

Modélisation de poutres en béton  
soumises au feu  
avec l'application ST1

Francis Lavergne,  
Gaël Bondonet

# L'incendie des structures de génie civil

Affilié : Degré 2nd  
Paris : 0000

FAI000204 ISSN 0155-2001

**norme européenne** **NF EN 1992-1-2**  
**norme française** Octobre 2005

Indice de classement : P 18-712-1

ICS : 13.220.50 ; 91.010.30 ; 91.080.40

**Eurocode 2 : Calcul des structures en béton**  
**Partie 1-2 : Règles générales — Calcul du comportement au feu**

E : Eurocode 2: Design of concrete structures — Part 1-2: General rules —  
Structural fire design  
D : Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken —  
Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall

**Norme française homologuée**

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 septembre 2005 pour prendre effet le 5 octobre 2005.

Est destinée à remplacer la norme expérimentale XP ENF 1560-1-0, de février 2001 et le DTU P 90-701, de décembre 1993 et son amendement A1, de décembre 2000.

+NA

(2005+2011)

les guides  
du CETU

**Comportement au feu  
des tunnels routiers**



**Cerema**

**Résistance à l'incendie  
des ponts routiers**



collection | **Références**

**2018**

# L'incendie sur ou sous les ouvrages

- ▶ En France, 9,1 incendies de véhicule par an sur ou sous des ouvrages, dont 2,4 poids lourds.
- ▶ Origines humaines, criminelles ou accidentelles ; trafic ; foudre sur les haubans

*Peu de conséquences, car les ponts sont majoritairement des ouvrages en béton robustes et parce que les incendies sont rapidement maîtrisés.*



# Gestion du patrimoine quant à l'incendie

## ► Par analyse de risque qualitative :

$$\text{Risque} = \text{Aléa (Incendie)} \times \text{Vulnérabilité} \times \text{Conséquences}$$



Vulnérabilité des ouvrages sous feu de forte puissance (TMD) En l'absence de TMD, les classes seront réduites d'un niveau.		
Type d'ouvrage	Incendie sur ouvrage	Incendie sous ouvrage
Pont en maçonnerie	Faible	Faible
Cadres, portiques, ponts dalles en BA ou BP, portiques sur palplanches	Faible	Faible
Ponts dalles BP à nervure, ponts caisson BP (post tension), pont à poutres BA	Faible	Moyen
Ponts à poutres BP (PRAD ou VIPP)	Faible	Elevé
Ponts à poutrelles enrobées	Faible	Faible
Ponts mixtes (bipoutres ou caissons) et ponts métalliques (dalles mixtes de type "Robinson")	Faible	Elevé
Ponts métalliques (dalles orthotropes)	Elevé	Elevé
Ponts en béton précontraint avec câbles extérieurs apparents et précontrainte intradosée	Faible à moyen	Elevé
Pont à poutres latérales métalliques ou bow-strings	Moyen	Moyen
Ponts à haubans	Moyen	Moyen à élevé en fonction du système d'ancrage
Ponts suspendus	Elevé	Moyen
Ponts en bois	Faible si dalle BA et poutres sous chaussée	Très Elevé
	Elevé si poutres latérales. Très élevé si platelage bois	

Tableau 16 : Niveaux de vulnérabilité pour un incendie sur ouvrage et sous ouvrage (pour le tablier)

# Un besoin d'étudier rapidement l'ouvrage



Résistance à l'incendie  
des ponts routiers



Exemples d'incendie dans le guide :

- ▶ Visite exceptionnelle
- ▶ calcul de la capacité portante : calcul de température et auscultations
- ▶ restriction de trafic ou pas, essais de chargement,...
- ▶ réparations

Modélisation :

**Diffusion thermique** : le feu fait monter la température du béton et des aciers.

**Mécanique** : ils perdent leur résistance et leur raideur.

# Comportement du béton et de l'acier face au feu

Les structures en acier sont plus vulnérables que celles en béton :

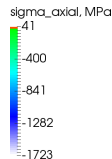
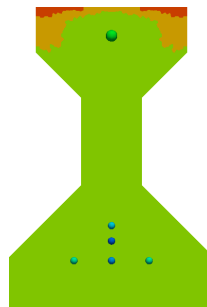
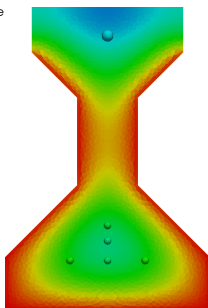
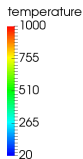
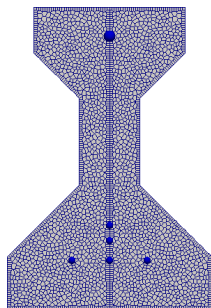
	acier	béton
épaisseur	<b>mm,cm</b>	10cm, m
conductivité thermique $\lambda$ W/m/K	54 → 27,3	2 → 0,6
capacité calorifique volumique $\rho C_p$ kJ/kg/L	4,7	2,1 <b>+eau</b>
raideur résiduelle à 500°C	60% $E_a$	10% $E_t$
limite de linéarité/résistance à 500°C	36% $f_y$	60% $f_{ck}$

- ▶ Acier, structures élancées :  
raideur diminuée + dilatations empêchées → **flambement**
- ▶ Béton armé et précontraint : **écaillage**

Est ce que les aciers ont chauffés ?

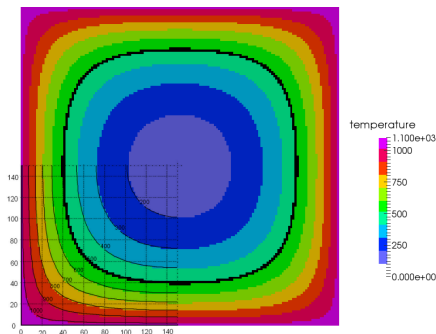
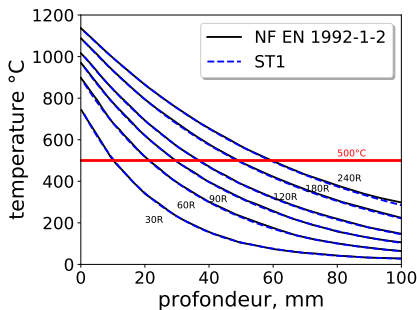
# ST1 permet le calcul au feu

- ▶ Béton armé et béton précontraint
- ▶ pour tunnels, tranchées couvertes, ponts
- ▶ Structures 2D ou 3D



poutre précontrainte sur appuis simples à mi-travée, feu  
ASTM E119, 120min

# Diffusion thermique au travers du béton

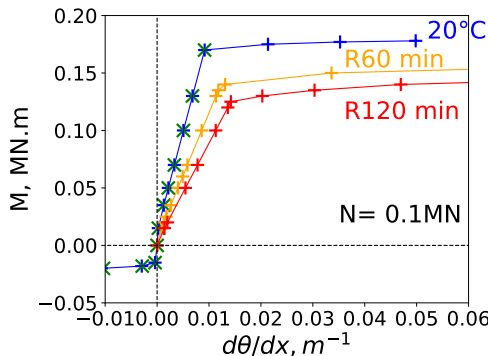
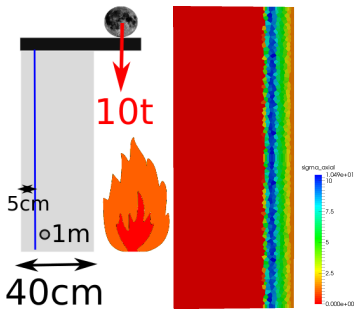


Poteau 30cm×30cm, 120R

- ▶ A chaque 30min, on perd 1cm de béton en plus de l'écaillage !
- ▶ Il faut recalculer la raideur de la section.



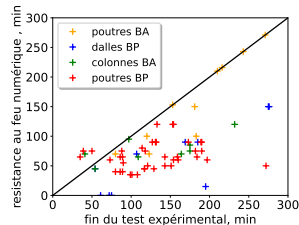
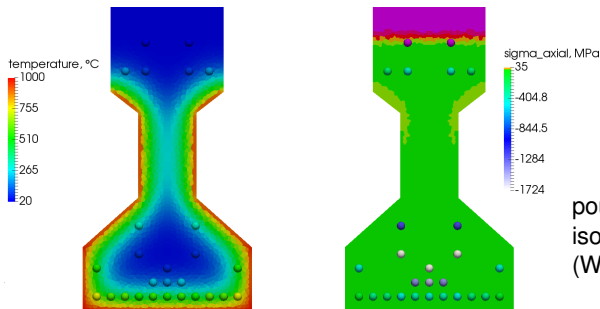
# Réduction des inerties par le feu.



La paroi devient molle, la bielle de compression est à l'intérieur de la section, la section a une inertie apparente plus faible.

# Comparaisons avec des expériences

- ▶ 17 poutres, 7 colonnes en béton armé
- ▶ 11 dalles, 46 poutres en béton précontraint

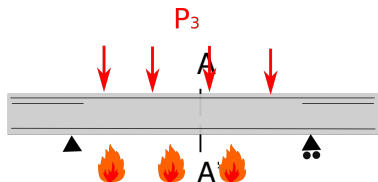


poutre précontrainte  
isostatique, à mi-travée  
(Woods 1960)

Le modèle sous estime la tenue au feu, il capture le bon mode de rupture.  
La tenue au feu est bien améliorée par l'épaisseur de couverture.

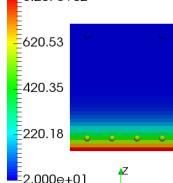
# Poutres sur appuis simples et poutres continues

Poutre sur appuis simples, feu ASTM E119,  $t=80\text{min}$



temperature, °C

8.207e+02



sigma\_axial, MPa

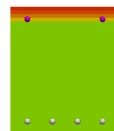
8.753e+01

15.298

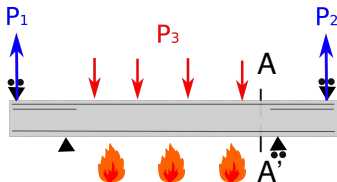
-56.935

-129.17

-2.014e+02

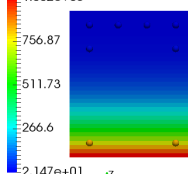


Poutre continue, feu ASTM E119,  $t=210\text{min}$



temperature, °C

1.002e+03



sigma\_axial, MPa

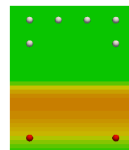
1.000e+02

-30.45

-160.9

-291.35

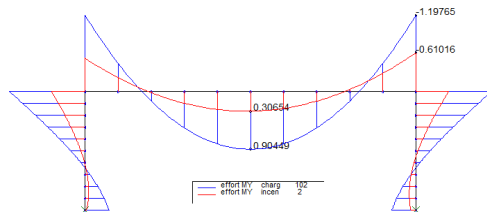
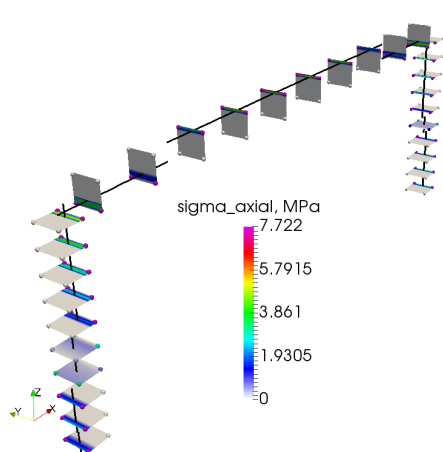
-4.218e+02



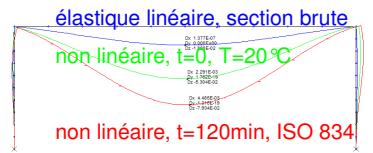
-AA'-

# Poutre précontrainte sur un portique

Un feu ISO 834 de 120min sur les faces intérieures.



## Modifications des moments

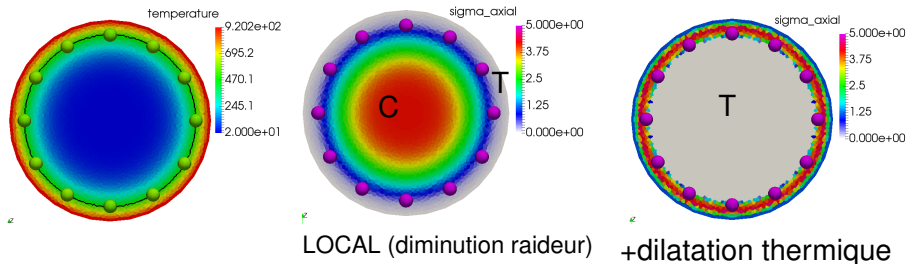


Déplacements bien plus grands

Changement de la fibre neutre.

## Effet des dilatations thermiques seules

HCM 90min sur pile circulaire de 80cm de diamètre, charge axiale 1MN.



La dilatation thermique de la peau de la poutre est empêchée par son coeur.

- ▶ La peau est surcomprimée, et rompt en compression.
- ▶ Le coeur de la poutre est décomprimé, peut être tendu.

Pour résister au feu et à la dilatation,  
il faut des armatures au coeur, de l'enrobage.

# Merci de votre participation



Cerema ITM / DTOA  
francis.lavergne@cerema.fr  
gael.bondonet@cerema.fr  
logiciels-oa.dtitm@cerema.fr



**ST1 V24 est sorti !**

<https://logiciels-oa.cerema.fr/LogicielsOA/ST1/st1.html>