ETUDE DES ASSEMBLAGES EN T BOULONNES PAR PLATINE D'EXTREMITE AVEC OU SANS RAIDISSEURS

F.Z. Mimoune[1], M. Mimoune[1] , N. Mehidi [2], A. Bouchair[3]
1. Professeur au Département de Génie Civil – Faculté des Sciences de l'Ingénieur - Université de Constantine.
2. Maître-assistant au Département de Génie Civil - Université de Jijel
3. Maître de Conférence au CUST – LGC. Clermont-Ferrand. France

RÉSUMÉ
Cet article présente une étude sur les assemblages boulonnés par platine d'extrémité comportant ou non des raidisseurs. Ces assemblages sont testés afin de modéliser la partie tendue. L'épaisseur de la platine est le paramètre principal dans cette étude. L'analyse des résultats expérimentaux met en évidence l'influence de l'épaisseur de la platine sur les modes de ruine de l'assemblage. Un calcul numérique, mené sur un modèle extrait de la littérature, a permis de le comparer avec les résultats d'essais.

Mots clés : Assemblages boulonnés, platine d'extrémité, essais, raidisseur, modèle.

ABSTRACT:
This article presents an experimental study on bolted end plate connections include or not stiffeners. These connections are tested in view of a modelling the section subjected to tension in bolted beam-column connection type. The thickness of the end plate constitutes the main parameter in this study. The analysis of test results allow to put in evidence the role that the end plate has taken on the failure modes that can occur. A numerical calculation led on a model taken from the literature, permitted to achieve a comparison with test results.

Key words : Bolted connection, end plate, tests, stiffener, model.

1. INTRODUCTION
Les constructions métalliques ont connu un développement considérable du fait des recherches entreprises sur plusieurs plans, notamment celui de la préfabrication des éléments d'assemblages de structures métalliques et celui du dimensionnement et de la vérification. Pour des raisons de sécurité, l'assemblage doit répondre à des considérations mécaniques et techniques. Plusieurs études [1], [2], [3], [4], [5] et [6] menées sur les assemblages métalliques, ont abouti à des résultats concrets qui ont permis d'établir des codes de calcul [7], [8] et [9]. Dans cet article, on s'intéresse principalement à l'étude des assemblages boulonnés par platine d'extrémité et en particulier à la zone tendue d'un assemblage de croisement de type poteau-poutre. La zone tendue sera modélisée par un tronçon en Té élémentaire, qui fera l'objet d'une série d'essais à échelle réelle. La flexion de la platine sous l'effort transmis par la semelle de poutre est un paramètre déterminant dans le calcul et les essais. La présence ou non de raidisseurs dans cette zone peut modifier la distribution des efforts et par conséquent le mode de déformation et de ruine de l'assemblage. L'épaisseur de la platine d'extrémité, par son comportement à différentes étapes de chargement, montre l'intérêt à la prendre en compte comme paramètre essentiel dans la modélisation. Il s'est avéré, suite aux observations expérimentales et à l'analyse des résultats, que des déformations très caractéristiques à la platine d'extrémité apportaient une contribution non négligeable à la résistance de l'assemblage.

2. CARACTÉRISTIQUES DES ASSEMBLAGES ÉTUDIÉS
Les caractéristiques géométriques des assemblages étudiés, sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques géométriques des assemblages étudiés.

N° d'assemblage	t_{pl} (mm)	L_{b0} (mm)	t_{fc} (mm)	u (mm)	type d'assemblage
*A0	8	34	8	46	Sans raidisseurs
*A1	10	38	10	45	Sans raidisseurs
*A2	12	42	12	44	Sans raidisseurs
A3	14	46	14	43	Sans raidisseurs
*A4	15	48	15	42.5	Sans raidisseurs
A5	18	54	18	41	Sans raidisseurs
*A6	20	58	20	40	Sans raidisseurs
A7	30	78	30	35	Sans raidisseurs
*B0	8	34	8	46	Avec raidisseurs
*B1	10	38	10	45	Avec raidisseurs
B2	12	42	12	44	Avec raidisseurs
B3	14	46	14	43	Avec raidisseurs
B4	15	48	15	42.5	Avec raidisseurs
B5	18	54	18	41	Avec raidisseurs

(*) : Assemblages testés en laboratoire

L'épaisseur des raidisseurs est égale à l'épaisseur de la platine. Les boulons utilisés sont des boulons H.R, de la classe 10.9 et de diamètre Φ16, qui ont pour résistance à la traction fub = 1000 N/mm2.

Nous avons conçu des éprouvettes B0 et B1, identiques à A0 et A1, mais comportant des raidisseurs d'épaisseurs égales à l'épaisseur de la platine d'extrémité. Nous nous sommes contentés d'étudier l'influence du raidissage des platines minces uniquement, car le raidissage des platines plus épaisses, tel que les éprouvettes A2, A3, A4 n'a aucun intérêt. Les assemblages seront plus rigides, la ruine interviendra de toute façon par rupture brutale des boulons, aucune information sur la flexion de la platine ne sera tiré de ces essais. Il faut noter que, l'emploi de raidisseurs dans les assemblages n'arrange pas le coût global dans les constructions (Colson et Bjohovde 1992; Guisse 1993) et ne permettra pas sans doute d'obtenir un assemblage semi-rigide, notion souvent recherchée dans l'analyse des structures

métalliques. Malgré cela, un calcul numérique a été conduit afin de situer les assemblages raidis par rapport aux différentes catégories de modes de ruine qui peuvent se produire.

3. DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX ET MOYENS DE MESURE

Les essais ont été réalisés sur une machine d'essai universelle de Type UPM 600 avec une force d'essai maximum égal à 600 KN, équipée de têtes de traction, l'effort nécessaire pour atteindre la ruine des éprouvettes est appliqué graduellement par palier de 10 KN. Le montage des éprouvettes dans la machine se fait au niveau des tiroirs d'amarrage, en utilisant des mors pour éprouvettes à section rectangulaire. Le dispositif d'essais adopté est employé pour les tous les assemblages testés.

La figure 1 montre le dispositif général de mesure des efforts appliqués, des écartements de platines au niveau de la semelle tendue et des écartements au niveau des boulons.

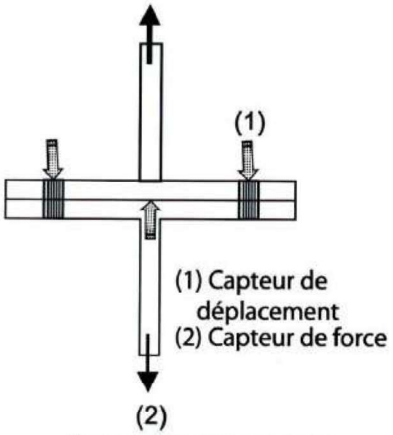


Figure 1 : Dispositif de mesures.

Ces mesures sont obtenues à l'aide de capteurs de déplacement de Type PY2. La mesure de l'effort appliquée à la maquette d'essai est obtenue à l'aide d'un capteur de force pour applications en traction/ compression de type TC. Les mesures ont été enregistrées sur un micro ordinateur moyennant l'utilisation d'une carte d'acquisition de données multifonctions, à gain programmable pour chaque canal d'entrée, qui permet de convertir les signaux analogiques en signaux numériques. Le traitement des résultats d'essais est obtenu par l'emploi d'un Logiciel spécifique à ce type d'expérimentation.

4. ANALYSE DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

La présentation des résultats expérimentaux sera limitée à ceux plus directement en rapport avec la modélisation du comportement effort-déplacement adoptée dans cette étude, à savoir :

• Les courbes effort-déplacement exprimées en terme d'écartement des platines;

• La détermination des modes de ruine.

Les résultats obtenus sur les assemblages ne comportant pas de raidisseurs sont donnés au tableau 2, et les résultats obtenus sur les assemblages avec raidisseurs sont donnés au tableau 3. On précise sur ces tableaux les modes de ruine correspondant à chaque essai.

N°	Tp (mm)	F_e (N)	F_p (N)	F_p/F_e	d_e (mm)	d_p (mm)	d_p/d_e	F_{exp} (N)	d_{exp} (mm)	Mode de ruine	
										indiqué	observé
A0	8	18770	45967	2.45	0.17	1.55	9.11	99000	66	Mode 1	Mode1
A1	10	29947	73492	2.45	0.13	1.26	9.69	143000	21.5	Mode 1	Mode1
A2	12	44054	108334	2.46	0.11	0.98	8.90	130000	12	Mode 1	Mode1
A3	14	61288	151073	2.46	0.09	0.91	10.5	139000	-	Mode 1	-
A4	15	71144	175570	2.47	0.08	0.84	10.5	-	9.9	Mode 1	Mode2
A5	18	106016	262574	2.48	0.06	0.75	12.5	-	-	Mode 1	-
A6	20	134005	321721	2.4	0.05	0.68	13.6	289600	-	Mode 2	Mode3
A7	30	-	271434	-	-	-	-	-	-	Mode 3	-

Assemblages testés en laboratoire : (*)

Tableau 2. Résultats de calcul sur assemblages non raidis

N°	Tp (mm)	F_e(N)	F_p(N)	F_p/F_e	d_e(mm)	d_p(mm)	d_p/d_e	Mode de ruine indiqué
B0	8	43510	106553	2.45	0.17	1.44	8.9084	Mode 1
B1	10	68139	167218	2.45	0.13	1.26	9.4521	Mode 1
B2	12	98239	241610	2.46	0.11	0.98	9.2844	Mode 1
B3	14	132664	315782	2.4	0.09	0.91	10.5489	Mode 2
B4	15	151759	342592	2.26	0.08	0.84	10.6094	Mode 2
B5	18	-	271434	-	-	-	-	Mode 3

F_{exp} : Charge de rupture de l'éprouvette

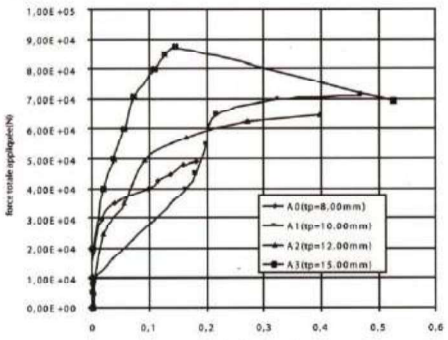
d_{exp} : écartement au droit de l'âme du Té

Tableau 3. Résultats de calcul sur assemblages raidis

L'analyse des résultats montre que :

- La résistance de l'assemblage augmente avec l'épaisseur de la platine d'extrémité, en revanche, la capacité de déformation tend à diminuer.
- Pour les essais B0 et B1, la présence des raidisseurs et d'une épaisseur de platine relativement faible a conduit à un mode de ruine par mécanisme de la platine d'extrémité, et non d'une rupture des boulons.
- La variation de l'épaisseur de la platine d'extrémité semble avoir une répercussion très importante sur la capacité de déformation.

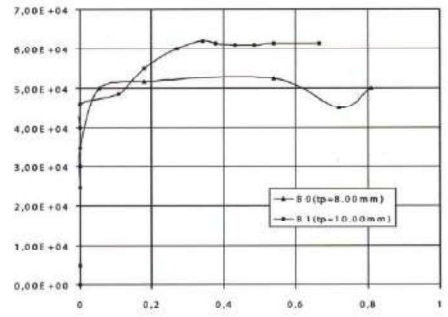
La figure 2 est révélatrice quant à la formation des modes de ruine. En effet, on observe sur la figure 2 que, les trois assemblages A0, A1 et A2 présentent la même allure de variation avec de faibles écartements au départ jusqu'à une certaine valeur de la charge appliquée, puis une augmentation rapide des écartements annonce la formation de lignes d'articulation plastiques, au droit de l'âme du Té et au droit des boulons, produisant le mode 1 de ruine.



écartement au droit du boulons(mm)

Figure 2 : Variation de la force appliquée en fonction de l'écartement au droit des boulons – assemblages non raidis.

En revanche, l'assemblage A4 présente une allure de variation différente avec décollement des platines dès le début du chargement. Ceci montre bien que la platine d'extrémité, dans ce cas, est plus rigide, la ruine intervient par formation de charnières plastique au droit de l'âme du Té suivie de la rupture des boulons, on est en présence du mode 2 de ruine. On peut remarquer aussi que, les déformations les plus importantes sont propres aux platines d'extrémité flexibles.
La comparaison entre les résultats des assemblages avec raidisseurs montre une supériorité dans le cas de l'épaisseur de la platine égale à 10mm. La figure 3 indique que, au début du chargement, la pente de la courbe est plus importante pour l'éprouvette B1 que pour l'éprouvette B0.



écartement au droit du boulons(mm)

Figure 3 : Variation de la force appliquée en fonction de l'écartement au droit des boulons – Assemblage raidi.

Ceci peut paraître paradoxal car la platine est plus épaisse et même le raidisseur est plus épais que celui de B0. Ceci peut être attribué à la qualité du cordon de soudure des raidisseurs avec l'âme tendue, ce qui n'a pas permis d'atteindre des charges plus élevées. Par contre pour l'écartement des platines au droit des boulons, les pentes sont quasiment identiques avec le même effort. Ceci confirme nos observations sur la défection de la liaison du raidisseur avec l'âme tendue du Té, qui ne lui a pas permis de remplir son rôle dans l'amélioration de la rigidité flexionnelle de la platine.

5. OBSERVATIONS EXPÉRIMENTALES - MODES DE RUINE DES ASSEMBLAGES TESTÉS

A la suite des essais, on peut classer les modes de ruine observés en trois catégories :

1. Mécanisme complet dans la platine ;

2. Mécanisme partiel dans la platine et atteinte de la capacité en traction des boulons ;

3. Atteinte de la capacité en traction des boulons.

Cette classification s'identifie à celles de l'Annexe J de l'Eurocode 3 et aux modes de ruine présentés dans la littérature [2], [3], [8] et [12]. En ce qui concerne la première catégorie, qui correspond en fait à des platines minces, l'assemblage continue à résister même avec d'importantes déformations (photo1 et 2), la rupture des boulons n'est pas à envisager dans ce cas.



Photo 1 : Premier mode de ruine – Mécanisme complet dans la platine.



Photo 2 : Premier mode de ruine – Mécanisme complet dans la platine – début de rupture de la platine au voisinage du cordon de soudure.

On a constaté que la ruine totale de l'éprouvette intervient par rupture de la platine juste à côté du cordon de soudure (photo 3), ces derniers n'ont subi aucun dommage. Des déformations très importantes ont été enregistrées au niveau des perçages également se traduisant par une ovalisation importantes des trous, la platine est traversée par l'écrou et le boulon (photo 4).



Photo 3 : Rupture de la platine au voisinage du cordon de soudure.



Photo 4 : Platine d'extrémité traversée par la tête du boulon.

La deuxième catégorie de mode de ruine (photo 5), qui correspond à l'atteinte de la résistance de calcul des boulons, alors que des lignes de plastification se sont déjà développées à coté du cordon de soudure, a été constatée pour des assemblages d'épaisseurs moyennes, dans notre cas la platine d'épaisseur 12mm et 15 mm.



Photo 5 : Deuxième mode de ruine – Mécanisme partiel dans la platine.

Une augmentation de l'épaisseur de la platine, au-delà de 15mm, se traduit par une transmission directe de l'effort appliqué aux boulons qui cassent brutalement. Ce mode correspond à la troisième catégorie de ruine qui est généralement écarté lors du dimensionnement d'un assemblage

La présence des raidisseurs, pour les platines minces (8mm et 10mm), n'influe pas sur la nature du mode de ruine, il est atteint de la même manière que celui des assemblages sans raidisseurs. Il est à signaler qu'au début du chargement, une amorce de rupture du cordon de soudure, semelle-raidisseur (photo 3), s'est produite brutalement ce qui laisse penser que le cordon de soudure est de mauvaise qualité.

6. ANALYSE DES RÉSULTATS DU CALCUL NUMÉRIQUE

Le programme de calcul numérique du tronçon en Té équivalent, qui est un modèle de base de l'Eurocode 3, pour un assemblage boulonné par platine d'extrémité, a été conduit sur la base d'un modèle généralisé extrait de la littérature (Aribert et al. 1999), qui tient compte de la déformation de la platine d'extrémité, au doit des boulons situés sous la semelle tendue. Dans ce programme on adapté le modèle au cas des platines d'extrémité débordante, en intervenant sur le calcul des longueurs efficaces [8] et [13]

Dans l'exécution du programme de calcul on a pris en compte comme variable, l'épaisseur de la platine avec présence ou non de raidisseurs. Le programme permet d'obtenir la charge limite (élastique et plastique), les écartements correspondants ainsi que le mode de ruine de l'assemblage correspondant. Les résultats sont résumés dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2. Résultats de calcul sur assemblages non raidis

N°	Tp (mm)	F_e (N)	F_p (N)	F_p/F_e	d_e (mm)	d_p (mm)	d_p/d_e	F_{exp} (N)	d_{exp} (mm)	Mode de ruine	
										indiqué	observé
A0	8	18770	45967	2.45	0.17	1.55	9.11	99000	66	Mode 1	Mode1
A1	10	29947	73492	2.45	0.13	1.26	9.69	143000	21.5	Mode 1	Mode1
A2	12	44054	108334	2.46	0.11	0.98	8.90	130000	12	Mode 1	Mode1
A3	14	61288	151073	2.46	0.09	0.91	10.5	139000	-	Mode 1	-
A4	15	71144	175570	2.47	0.08	0.84	10.5	-	9.9	Mode 1	Mode2
A5	18	106016	262574	2.48	0.06	0.75	12.5	-	-	Mode 1	-
A6	20	134005	321721	2.4	0.05	0.68	13.6	289600	-	Mode 2	Mode3
A7	30	-	271434	-	-	-	-	-	-	Mode 3	-

Fexp : Charge de rupture de l'éprouvette
Dexp : Écartement au droit de l'âme du Té

Tableau 3. Résultats de calcul sur assemblages raidis

N°	Tp (mm)	F_e(N)	F_p(N)	F_p/F_e	d_e(mm)	d_p(mm)	d_p/d_e	Mode de ruine indiqué
B0	8	43510	106553	2.45	0.17	1.44	8.9084	Mode 1
B1	10	68139	167218	2.45	0.13	1.26	9.4521	Mode 1
B2	12	98239	241610	2.46	0.11	0.98	9.2844	Mode 1
B3	14	132664	315782	2.4	0.09	0.91	10.5489	Mode 2
B4	15	151759	342592	2.26	0.08	0.84	10.6094	Mode 2
B5	18	-	271434	-	-	-	-	Mode 3

6.1 Influence de l'épaisseur de la platine:

Sur la figure 4, on a représenté la variation de l'effort appliqué en fonction de l'écartement de la platine au droit de l'âme tendue du tronçon équivalent.

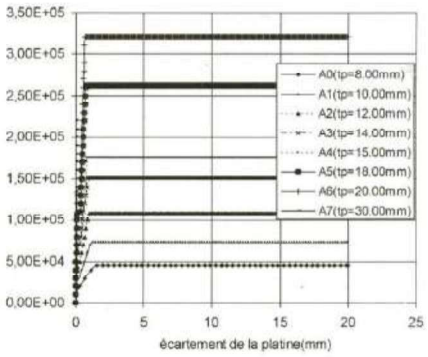


Figure 4 : Variation de la force appliquée en fonction de l'écartement au droit de la platine – Assemblages non raidis.

On constate que l'effort théorique est amplifié avec l'augmentation de l'épaisseur de la platine et que la branche élasto-plastique, sur

la figure, est de plus en plus diminuée. En effet, le palier élasto - plastique tend à disparaître ; ceci s'explique par le fait que les platines rigides ne subissent pas de grandes déformations, et par conséquent n'autorisent pas la formation de lignes d'articulation plastiques en premier. On remarque également que les courbes efforts-déplacements, pour les platines suffisamment épaisses, tendent vers un schéma de comportement rigide-plastique alors que la branche élasto-plastique est nettement aplatie pour les assemblages avec platines minces et très flexibles. Ceci s'explique également par le fait que la platine flexible subit des plastifications importantes, sa ruine intervient toujours par formation de quatre charnières plastiques.

Les écartements de la platine au droit des boulons, qui sont proportionnelles à l'épaisseur de la platine, sont en relation directe avec les modes de ruine. En effet, c'est la rigidité flexionnelle de la platine qui permet ou non ces décollements. On peut remarquer cela dans les assemblages à platine mince où les écartements au droit des boulons sont quasiment nuls. Quant aux modes de ruine, le calcul numérique présenté dans le tableau 2 permet de les préciser pour chaque assemblage. Le mode 1, qui correspond à une plastification totale de la platine, s'obtient avec des épaisseurs allant jusqu'à 18 mm. Le mode 2 n'intervient qu'à partir de 20 mm, chose qui n'a pas été confirmée expérimentalement, comme on l'a déjà vu dans les paragraphes précédents. Comme on peut remarquer aussi sur le tableau 2 que, le rapport Fp/Fe (effort plastique/effort élastique) est quasiment constant, pour tous les assemblages étudiés, autour d'une valeur moyenne de 2.45. Alors que le rapport des écartements (plastiques/élastique) est proportionnel à l'épaisseur de la platine. Ceci montre dans une certaine mesure l'influence de l'épaisseur de la platine sur le comportement post-élastique de l'assemblage, qui se traduit par un étirement du palier élasto-plastique dans le cas des platines minces ou flexibles comme il a été signalé précédemment.

6.2 Influence des raidisseurs de platine:

Dans le cas des assemblages avec raidisseurs, la figure 5 nous renseigne sur les plages de déformations que peuvent subir ces assemblages.

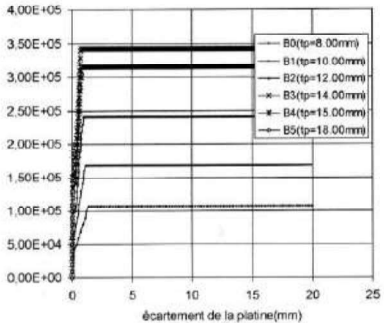


Figure 5 : Variation de la force appliquée en fonction de l'écartement au droit de la platine – Assemblages raidis.

A priori, on peut avancer les mêmes remarques déjà faites pour les assemblages sans raidisseurs, sauf que, dans ce cas, on voit sur le tableau 3 que, le mode de ruine 1 se produit uniquement dans les platines d'épaisseurs inférieures ou égales à 12 mm. Alors que le mode 2 ne se produit qu'à partir de l'épaisseur 14 mm. Ceci explique le rôle joué par les raidisseurs dans l'amélioration de la rigidité flexionnelle des platines d'extrémité. Le rapport Fp/Fe garde la même valeur moyenne que celle obtenue pour les assemblages sans raidisseurs. Le calcul des rapports des écartements donne les mêmes valeurs également. La confrontation entre les résultats de calcul obtenus pour les assemblages avec ou sans raidisseurs (A0 et B0 uniquement) est représentée par le graphe de la figure 6.

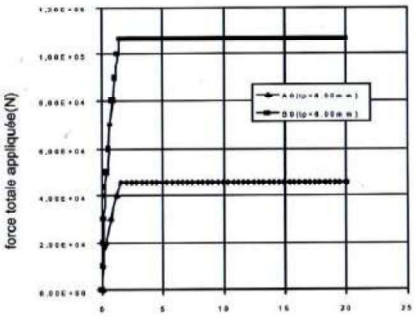


Figure 6 : Variation de la force appliquée en fonction de l'écartement au droit de la platine – Comparaison entre assemblage raidi et non raidi.

Un comportement tri-linéaire a été mis en évidence pour les deux types d'assemblage, avec une variation de la limite d'élasticité qui peut atteindre 43% dans certains cas. De même pour la branche élasto-plastique, où l'on constate que les raidisseurs ont le même comportement dans les deux branches (élastique et élasto-plastique). La photo 2, obtenus par les essais précédemment présentée, montre l'influence des raidisseurs sur la déformation globale de l'assemblage.

Un rapport entre la force plastique et la force élastique a été calculé afin de se renseigner sur le rendement des deux types d'assemblages.

6.3 Confrontation entre résultats expérimentaux et résultats de calcul:

La comparaison entre les courbes effort-déplacement déduites du calcul numérique et celles obtenues expérimentalement pour les essais d'assemblages avec ou sans raidisseurs, est illustrée sur les figures 7 et 8.

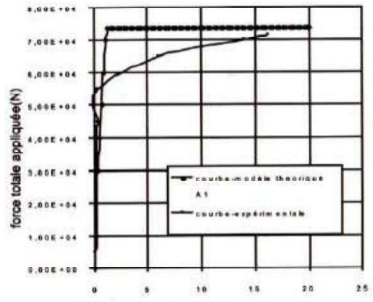
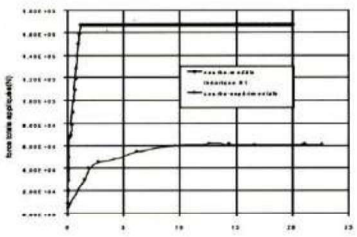


Figure 7 : Variation de la force appliquée en fonction de l'écartement au droit de la platine – Comparaison entre essai et calcul - assemblage non raidi.



écartement des platines(mm)

Figure 8 : Variation de la force appliquée en fonction de l'écartement au droit de la platine – Comparaison entre essai et calcul assemblage raidi.

A l'examen des figures, on peut observer une sous-évaluation de l'effort, en particulier pour l'essai A0, et une surévaluation de l'effort maximal (essai A1), par rapport au modèle théorique, et plus particulièrement pour les assemblages avec raidisseurs (essais B0 et B1).

On peut penser que certains paramètres et/ou phénomènes n'ont pas été pris en compte, qui reflète le véritable comportement des assemblages étudiés, notamment l'aspect relatif à la différence des épaisseurs (semelle du poteau et platine d'extrémité) et les déformations des boulons par flexion. Un autre paramètre peut être également intégré dans la modélisation, c'est celui qui a trait à l'épaisseur des platines d'extrémité. Par rapport à cette dernière hypothèse, les résultats de calcul numérique, ont montré que la résistance de l'assemblage varie proportionnellement avec l'épaisseur des deux platines assemblées jusqu'à une certaine valeur, puis prend une valeur constante quelque soit l'augmentation de l'épaisseur. Ces résultats sont, à notre avis, dus essentiellement à l'hypothèse de départ qui suppose que les platines assemblées ont des épaisseurs égales. Pour pouvoir affiner les résultats théoriques, il est envisagé d'intégrer les deux paramètres, cités plus haut, ensemble ou séparément, dans la modélisation pour mieux reproduire le comportement de ce type d'assemblages, de prendre en compte également le nombre de boulons par rangée.

7. CONCLUSION

L'étude a permis de mettre en évidence le rôle joué par l'épaisseur de la platine d'extrémité sur le mode de ruine de celle-ci. L'effet positif du raidissage sur la rigidité flexionnelle de la platine a été démontré par le calcul numérique et par les essais. L'analyse expérimentale a fait ressortir les différents modes de ruine qui peuvent survenir à la suite du chargement. La comparaison des essais avec le calcul numérique constitue une base pour la modélisation des assemblages boulonnés par platine d'extrémité. En plus de l'épaisseur de la platine et celle du poteau, on peut penser au nombre de boulons à mettre en œuvre lors du chargement afin d'écrire de nouvelles expressions pour les longueurs efficaces.

REFERENCES BIBLIOGRAHIQUES

[1] Aribert, J.-M., Lachal, A. et Dinga, D.N. 1999. Modélisation du comportement d'assemblages métallique semi-rigides de type poutre-poteau boulonnée par platine d'extrémité. Construction métallique, n°1 : 25-46.

[2] APK. 1996. Construction Métallique et Mixte Acier – Béton. Calcul et dimensionnement selon les Eurocodes 3 et 4. Editions Eyrolles, Paris. pp. 322-335.

[3] Augustyn, J. Laguna, J. et Sliwka, W. 1982. Charge limite des assemblages par boulons HR et plaque d'extrémité sollicitée en traction ou en flexion. Construction Métallique, n°2 : 35-59.

[4] Braham, M. Cerfontaine, F. et Jaspart, J.P. 1999. Calcul et Conception économique des assemblages de profilés reconstitués soudés. Construction Métallique, n°1 : 5-24.

[5] Spyrou, S. and Davison J.B. 2001. Displacement measurement in studies of steel T-stub connections. J. On Const. Reas. 57: 647-659.

[6] Simoes da S., Santiago A. And Vila real P. (2002). Post-limit stiffness and ductility of end-plate beam-to-column steel joints. Computer and Structures. 515-531.

[7] Eurocode3. 1992. Calcul des structures en acier, partie 1.1 : Règles générales et règles pour les bâtiments. ENV 1993-1-1.

[8] ENV 1993-1-1 – 1992/A2 : 1998. Amendement 2: Eurocode 3 Part 1.1 Revised Annex J. Joint in building Frames. Published version, CEN/TC250/SC3.

[9] Règles de Conception et de Calcul des Structures Métalliques CCM 97. 1998. D.T.R.-B.C.- 2.44, Ministère de l'habitat Algérie. Editions O.P.U, Algérie.

[10] Colson, A. et Bjorhovde, R. 1992. Intérêt économique des assemblages semi-rigides. Construction Métallique, n°2 : 37 – 41.

[11] Guisse, S. 1993. Quelle économie attendre de la mise en œuvre de nœuds semi-rigides ? Construction Métallique, n°3 : 19 à 27.

[12] Owen, G.W and Moore, D.B. 1992. Steelwork connections. The robustness of simple connections. The structural Engineer, 70 - 3/4: 37-46.

[13] Mimoune M. et Mimoune F.Z. (2003). Analyse du comportement des assemblages boulonnés par platine d'extrémité sollicités en traction. Rev. Can. Génie Civ./Can. J. of Civ. Eng. 30 (4): 615-624.