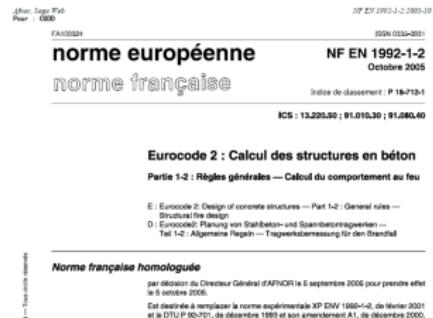




Modélisation de poutres en béton
soumises au feu
avec l'application ST1

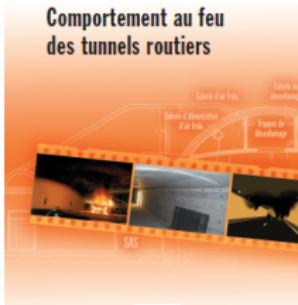
Francis Lavergne,
Gaël Bondonnet

L'incendie des structures de génie civil



+NA

[les guides du CETU](#)



(2005+2011)



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 :

Risque = Aléa (Incendie) \times Vulnérabilité \times 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



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 :

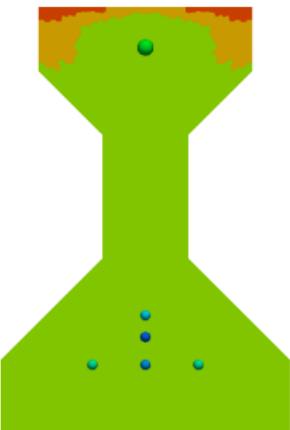
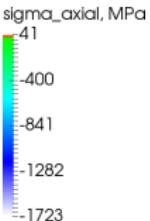
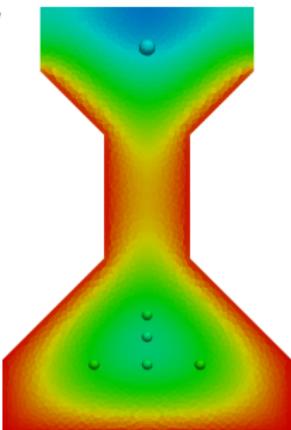
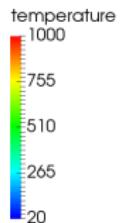
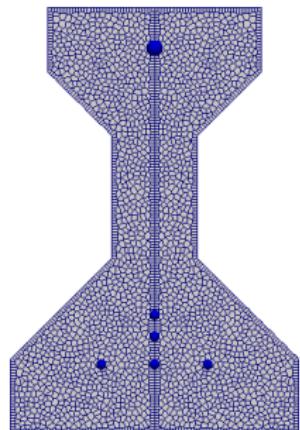
	acier	béton
épaisseur	mm, cm	10cm, m
conductivité thermique λ W/m/K	54 → 27,3	2 → 0,6
capacité calorifique volumique ρC_p kJ/kg/L	4,7	2,1 +eau
raideur résiduelle à 500 °C	60% E_a	10% E_t
limite de linéarité/résistance à 500 °C	36% f_y	60% f_{ck}

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

Est ce que les aciers ont chauffés ?

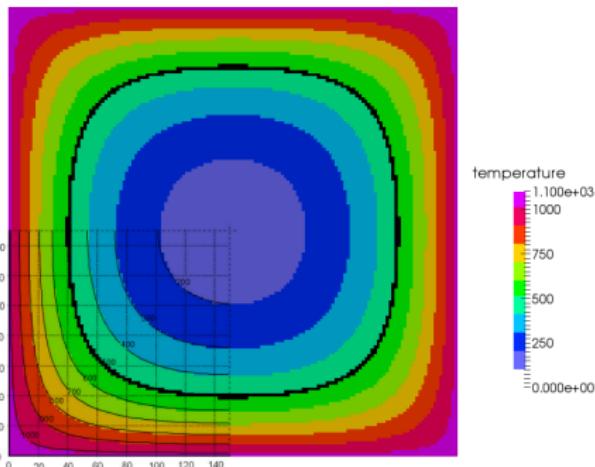
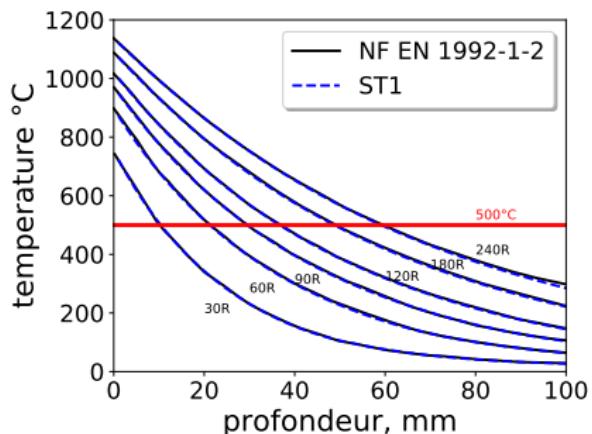
ST1 permet le calcul au feu

- ▶ 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

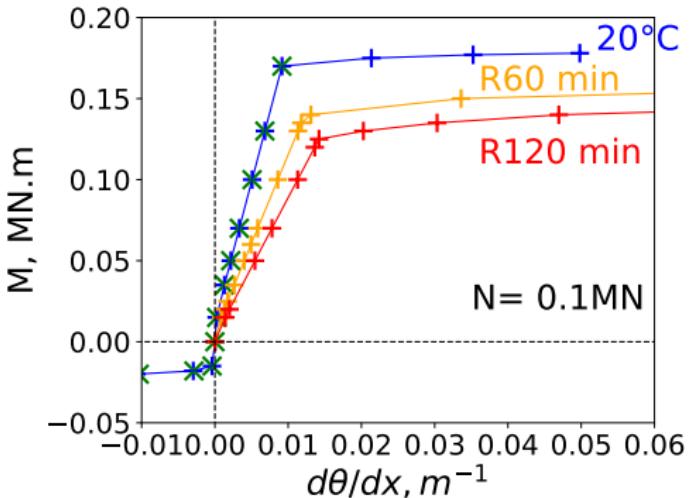
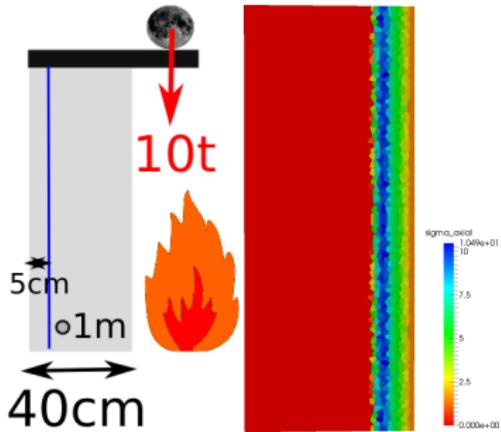
Diffusion thermique au travers du béton



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.

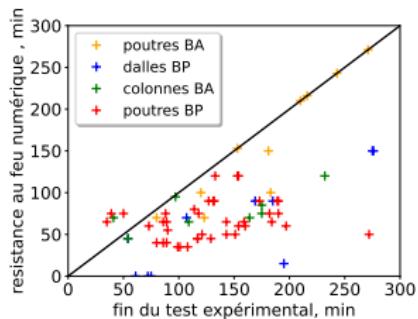
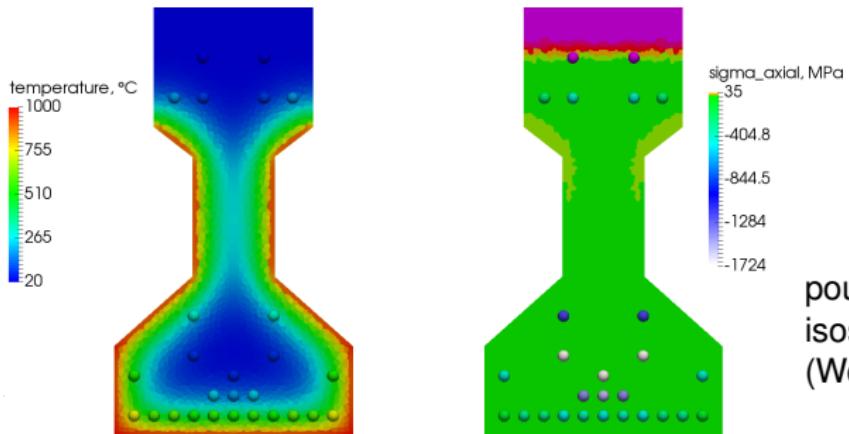
Réduction des inerties par le feu.



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

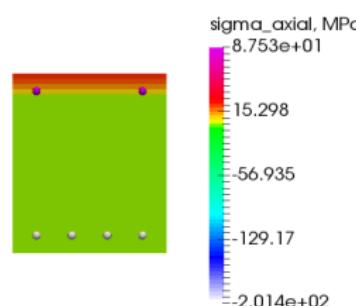
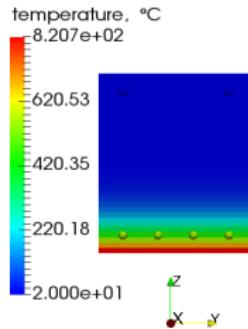
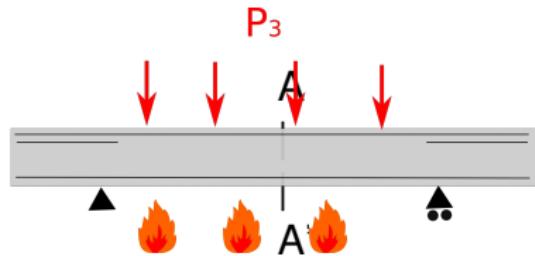


poutre précontrainte
isostatique, à mi-travée
(Woods 1960)

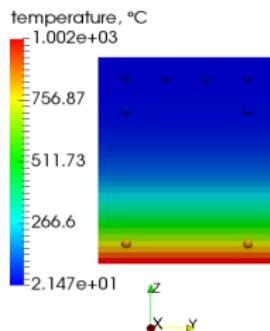
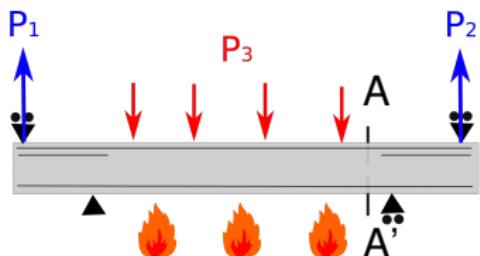
Le modèle sous estime la tenue au feu, il capture le bon mode de rupture.
La tenue au feu est bien améliorée par l'épaisseur de couverture.

Poutres sur appuis simples et poutres continues

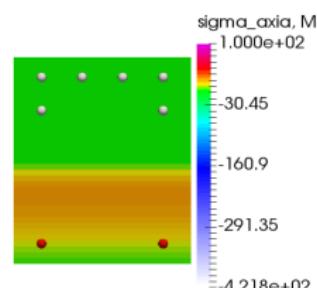
Poutre sur appuis simples, feu ASTM E119, t=80min



Poutre continue, feu ASTM E119, t=210min

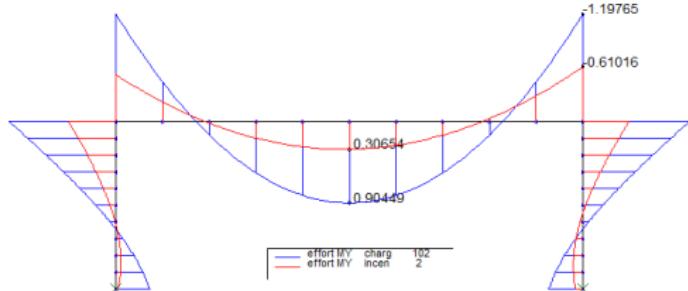
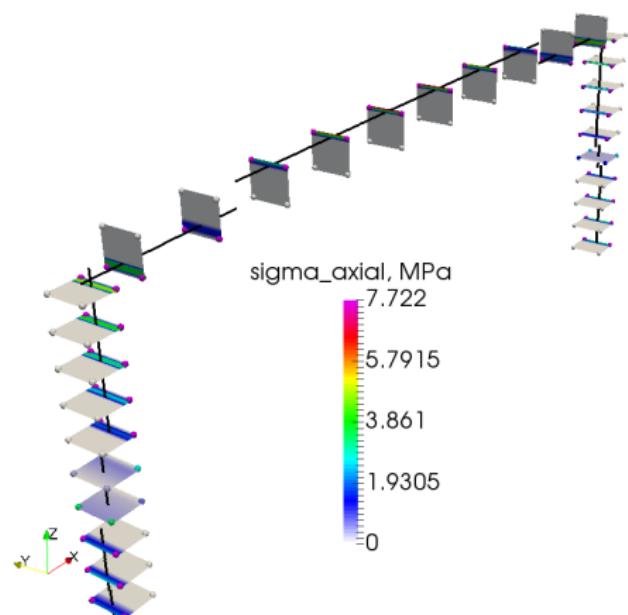


-AA'-

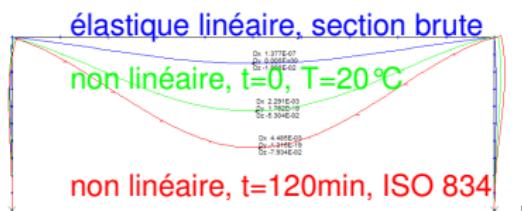


Poutre précontrainte sur un portique

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



Modifications des moments

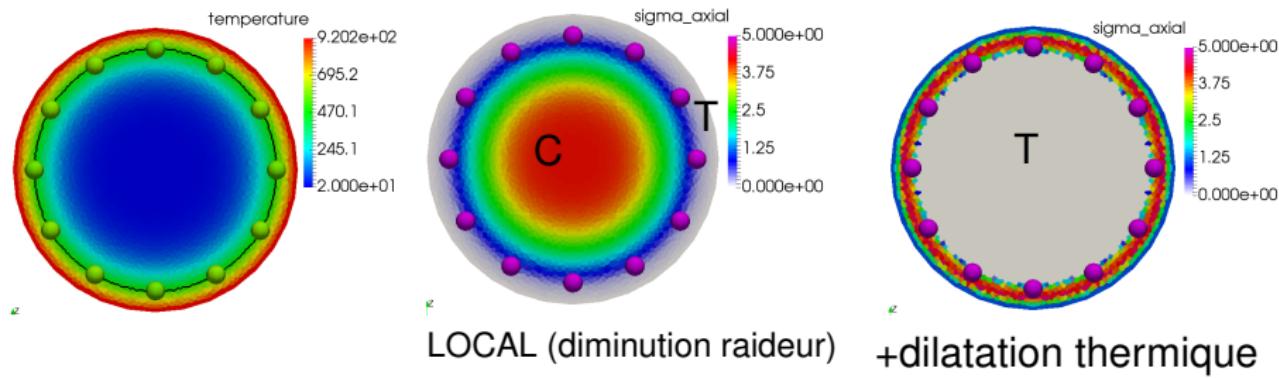


Déplacements bien plus grands

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>