



HAL
open science

Modélisation d'un portique en situation d'incendie

Nadia Otmani-Benmehidi

► **To cite this version:**

Nadia Otmani-Benmehidi. Modélisation d'un portique en situation d'incendie. Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France. hal-01167756

HAL Id: hal-01167756

<https://hal.science/hal-01167756>

Submitted on 24 Jun 2015

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.

Modélisation d'un portique en situation d'incendie

Nadia Otmani-Benmehidi ¹

¹ Laboratoire LMGE, Université Badji Mokhtar- Annaba B.P.12, 23000 Algérie, benmehidi_nadial@yahoo.fr

RÉSUMÉ. Cet article a pour objectif l'étude du comportement mécanique d'un portique appartenant à une structure mixte exposée au feu. La structure est constituée d'un RDC et un étage ; le portique a deux travées identiques, il se compose de colonnes en acier et de poutres en béton armé. Le travail se base sur un programme informatique « SAFIR ». L'incendie affectant le portique est appliqué selon des scénarios bien définis, aussi bien pour les colonnes que pour les poutres. L'évolution du comportement mécanique, les différents modes de ruine ainsi que les résistances au feu du portique sont examinés dans cette étude. Le contenu de l'article résume les résultats obtenus qui sont par ailleurs comparés à des travaux expérimentaux.

ABSTRACT. This paper aims to study the frame mechanical behavior, belonging to a composite structure exposed at fire. The structure has a ground floor and one storey, the frame has two identical spans; it is composed by steel columns and reinforced concrete beams. The work is based on a computer program "SAFIR". The fire affecting the frame is applied according to specific scenarios, both for the columns and the beams. The mechanical behavior evolution, the different failure modes and the fire resistance of frame are examined in this study. The content of the paper summarizes the results that are also compared to experimental works.

MOTS-CLÉS : comportement mécanique, portique, résistance, feu, température.

KEY WORDS: mechanical behavior, frame, resistance, fire, temperature.

1. Introduction

Lors d'un incendie, suite à l'augmentation de la température les portiques des bâtiments perdent leur résistance mécanique, en effet la rigidité des éléments constitutifs (colonnes, poutres et nœuds), diminue progressivement jusqu'à la ruine des bâtiments. Des études expérimentales et numériques [JAN 95] [SCH 09], dans ce sens ont été menées en utilisant les éléments séparément [KOD 07] [OTM 10] et d'autres ont été basées sur les structures globales (portiques) [MOS 09]. Cette dégradation de la rigidité est due essentiellement aux propriétés mécaniques ainsi qu'aux caractéristiques thermo physiques des matériaux qui dépendent de la température, selon la réglementation concernant le feu [EC2 05] [EC3 05] [EC4 05]. La résistance au feu a pour but de préserver la stabilité des édifices et de s'opposer à la propagation rapide du feu pendant le temps nécessaire à l'alarme et à l'évacuation des occupants ; elle se mesure, pour un élément structurel par son temps de ruine.

Cet article s'intéresse aux comportements mécaniques d'un portique qui se compose de poutres en béton armé et de colonne en acier (HEA300). Le présent travail se base sur un programme informatique « SAFIR » [FRA 11]. Ce code représente un outil d'analyse non linéaire basé sur la méthode des éléments finis. Pouvant être employé en deux et trois dimensions, sous la température ambiante et dans des conditions de température élevées. L'incendie affectant le portique est appliqué selon des scénarios bien définis, aussi bien pour les colonnes que pour les poutres, celui ci est représenté par un feu normalisé : ISO834 [EC1 03]. Comme la zone nodale dans une structure est particulièrement critique, il est important d'examiner les nœuds (les zones de croisement des poutres avec les poteaux) du portique considéré.

D'après les constatations faites par l'auteur LinHai [LIN 13]; trois points d'une importance considérable, ont été noté : 1) L'augmentation de la température est redistribuée du fait de la liaison de la poutre et la colonne. 2) Le rapport de rigidité linéaire (colonne-poutre) a une influence significative sur la résistance au feu, dans cette zone généralement, une poutre plus faible provoque une résistance au feu inférieure. Concernant les portiques, en situation d'incendie, deux ou trois modes de ruine, peuvent se produire : l'endommagement de l'un des deux éléments en premier lieu (colonne ou poutre) ou bien la ruine des deux éléments en même temps.

Dans cette étude l'incendie est représenté par la courbe ISO834 qui est strictement croissante, en d'autres termes elle ne considère pas la phase de refroidissement par comparaison à la courbe du feu naturel et à la courbe paramétrique. Ce ci n'empêche guère la comparaison des résultats obtenus avec les résultats de l'étude expérimentale [WAL 06]; l'analyse des résultats trouvés se rapproche tout de même aux résultats expérimentaux en ce qui concerne les modes de ruine et les étapes du comportement mécanique du portique considéré. Toutefois en appliquant la courbe ISO 834, le comportement mécanique suit deux phases : en un premier temps un chargement mécanique est appliqué progressivement jusqu'à la charge limite prévue ; l'étape qui suit correspond à l'échauffement qui crée une augmentation de température dans les éléments entraînant la détérioration des matériaux à cet effet les éléments de structure perdent leur rigidité et leur résistance.

2. Modélisation

2.1 Action thermique

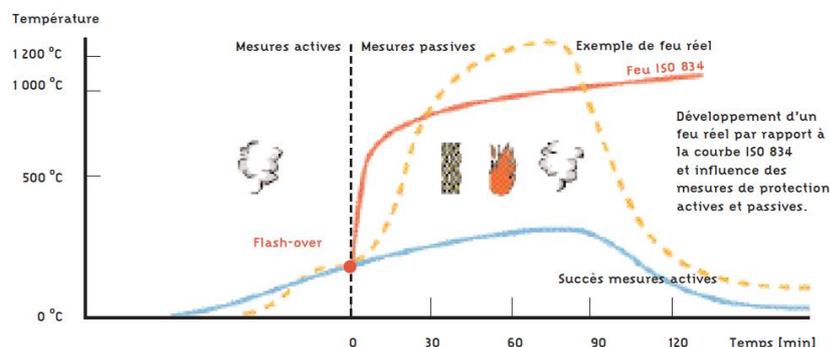


Figure 1. Courbe ISO 834 et feu naturel

La variation de température avec le temps lors d'un incendie est modélisée dans les exigences réglementaires actuelles par la courbe ISO 834 [BRU 00] (reconnue internationalement), dite d'incendie conventionnel. Cette courbe logarithmique est utilisée pour les essais en laboratoire.

La courbe ISO 834 utilisée dans ce travail, présente l'avantage de ne mettre en jeu directement qu'un seul paramètre (le débit combustible).

2.2 Scénario de l'action thermique

- Les poutres : exposées au feu selon la face inférieure et suivant les deux cotés
- La colonne intermédiaire : suivant 4 faces
- Les colonnes de rive : suivant 3 faces

2.3 Géométrie du portique

Le portique se compose d'un RDC +1 étage, il est constitué de deux travées identiques de longueur 6 m (Fig.2). Les poteaux sont en acier HEA300 ; tandis que les poutres sont en béton armé, leur section est égale à 30x40. L'étage et le RDC ont une hauteur de 3.5m.

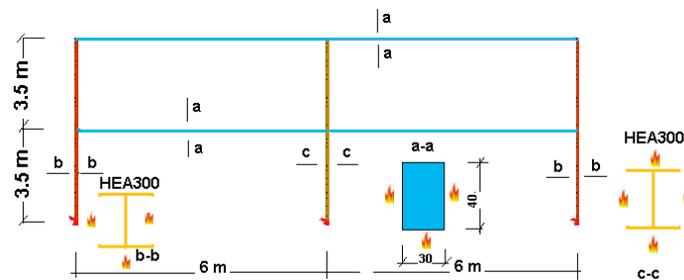


Figure 2. Dimensions des éléments (poteaux et poutres)

3. Analyse thermique

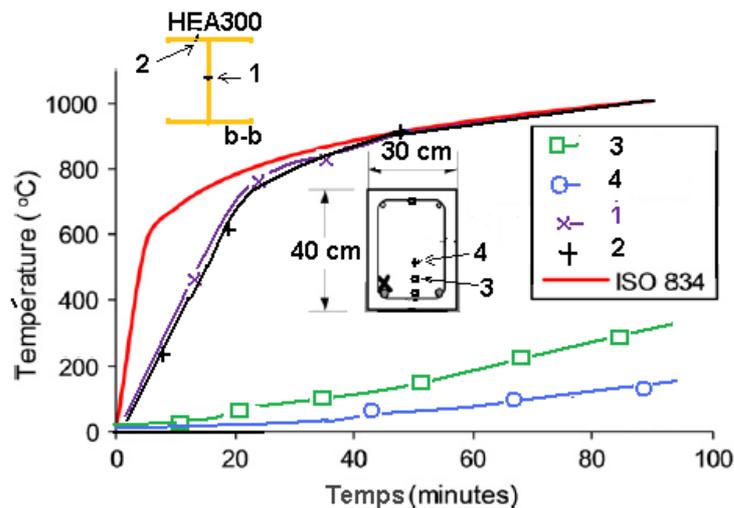


Figure 3. Températures dans les éléments du portique

La figure 3 montre le développement de la température dans les éléments du portique (poteaux et poutres). Il est visible que la température augmente en fonction du temps, l'accroissement des courbes de température se fait d'une manière très lente dans les poutres (position 3 et position 4), grâce à la conductivité thermique du béton qui

est faible par comparaison à celle de l'acier. Toutefois, la température augmente rapidement dans les colonnes (position1 et position2), à partir de 40 min, les courbes se superposent avec la courbe ISO.

4. Analyse mécanique

4.1. Déplacements des zones nodales du portique

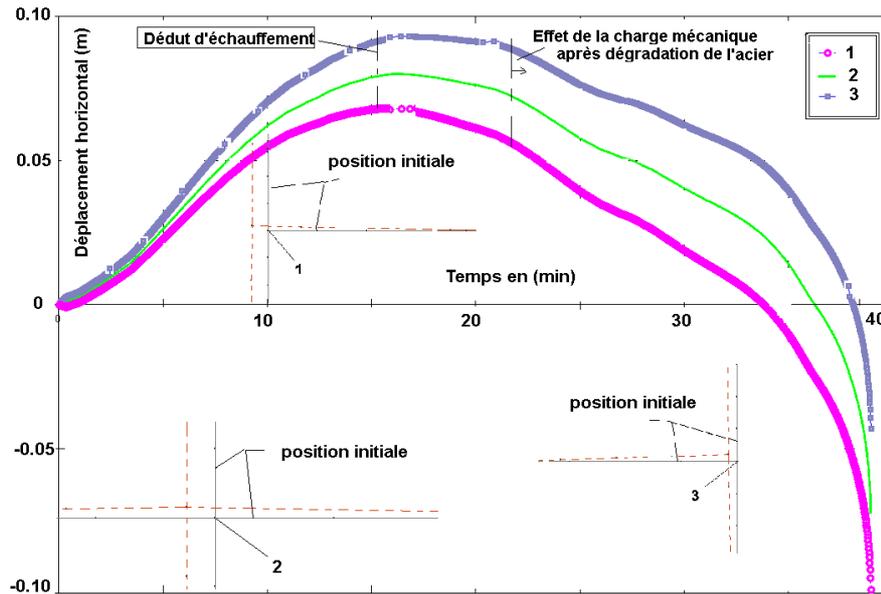


Figure 4. Déplacement horizontal dans le portique, pour une résistance au feu de 40 min

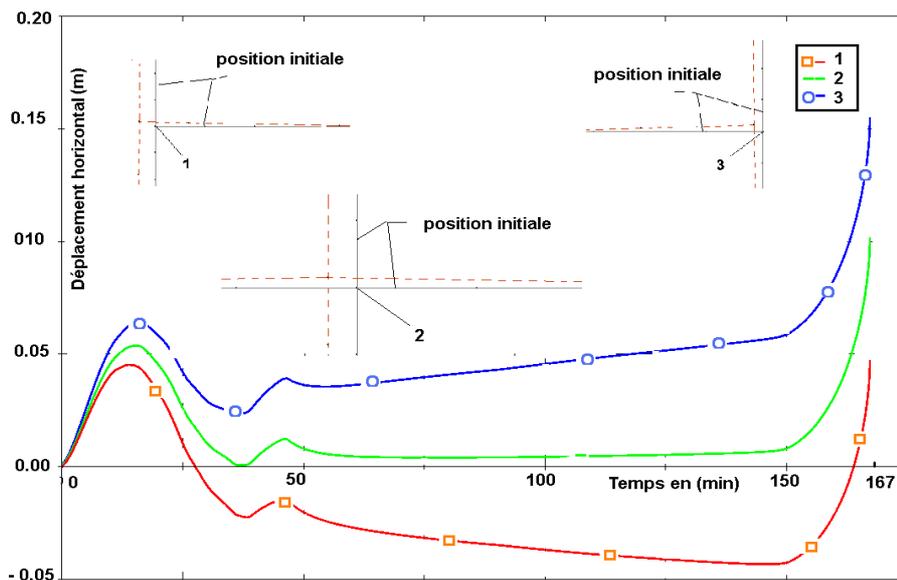


Figure 5. Déplacement horizontal des nœuds 1, 2 et 3 du portique, pour une résistance au feu de 167 min

Avec le code « Safir », on commence par l'application du chargement mécanique, 15 min après, l'effet du feu ISO est activé. Les courbes des déplacements (figure4 et figure5) changent de sens également à partir de 15 min, l'acier commence à perdre ses propriétés mécaniques, les colonnes ont du mal à supporter la charge mécanique (courbes décroissantes).

L'effondrement de cette structure est dû à la ruine des colonnes qui sont en acier non protégé, endommagé par le feu. La figure 6 montre les déformés du portique pour deux chargements c'est-à-dire pour deux temps de ruines, les poutres qui sont en béton armé sont restées presque droites par contre les colonnes ont subi le phénomène de flambage. De plus, on remarque que les nœuds (1, 2 et 3) du portique ont subi de grands déplacements, jusqu'à 15cm (figure 4 et figure 5).

4.2 Comportement mécanique

Tableau1. Résistances au feu du portique

$Q_{\text{étage}}$ [N/m]	Q_{terrasse} [N/m]	Rf [min]
6000	1224	167
11971	10000	105
24000	10000	40

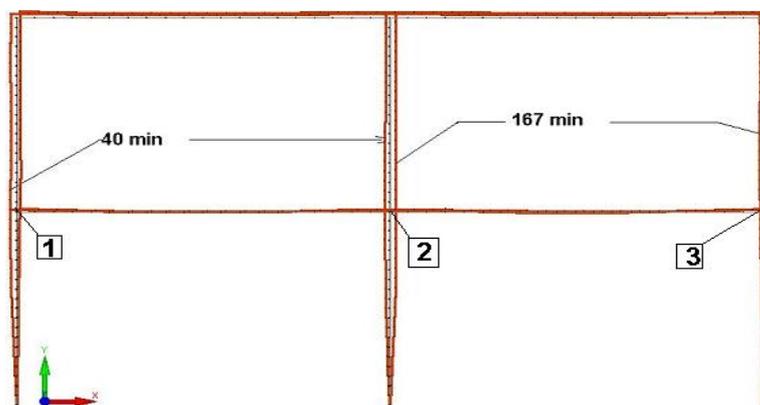


Figure 6. Allure du portique au moment de la ruine, pour deux chargements différents

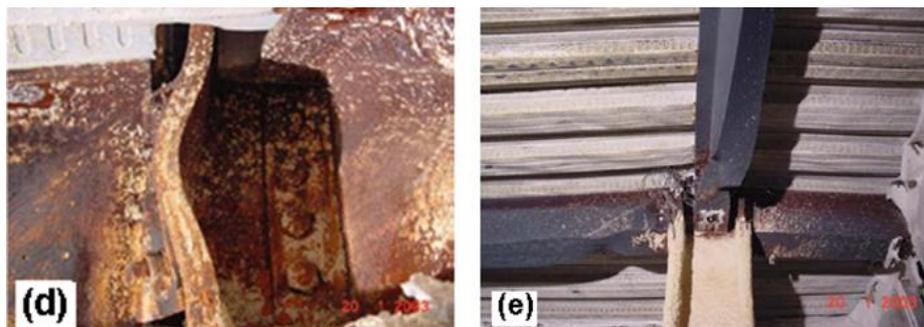


Figure 7. (d) Déformation d'un nœud endommagé par l'incendie naturel ; (e) flambement local de l'âme inférieure de la poutre [WAL 06].

D'une manière générale les zones nodales étudiées ont un comportement assez ductile. Nous remarquons que toutes les courbes ci dessus représentant les déplacements des nœuds, ont une zone commune, en effet elles commencent de l'origine (zéro), elles sont croissantes jusqu'à un certain sommet, ce qui explique l'effet de l'application progressive des charges mécaniques, avant l'échauffement. La phase qui suit correspond à l'application du chargement thermique (flux de chaleur), on reconnait cette étape sur les figures par le changement de sens des courbes, formant un plateau horizontal. Ce qui apparait mieux pour un chargement mécanique faible (Figure5), autrement dit pour des charges nettement inférieures aux charges ultimes. Pour pouvoir comprendre l'influence du feu sur les éléments de structure ; il faut avoir le temps suffisant pour l'augmentation de la température dans l'élément ; entraînant la naissance de dilatations thermiques pendant ce temps. Une image appartenant à l'étude expérimentale de portiques en acier [WAL 06], est présentée dans la

figure 7 ; dans cette étude l'auteur utilise le feu naturel. Celle-ci montre les déformations d'un nœud qui a été endommagé par l'incendie naturel.

5. Conclusions

L'étude du comportement mécanique du portique considéré, tenant compte de la non linéarité matérielle et la non linéarité géométrique et des grands déplacements nous permet de tirer les conclusions suivantes :

La température augmente en fonction du temps, l'accroissement des courbes de température se fait d'une manière très lente dans les poutres, grâce à la conductivité thermique du béton qui est faible par comparaison à celle de l'acier.

En ce qui concerne les colonnes qui sont en acier non protégé, la température augmente rapidement, à partir de 40 min, les courbes se superposent avec la courbe ISO.

Le mode de ruine du portique considéré est causé en premier lieu par le flambement des colonnes, elles sont endommagées par le feu.

En ce qui concerne les poutres en béton armé, les dilatations thermiques commencent après une longue période d'échauffement, donc les matériaux (béton et acier d'armature enrobé) ne perdent pas leurs caractéristiques mécaniques rapidement. Les zones nodales étudiées dans ce travail ont un comportement assez ductile.

En fin on peut dire que dans un travail de modélisation, il est difficile de comprendre les phénomènes, afin de pouvoir comprendre l'influence du feu sur les éléments de structures ; il faut avoir le temps suffisant pour l'augmentation de la température dans l'élément (employer de faibles charges). Ce temps empêche la ruine prématurée due uniquement à la charge mécanique.

6. Bibliographie

- [BRU 00] Brul A., Vandeveld P., « Sécurité contre l'incendie dans les bâtiments », partie 1, prévention passive, ISIB (2000).
- [EC1 03] EN 1991-1-2, EUROCODE 1: « Actions sur les structures exposées au feu », (2003).
- [EC2 05] EUROCODE 2. Calcul des structures en béton et Document d'Application Nationale Partie 1-2: Règles générales, Calcul du comportement au feu, (2005).
- [EC3 05] EUROCODE 3. Calcul des structures en acier et document d'application nationale Partie 1-2: Règles générales - Calcul du comportement au feu, (2005).
- [EC4 05] EUROCODE 4, 1-2, « Calcul des structures mixtes acier-béton: Règles générales », Calcul du comportement au feu, Partie 1-2, (2005).
- [FRA 11] Franssen J.M., "User's manual for SAFIR 2011 a computer program for analysis of structures subjected to fire", University of Liege, Belgium, (2011).
- [JAN 95] Janss J., Statistical analysis of fire tests on steel beams and columns to Eurocode 3, Part 1.2, *Journal Construction steel Research* 33, 39-50 (1995)
- [KOD 07] Kodur V.K.R., and M. Dwaikat, "Performance-based fire safety design of reinforced concrete beams", *J. Fire Protection Eng.*, 17, 293-320, (2007).
- [LIN 10] LinHai H., Wang Wei-Hua, Hong-Xia Yu, "Experimental behaviour of reinforced concrete (RC) beam to concrete-filled steel tubular (CFST) column frames subjected to ISO-834 standard fire", *Engineering Structures* 32, 3130_3144, (2010).
- [LIN 09] LinHai H., Y. Q Zheng., Tao, Z., Fire Performance of Steel-Reinforced Concrete Beam-Column Joints, *Magazine of Concrete Research* 61, p.499, (2009)
- [LIN 13] LinHai H., Qinghua T., Tianyi S., " Fire performance of steel reinforced concrete (SRC) structures" The 9th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, *Procedia Engineering* 62 (2013) 46 – 55

- [MOS 09] Moss P.J., Dhakal R.P., Bongb M.W., Buchanan A.H., "Design of steel portal frame buildings for fire safety"
Journal of Constructional Steel Research 65 1216_1224, (2009).
- [OTM 10] Otmani Benmehidi N., « modélisation multi physique du comportement au feu des colonnes en acier et en béton armé », thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar- Annaba, Algérie, (2010).
- [SCH 09] Schneider U., M. Schneider, J.M. Franssen, " Numerical evaluation of load induced thermal strain in restraint structures compared with an experimental study on reinforced concrete columns, *Fire And Material*,(2009)
- [WAL 06] Walda F., Simoes da Silvab L.,_ Moorec D.B., "Experimental behaviour of a steel structure under natural fire"
Fire Safety Journal, 41, 509–522(2006).