

ETUDE EXPERIMENTALE DE POUTRES RECONSTITUEES DE PLATS ET DE TOLES PLIEES

Y. Hadidane, C. Djouini & K. Djehaba

Laboratoire de Génie Civil, Université Badji Mokhtar - B.P 12, 23000, Annaba – Algérie.

RESUME

Une étude expérimentale sur le comportement en flexion d'une poutre légère à inertie variable, reconstituée à partir de plats et de tôles pliées a été menée. L'essai est celui de la flexion 6 points. La portée des spécimens testés est de 5.50 m. De nombreuses mesures de flèches et de déformations ont été effectuées. Les résultats obtenus ont permis de tirer des conclusions et des recommandations intéressantes particulièrement dans le processus de fabrication de ces poutres.

Mots clés: Poutres – Flexion - âmes d'acier ondulées – flambage local

ABSTRACT

An experimental study over the flexion behavior of a light metallic beam of a variable inertia, reconstituted from flat steel and corrugated steel flange has been done. The experiment is that of a 6 points bending. The reach of specimens tested is of 5.50m. Numerous measures of deflections and strains were effectuated. The result findings permitted to extricate conclusions and interesting recommendations particularly in the manufacturing process of this type of beams.

Key words: Beams – Bending – Corrugated steel web - Local buckling

INTRODUCTION

L'une des voies de l'amélioration du degré d'industrialisation des constructions consiste en l'élargissement de l'utilisation des structures métalliques légères, et entre autres celles utilisant les profilés en tôle pliée.

Les principaux domaines d'utilisation des profilés en acier formés à froid dans les constructions peuvent être :

- éléments de séparation et de couverture;
- éléments porteurs (fermes, colonnes, poutres);
- éléments rassemblant la fonction de séparation et de portance (panneaux, blocs, enveloppes, etc...)
- les constructions de second ordre (contreventement, vitrage, pan de fer, plafonds suspendus);
- constructions combinées (couverture en béton armé ou bien en panneaux sandwich)

Si nous prenons comme critère le volume de profilés formés à froid utilisé, les pays occupant la première place sont les Etats Unis, et la Suède en Europe. Ce dernier pays est le seul à avoir élaboré

un catalogue Européen qui est utilisé dans plusieurs pays d'Europe.

En Russie le volume d'utilisation de ce type de profilés est nettement inférieur que dans les autres pays. En 1983 le volume utilisé en comparaison avec le volume total de métal destiné à la construction ne représente que 16,7%, quand en Grande Bretagne 42% des constructions métalliques sont réalisées à l'aide de profilés formés à froid [1].

Aux états unis ces dernières années, 56% des bâtiments divers ne dépassant pas 5 étages sont réalisés à l'aide de ce procédé. Le budget annuel alloué pour ce type de constructions avoisine les 7 milliards de dollars pour une quantité de métal égale à 4 millions de tonnes [2].

Dans le but d'avoir un effet économique de l'utilisation des profilés pliés dans les constructions, il est nécessaire d'étudier de nouvelles formes optimales de section, de nouvelles méthodes de calcul, de nouvelles technologies de construction et de montage.

Les systèmes de constructions industrialisés dans le monde sont utilisés pour la préfabrication totale de bâtiments à partir d'éléments légers métalliques préfabriqués en usine.

Aux U.S.A avec l'utilisation des systèmes industrialisés le taux de bâtiments de quelques étages représente 56%, dont 37% sont des bâtiments commerciaux, 35% industriels, 8% publics, 8% agriculture et 12% autres [3].

La large utilisation des profilés formés à froid dans le domaine des constructions métalliques, favorisée par les multiples avantages qu'ils présentent, nous a conduit à réfléchir sur un procédé de fabrication de poutres métalliques permettant de concevoir des hangars de très grandes portées.

Ces poutres sont réalisées par assemblage boulonné de plats et tôles pliées à froid. Le but de ce travail est d'étudier expérimentalement le comportement en flexion d'une poutre légère reconstituée à partir de plats et de tôles pliés, destinée à couvrir des

portées importantes. La géométrie de cette poutre, les détails de sa fabrication, et de sa mise en charge, est présentée dans le présent document.

DESCRIPTION DES SPECIMENS ETUDIES DE POUTRE

Spécimen expérimental

Le spécimen d'essai est une poutre métallique réalisée au sein d'une usine locale, sur la base de plans fournis par nos soins.

La poutre est constituée de deux semelles l'une supérieure l'autre inférieure réalisée à partir de plats métalliques de 200 mm de large et de 10 mm d'épaisseur

L'âme de cette poutre est réalisée par l'assemblage de deux tôles pliées raidies (dénomination commerciale TR 35) d'épaisseur 0.75mm.

Les caractéristiques géométriques et mécaniques de cette tôle sont présentées respectivement dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1. Caractéristiques géométriques de la tôle d'acier


Section tôle pliée constituant l'âme	Type	Long. Max. (m)	Ép. (mm)	Poids (kN/m ²)
	TR 35	15	0,75	0,0725

Tableau 2. Caractéristiques mécaniques de la tôle d'acier

Essais	Épaisseur (mm)	$\sigma_c \times 10$ Mpa	$\sigma_{R_x} \times 10$ Mpa	Allong. %
1	0,75	23,9	31,2	23,1
2	0,75	26,4	34,5	-
3	0,75	26,2	34,5	20,1
4	0,75	26,4	34,0	14,7
5	0,75	32,1	39,4	22,0

L'assemblage de l'âme avec les membrures est assuré par des boulons M10 placés au niveau des ondulations dans les parties supérieure et inférieure. La portée de cette poutre est de 5,50 mètres entre

appuis . La géométrie de cette poutre est présentée sur les figures 1, 2 et 3.

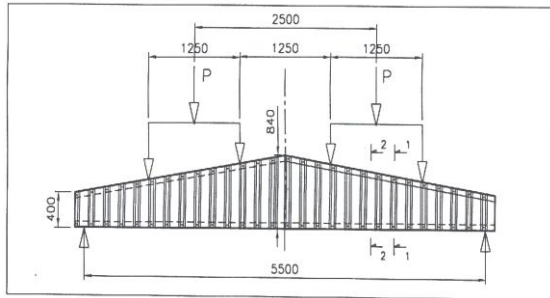


Figure 1. Géométrie de la poutre

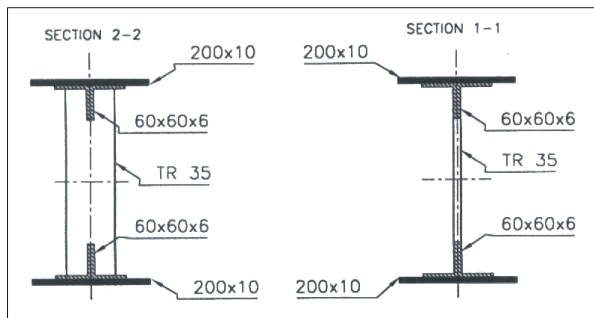


Figure 2. - Coupe 2-2

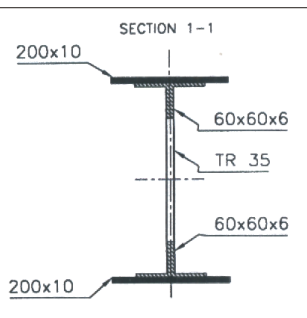


Figure 3. Coupe 1-1

PROGRAMME D'ESSAI

Deux (02) poutres ont été confectionnées en vue de la réalisation des essais. L'essai retenu est un essai de flexion 06 points. Les spécimens seront chargés à l'aide de 2 vérins hydrauliques d'une capacité de 20 tonnes chacun.

Un dispositif de répartition des charges appliquées par les vérins a été conçu de manière à diviser la charge provenant du vérin en deux charges ponctuelles qui s'appliquent sur la membrure supérieure de la poutre. Le chargement se fera jusqu'à la rupture du spécimen d'essai (voilement local, plastification de la section, flèche excessive...).

DISPOSITIF DE MESURE

Pour cette expérimentation, différentes mesures ont été effectuées ;

Mesure de flèche

La flèche a été mesurée en trois points de la poutre (au milieu et sous les 2 charges de vérin) comme l'illustre la figure 4. Un comparateur a été placé au niveau de l'appui pour vérifier le déplacement et la rotation au niveau de l'appui.

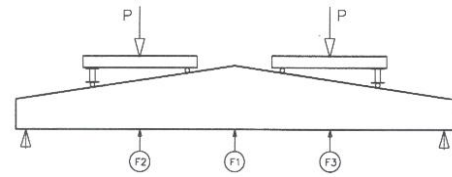


Figure 4. Position des capteurs de déplacement

Mesure des déformations

Elles ont été réalisées à l'aide de 09 jauges de déformations reliées à un pont d'extensomètre à 10 voies et disposées comme indiqué sur la figure 5

- 06 jauges ont été placées au niveau de l'âme collées sur la tôle (03 de chaque côté) (Face avant J1, J2 et J3, Face arrière J4, J5 et J6)
- 03 jauges au niveau de la membrure inférieure de la poutre (J7, J8 et J9)

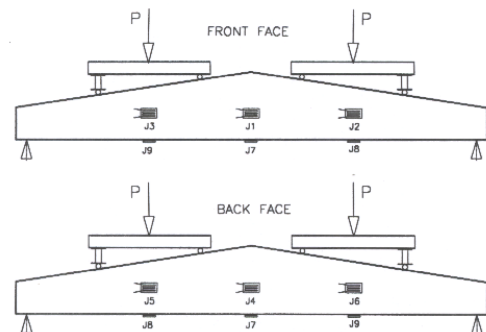


Figure 5. Position des jauges de déformation

RESULTATS ET ANALYSE

Les résultats de l'essai sont présentés sous forme de courbes représentant l'évolution des déplacements et des déformations en fonction de la charge appliquée.

Evolution des flèches en fonction de la charge

Les mesures de flèches relevées en trois points situés sous la poutre ont permis de tracer les courbes charge-flèche (figure 6a) pour le test 1 et (figure 6b) pour le test 2.

On notera une similitude parfaite des mesures au droit des points F2 et F3 situés à 1.25m de part et d'autre de l'axe de symétrie de la poutre (à la verticale des vérins). Ceci montre bien une parfaite symétrie dans l'application du chargement.

Cette constatation reste valable jusqu'à une charge P de 40 kN, (voir singularités sur la courbe) à partir de laquelle sont apparus des signes de voilement local de l'âme au voisinage des extrémités de la

poutre. Cette zone étant caractérisée par des efforts tranchants importants sollicitant l'âme de la poutre.

Au-delà de cette charge, les courbes charge-flèche aux points F2 et F3 divergeant légèrement, ceci peut s'expliquer par le fait que la répartition des creux et bosses de l'âme ne sont pas tout à fait symétriques par rapport à l'axe de celle-ci.(Annexe 1 à 3)

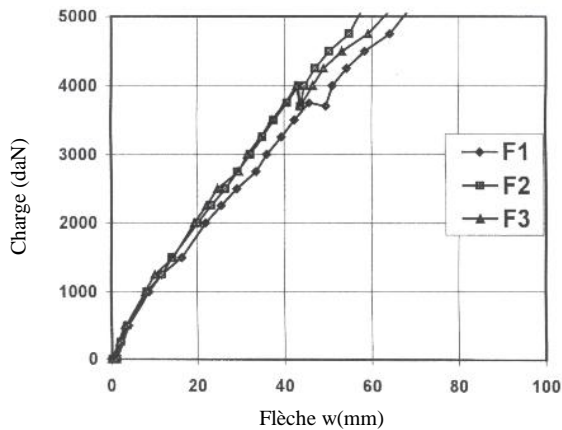


Figure 6a. Courbe charge déplacement TEST N° 01

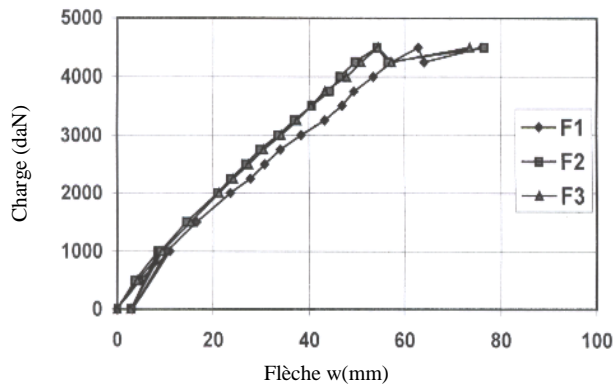


Figure 6b. Courbe charge déplacement TEST N° 02

Evolution des déformations en fonction de la charge

L'exploitation des mesures fournies par les deux jauges J8 et J9, placées à 1.25 m de part et d'autre de l'axe de la poutre, nous ont permis de constater une symétrie des déformations de la semelle inférieure de la poutre (figure 7).

Comme pour les flèches, cette constatation reste valable jusqu'à une charge P de 40 kN, à partir de laquelle des signes de voilement local de l'âme est

apparue au voisinage des extrémités de la poutre (Annexe 3).

Ceci se traduit sur les courbes par une chute nette de la charge (singularité sur les courbes des figures 7 et 8). Les déformations atteintes restent dans le domaine élastique du matériau. La lecture des jauges J1 et J4 placées dans l'axe face à face sur l'âme de la poutre, indique que cette section est très peu sollicitée (figure 8). Les valeurs indiquées par ces deux jauges sont assez proches ce qui montre bien que le phénomène de voilement soit presque négligeable.

D'une manière générale, l'allure des courbes charge-déformations des jauges collées sur l'âme de la poutre (J2, J3, J5 et J6) est similaire.

En comparant les courbes charge-déformations enregistrées par le couple de jauges (J3,J6) à celles du couple (J2,J5), nous avons constaté que les déformations du couple (J3,J6) sont plus importantes que celles du couple (J2,J5). (figure 8).

Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que l'âme de la poutre située du côté du couple (J3, J6) a été sollicitée par la membrure supérieure plutôt que l'âme située du côté du couple (J2,J5). Ceci certainement est dû aux imperfections de fabrication, de découpe, et de mise en place des tôles pliées composant l'âme de la poutre. (Annexe 4).

Ceci se confirme en observant les courbes charge-déformations donnée par les jauges J8 et J9 situées sous la membrure inférieure de la poutre, où l'on constate des déformations plus importantes au droit de la jauge J9 située du coté du couple (J3, J6) (figure 8).

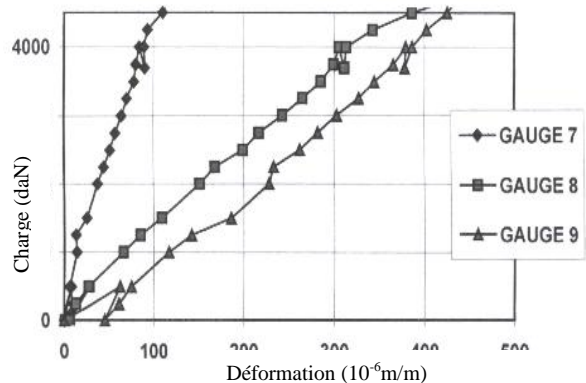


Figure 7. Courbe de Charge-déformation (mesures 7 à 9)

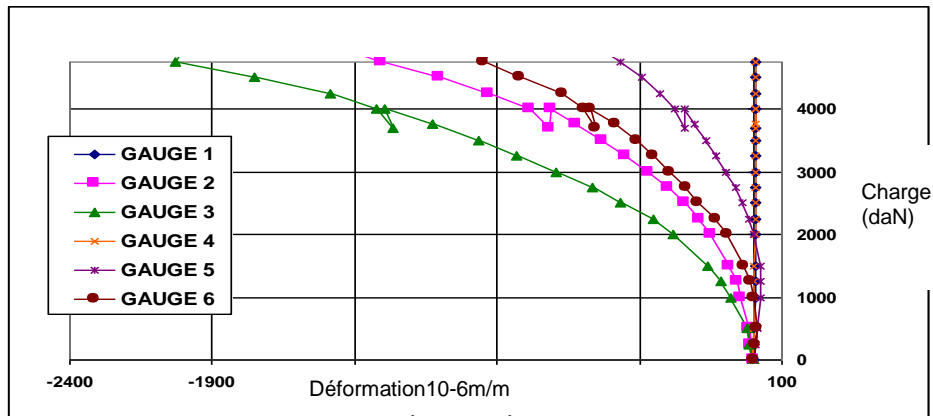


Figure 8. Courbe de Charge-déformation (mesures 1 à 6)

Observations visuelles

Tout au long de l'essai, nous avons suivi attentivement le comportement de la poutre et surtout l'âme de cette dernière. Nous avons relevé les observations suivantes :

- Aux environs de la charge $P = 40 \text{ kN}$, nous avons noté l'apparition de voilements localisés de l'âme (voir Annexes 1 à 4). Ces voilements sont apparus dans les zones les plus proches des appuis et évoluant progressivement vers le centre de la poutre.

- Au-delà de la charge $P = 40 \text{ kN}$, des craquements ont été entendus, et des plastifications de l'âme sont apparues au voisinage des boulons (Annexe 4) assurant la fixation des tôles sur les cornières de la membrure supérieure.

- Des déchirures localisées autour des boulons sont visibles sur quelques boulons situés dans les zones proches des appuis (Annexe 4).

CONCLUSION

Grâce à cette étude expérimentale, nous avons pu apporter des éléments de compréhension du comportement en flexion des poutres reconstituées à partir de l'assemblage boulonné de plats utilisés comme membrures supérieure et inférieure et de tôles pliées à froids servant d'âme à ces poutres.

L'essai réalisé nous a permis de mettre en évidence certains phénomènes et nous a également permis de mieux cerner les avantages et les inconvénients de ce type de structures.

En effet, ce type de poutres présente un avantage certain, en terme de facilité, de rapidité de réalisation, et d'économie de métal, par rapport à d'autres solutions permettant le franchissement de grandes portées (poutres en treillis par exemple). Néanmoins, on notera quelques inconvénients liés à des détails de fabrication tels par exemple :

- Le nombre important de boulons à mettre en place
- La précision dans la découpe des tôles pliées destinées à la réalisation de l'âme.

Pour une meilleure transmission des charges de la membrure supérieure à l'âme, il faudra veiller à ce que la tôle soit bien au contact des membrures afin d'éviter les voilements et plastifications locaux au niveau des boulons.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] I A B S E Colloquium Stockholm.1986.- Reports, Vol. 49, 471p, 1986
- [2] « Acier-Stahl-Steel », N° 2, p.41-44, 50-55, 59-63., 1984
- [3] POMPA E.Y. Production et diffusion des produits en acier galvanisés. Bulletin d'information commerciale, N°63, (5952), 1986.



Annexe 1



Annexe 2



Annexe 3



Annexe 4