
Investigation du comportement mécanique des poutres métalliques en situation d'incendie.

N. Otmani - Benmehidi ¹

¹ Laboratoire LMGE, Département Génie Civil, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, Benmehidi_Nadia1@yahoo.fr

RÉSUMÉ. Le présent travail a pour but l'investigation du comportement mécanique des poutres métalliques en situation d'incendie. Les paramètres considérés sont: la rigidité, le type de feu normalisé et la longueur de la travée. Nous employons le feu des Hydrocarbures et le feu ISO834 pour l'échauffement des poutres. Trois types de section sont utilisés : HEA300, HEA400 et HEA600. Concernant la longueur de la travée, trois valeurs différentes sont employées. Dans cette étude nous employons le logiciel SAFIR, ainsi, nous déduisons, que le type de feu utilisé a une influence considérable sur le développement de la température dans les sections des poutres considérées.

ABSTRACT. The aim of this work is the investigation of mechanical behaviour of steel beams in fire situation.. The parameters considered are: the stiffness, the standard fire type and the length of the span. We use Hydrocarbon fire and ISO834 fire for the heating of the beams. Three types of section are used: HEA300, HEA400 and HEA600. Three different values are used for the span length. The software SAFIR is employed in this study, thus, we deduce that the fire kind has a considerable influence on the development of the temperature in the considered beams sections.

MOTS-CLÉS : poutre, acier, analyse, feu, résistance, comportement mécanique.

KEY WORDS: beam, steel, analysis, fire, resistance, mechanical behaviour.

1. Introduction

L'incendie présente pour les êtres humains, un évènement effrayant présentant un danger mortel. Pour cette raison, la probabilité de naissance d'un incendie et ses conséquences possibles doivent être limitées en prêtant attention à la sécurité incendie lors de la conception de la construction et pendant l'utilisation du bâtiment. La protection incendie des structures a deux objectifs : • la protection des vies humaines ; • la limitation des dégâts matériels directs et indirects.

Il est faux de croire que la résistance au feu d'une structure en acier ne peut être obtenue qu'en la protégeant avec des revêtements isolants. Aujourd'hui, il existe des méthodes de calcul avancées, comme les méthodes numériques, permettant de réaliser un bâtiment résistant au feu, même avec de l'acier non protégé.

Notre travail consiste à analyser des poutres métalliques soumises à l'incendie ; dans le but d'examiner le comportement mécanique de ce type d'élément ; vue l'importance qu'il occupe dans la construction. Les paramètres considérés dans ce travail sont: la rigidité, le type de feu normalisé et la longueur de la travée. En ce qui concerne la rigidité, trois types de section sont utilisés : HEA300, HEA400 et HEA600. Concernant la longueur de la travée nous considérons trois valeurs ($L=4m$, $L=6m$, $L=8m$). Pour l'échauffement des poutres, nous employons le feu des Hydrocarbures et le feu ISO834. L'échauffement est appliqué suivant la face inférieure et suivant les côtés. La charge mécanique est uniformément répartie. Pour les conditions aux limites, on suppose que les poutres sont simplement appuyées à l'extrémité droite et doublement appuyées à l'extrémité gauche. Dans cette étude nous employons le logiciel SAFIR qui est consacré aux structures soumises au feu.

2. Actions thermiques

La façon la plus simple de représenter un incendie est d'utiliser des courbes nominales, soit une relation donnant l'évolution de la température des gaz en fonction du temps.

Des courbes ont été établies à partir de l'expérience sur des feux réels et les plus fréquemment utilisées sont montrées dans la figure 1.

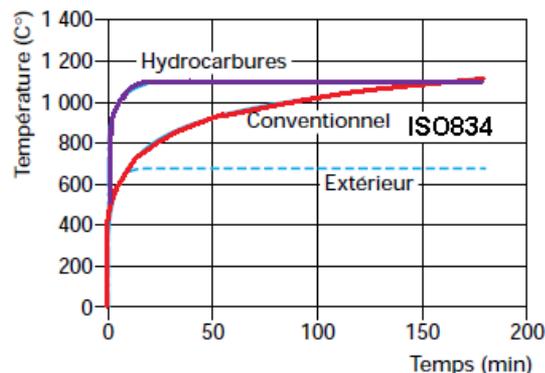


Figure 1. Courbes nominales (KRU, 2004).

2.1 Analyse thermique de la poutre HEA300

Le fichier thermique de données comporte : les coordonnées des nœuds, la température initiale égale à 20°C. La poutre HEA300 est discrétisée en un nombre d'éléments égal à 144 et le nombre des nœuds est égal à 213. Les résultats de l'analyse thermique transitoire sont présentés ci-dessous.

La Figure 2(a) montre la distribution de la température dans chaque point de la section, sachant que le feu employé pour ce cas est le feu ISO834. La température maximale se trouve au niveau de l'âme 762°C pour une durée d'échauffement de 1500 sec, en ce qui concerne la semelle inférieure, elle présente une température de 736°C. La température minimale qui est de 657 C se trouve dans la semelle supérieure du fait que celle-ci n'est pas chauffée.

Il est clair que la température présente des valeurs importantes en considérant l'échauffement par la courbe Hydrocarbures (Figure 2(b)). On constate que la courbe de température du nœud 13 (figure 2(b)) montre que la température augmente progressivement en fonction du temps jusqu'à $t=1500\text{sec}$ ($t=25\text{min}$) la courbe devient stationnaire (température constante) égale à 1100°C. Par contre la courbe du nœud 13 due à l'échauffement par la courbe normalisée ISO834, présente des températures nettement inférieures à la précédente. A $t=1500\text{sec}$ la

température est de 640°C. Pour le nœud 113 qui se trouve au centre de gravité de la section sa température est plus élevée que celle des autres nœuds en rapport avec le feu ISO834 (figure 2).

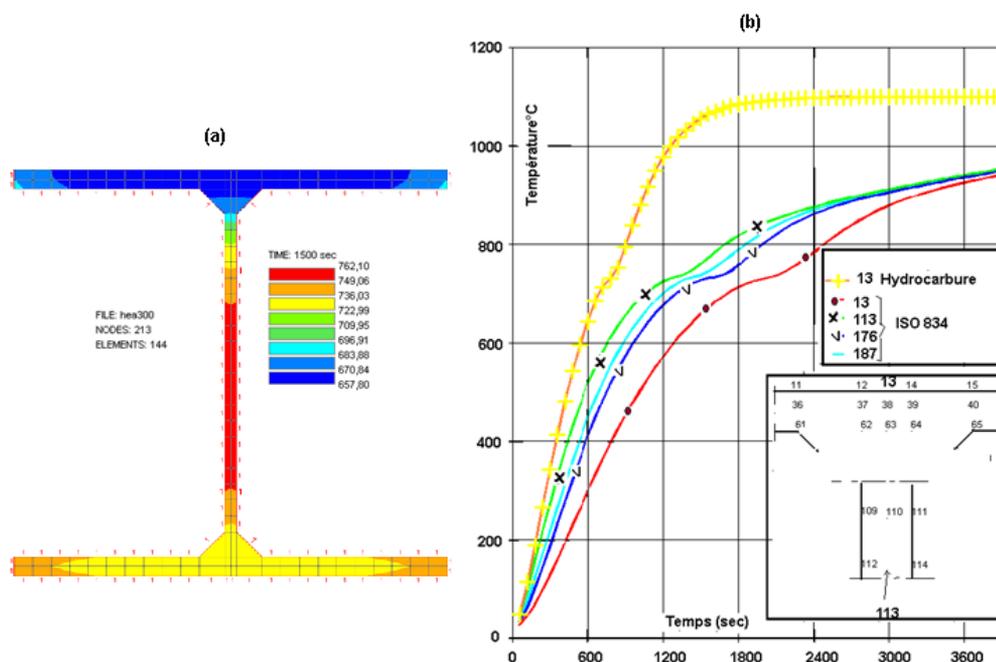


Figure 2. (a) Distribution de la température dans la section de la poutre pour $t=1500\text{sec}$. (b) Courbes des températures pour quelques nœuds de la section, d'après les deux types d'échauffement.

3. Analyse mécanique des poutres chauffées par le feu ISO834 et le feu des HYDROC

La poutre de la figure 3 montre le nombre d'éléments finis employés dans les simulations par le code SAFIR, qui est de 10 ainsi que les conditions aux limites et le chargement mécaniques des poutres (uniformément réparti).



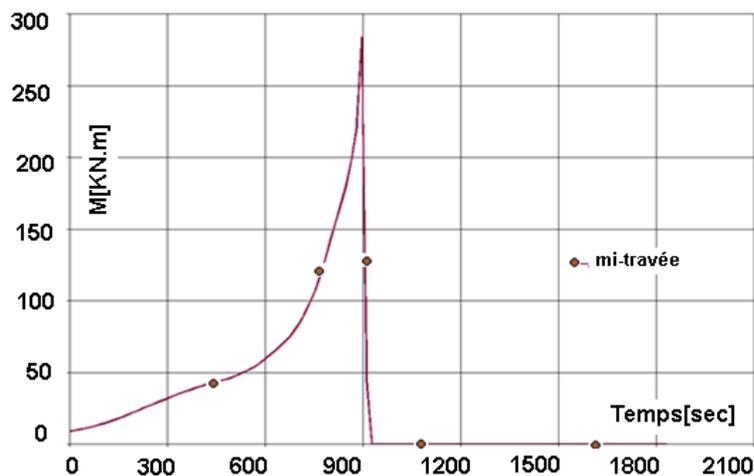
Figure 3. Modélisation des poutres.

Tableau 1. Résistance au feu des poutres en fonction de la rigidité et de l'action thermique

Section	Résistance au feu (R_f) (sec)		Longueur(m)	Rigidité(KN.m)
	ISO834	HYDROC		$\frac{EI}{L}$ ISO834
HEA300	1541	474	4	38352,3
HEA400	2248	707	4	94644,9
HEA600	4016	1039	4	296536,8

Tableau 2. Influence de la longueur de travée sur la résistance au feu

section	Résistance au feu (Rf) ISO834		Longueur(m)	Rigidité EI/L(KN.m)
	(sec)	(min)		
HEA600	4016	66min56s	4	296536 ,8
HEA600	2393	39min53s	6	296536 ,8
HEA600	1833	30min33s	8	296536 ,8

**Figure4.** Moment fléchissant à mi-travée de la poutre du type HEA600

La figure4 montre l'évolution du moment fléchissant de la poutre du type HEA600 avec une longueur de $L=8m$, l'échauffement de cette poutre est selon la courbe normalisée : ISO834. On constate que le moment maximal est atteint au bout de 15 min, il devient nul quelques seconde après, d'une manière rapide, jusqu'au temps de ruine 1833 sec. Ce qui est dû à la longueur de la poutre qui est importante car la sensibilité au déversement augmente avec la longueur L de la poutre.

Conclusion

En se basant sur les résultats de cette étude, il a été déduit que le type de feu utilisé a une influence considérable sur le développement de la température dans les sections des poutres considérées, il a été constaté également que la température maximale se trouve à chaque fois au niveau du centre de gravité de la section (l'âme).

La résistance au feu est proportionnelle à la rigidité des poutres, l'augmentation de la rigidité améliore la résistance au feu de ces dernières.

Il existe une influence indirecte de la longueur de la poutre: une augmentation de la longueur entraîne une diminution de la résistance au feu car la sensibilité au déversement augmente avec la longueur L de la poutre. On remarque que la poutre qui a le meilleur comportement mécanique, en d'autres termes qui se comporte d'une manière plus ductile, a la plus faible longueur de portée.

4. Bibliographie

- [ENV 91] ENV 1991 1-2, EUROCODE 1. *Actions sur les structures: Actions générales- Actions sur les structures exposées au feu*, Partie 1-2, 2002.
- [ENV 93] ENV 1993 1-2, EUROCODE 3, *Calcul des structures en acier – Partie 1-1: Règles générales*, 2005.
- [FRA 11] Franssen J M., SAFIR, A Thermal/Structural Program Modeling Structures under Fire», *Engineering Journal*, A.I.S.C., Vol 42, No. 3, 143-158, 2011.
- [JOY 90] Joyeux D., Détermination de la température des structures métalliques en situation d'incendie selon l'Eurocode 3, *Construction métallique n°3, CTICM*, 1990.

- [KRU 00] Kruppa J., Marck A. et Zhao B., Procédure d'extrapolation des performances de résistance au feu d'éléments séparatifs à ossature acier, *Construction Métallique*, n° 3, INC-REG 1-2000, 2000.
- [KRU 04] KRUPPA J. , Sécurité incendie des ouvrages en structures métalliques : Département Incendie et Essais, Centre technique industriel de la construction métallique CTICM, publié par "*les Techniques de l'Ingénieur*", partie 1 : C2506, 2004.