson μ | 0.3 |
| La densité ρ | $7.85 \cdot 10^{-6}$ |
| Limite d'élasticité | 400MPa |
| Limite de plasticité | 530MPa |

Tableau 1: Propriétés des aciers

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Module de Young E | 32000MPa |
| Coefficient de Poisson v | 0,18 |
| La densité ρ | 2,4 ^{E-6} |

Tableau 2: Propriétés du béton.

| | Manchon | Poteau |
|-------------------------|---------|----------|
| Hauteur (mm) | 700 | 3060+200 |
| Diamètre intérieur (mm) | 108.3 | 162.3 |
| Diamètre extérieur (mm) | 114.3 | 168.3 |

Tableau 3 : Propriétés géométriques du portique mixte

| | Béton |
|---------------|-------|
| Hauteur (mm) | 3260 |
| Diamètre (mm) | 162.3 |

Tableau 4 : Propriétés géométriques du béton

Autres caractéristiques géométriques (mm) :

- Plaques : 40*40*8, avec un trou de $\phi=54.3$ pour la plaque inferieure
- Manchon : 350* $\phi=54.3$, e = 3
- Poutre : IPE 200*4000
- Gousset : triangle droit 90*90*8
- Plaques assemblage : 100*150*8
- Plaques unidirectionnelles : 180*20*8
- Plaque d'encastrement : 450*450*8

3. Résultats

La propagation des déplacements dans les portiques est représentée sur la figure 2 suivante :

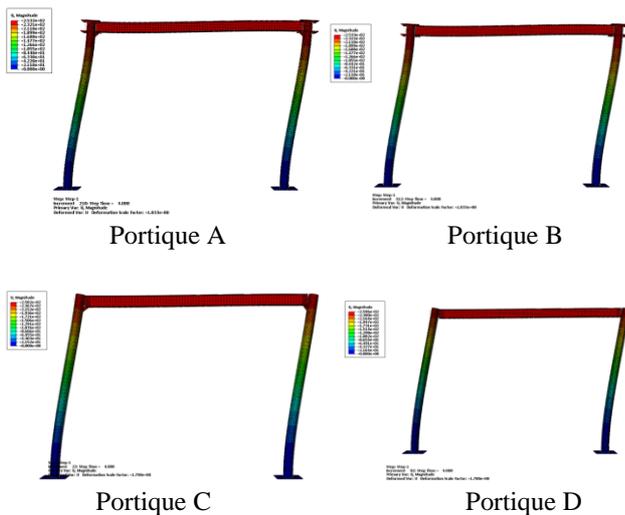


Figure 2: Propagation des déplacements dans les portiques (A, B, C, D)

La figure 2 montre clairement que les quatre portiques atteignent le déplacement imposé (250mm), voir plus au

dernier incrément de chargement. La déformation dans la poutre est beaucoup plus importante dans les portiques A et B (avec plaques). On constate également que dans les modèles C et D (sans plaques), une déformation est visible, et beaucoup plus importante dans la poutre des portiques A et B.

La propagation des contraintes à la tête des quatre portiques est représentée sur la figure 3 suivante :

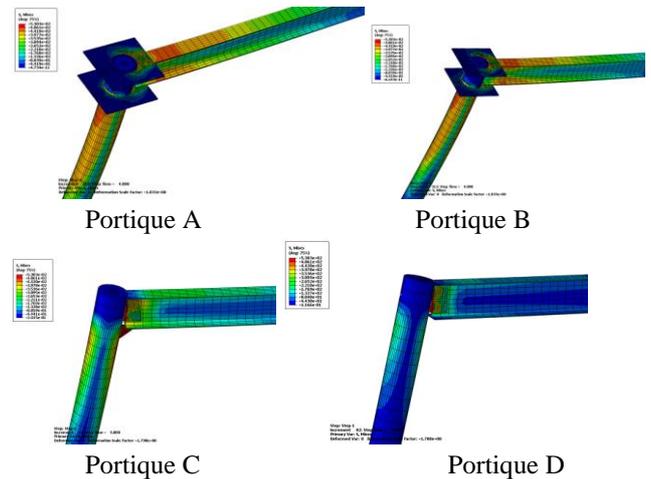


Figure 3: Propagation des contraintes à la tête des portiques.

La figure 3 montre les contraintes à la tête des quatre portiques, il est clair que les assemblages des portiques sans plaques ont cédé face à la charge appliquée.

La répartition des contraintes dans les goussets, des portiques A et C est représentée sur la figure 4 suivante :

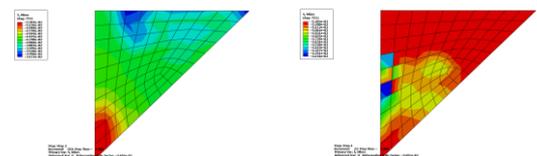


Figure 4: Contraintes dans les goussets (Portique A-Portique C).

La figure 4 montre clairement que la zone de rupture dans le gousset du portique A est très petite par rapport à celle du gousset du portique C, qui est entièrement en situation de rupture.

La courbe forces déplacements dans les quatre portiques est représentée sur la figure 5.

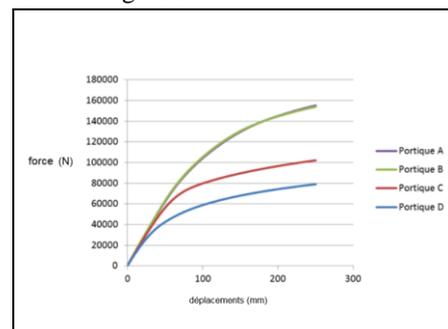


Figure 5 : Courbes forces déplacements dans les portiques.

La courbe contraintes déformations dans les aciers est représentée sur la figure 6.

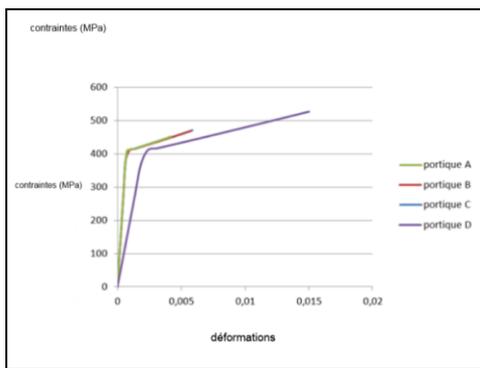


Figure 6 : Courbes contraintes déformations à la base des portiques (tubes métalliques).

D'après la Figure 6, on peut en déduire que les plaques et les goussets jouent un rôle dans la propagation des efforts.

La courbe contraintes déformations dans le béton est représentée sur la figure 7.

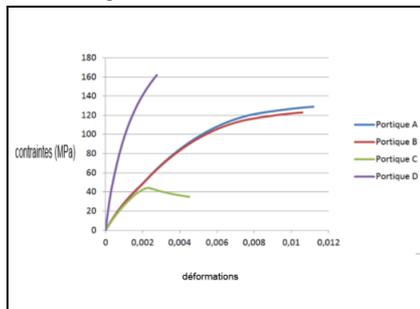


Figure 7 : Courbes contraintes- déformations à la base des portiques (béton).

Il est aisé de déduire que le meilleur comportement est celui des portiques avec plaques, en particulier le portique A avec une meilleure répartition des efforts.

4. Conclusion

A la lumière des résultats obtenus nous pouvons affirmer que les modèles avec plaques sont bien plus performants que les modèles sans plaques. Le gousset s'avère efficace sur les deux portiques. Par manque d'essais expérimentaux réalisés sur le système d'assemblage, nous avons fixé comme objectif de travail la réalisation d'une étude comparative entre quatre portiques en utilisant deux systèmes d'assemblages différents, et en incorporant un gousset à chacun d'entre eux. Sur la base des résultats obtenus, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- En terme de déformations, on remarque que les aciers des portiques les plus rigides (A et B) se déforment plus que ceux des portiques les moins rigides (C et D), alors que le béton des portiques les plus rigides se déforme moins que celui des portiques les moins rigides, ceci indique que les aciers des premiers portiques confinent mieux le béton, la rigidité de l'assemblage en est la cause.

- Le renforcement du portique avec les plaques et le gousset (portique A) modifie fortement le comportement du nœud. Ainsi, par rapport au modèle de référence (portique D), on note que pour un même déplacement du portique la charge appliquée varie du pareil au double.

- Les plaques et le gousset ont permis des réductions de contrainte allant de 10% à 15%, la valeur maximale étant entre le portique conventionnel sans gousset et le portique avec plaques et avec gousset.

- En terme de déformations, la réduction est de 60% entre le portique A et D, elle est moindre pour les deux autres portiques, mais reste importante (40%).

- Les courbes forces déplacement montrent que les portiques sans plaques ont un comportement proche de la ductilité contrairement aux deux autres qui sont beaucoup plus rigides. Les plaques améliorent le comportement du portique car elle rigidifie l'assemblage, et par conséquent le portique, d'où la différence de capacité portante entre les portiques. Le résultat obtenu montre clairement que les plaques influencent positivement sur le comportement des portiques, même si l'effet du gousset n'est pas énorme, il n'en reste pas moins utile dans un portique, car il apporte une rigidité supplémentaire au portique.

Perspectives

Afin de compléter les résultats obtenus, nous envisageons les perspectives suivantes :

- Effectuer des essais expérimentaux sur des structures mixtes de différentes longueurs
- Tester expérimentalement des (poteaux- poutres) assemblées par différents systèmes de connexions.
- Faire d'autres essais où, on peut entrer d'autres paramètres qui gouvernent le comportement des systèmes mixtes (effets du fluage, la température...),
- effectuer les mêmes essais sur des assemblages boulonnés et non soudés.

Toutefois il reste toujours de nombreux points à éclaircir par des études théoriques et expérimentales, afin de pouvoir définir la technique judicieuse.

Références

- [1] M., Landowski, B., Lemoine, *Concevoir et construire en acier*. 2005.
- [2] A.K., Kim, G.D., Loughheed, *Rapport CNRC- Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches*. CNRC- Conseil national de recherches du Canada ISSN, 1997, 1206-1239.
- [3] N., Haouam, *System for building in steel-reinforced concrete*; "WO/2010/048966". 2010.
- [4] R., Mbelounis Mémoire de magister en génie civil. *Etude de la performance des poteaux mixtes Acier-Béton Sous différentes sollicitations*, 2008.
- [5] R., Maquoi Dubruykere, J.F., Demonceau, et Lincy, *Guide de construction métallique (construction mixte)*, 2005.
- [6] M., Abbas, *Présentation du logiciel ABAQUS Principes et fonctionnement*, Université de Technologie de Compiègne Laboratoires Roberval /UMR UTC- CNRS. 2005.