

COLLOQUE

MARDI 23 OCTOBRE 2012

Université de Cergy-Pontoise

PERFORMANCES DU BÉTON SOUMIS À HAUTE TEMPÉRATURE : DU MATÉRIAU À LA STRUCTURE

CSTB
le futur en construction



EIFFAGE
TRAVAUX PUBLICS

LAFARGE



ETAT DE L'ART DU COMPORTEMENT À HAUTE TEMPÉRATURE DES BFUP

Pierre Pimienta¹, Jean-Christophe Mindeguia²

Alain Simon³, Mouloud Behloul⁴

Roberto Felicetti⁵, Patrick Bamonte⁵, Pietro G. Gambarova⁵

1: CSTB

2: University of Bordeaux

3: Eiffage TP

4: Lafarge Ciment, Paris, France

5: Politecnico di Milan

L'exposition au feu des structures en béton induit ...



Modifications des propriétés du matériau

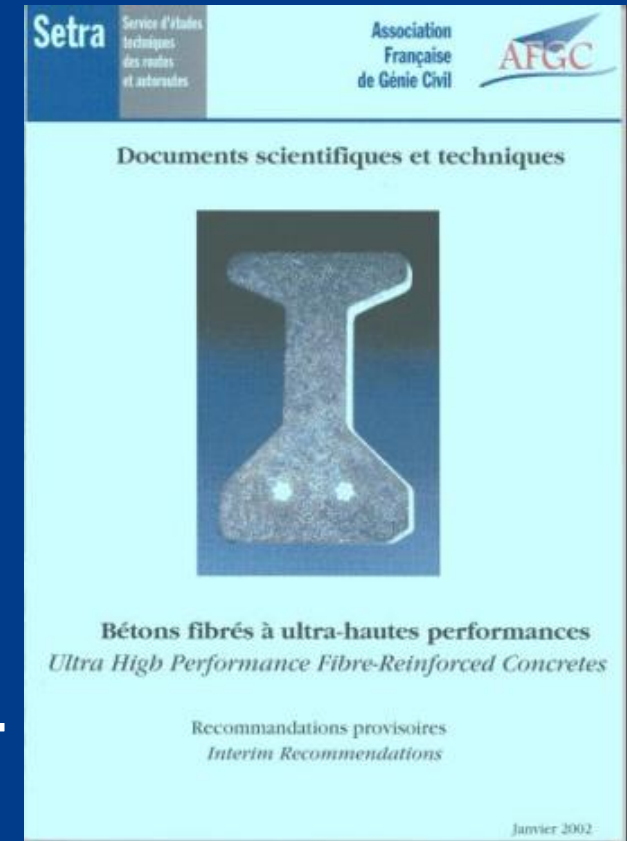
- mécaniques,
- thermiques, ...

Variations dimensionnelles de la structure qui peuvent être importantes

Risques d'instabilité thermique (écaillage, éclatement)

Besoins de données expérimentales

- Transformations physico chimiques
- Formules présentées
- Propriétés matériaux
 - **Résistance en compression**
 - **Module d'élasticité**
 - Résistance à la traction
 - Energie de fissuration
 - **Dilatation thermique**
 - Caractéristiques thermiques et DTT
- Résistance au feu
 - **Ecaillage**



Recommandations AFGC SETRA
Révision 2012

Transformations physico chimiques

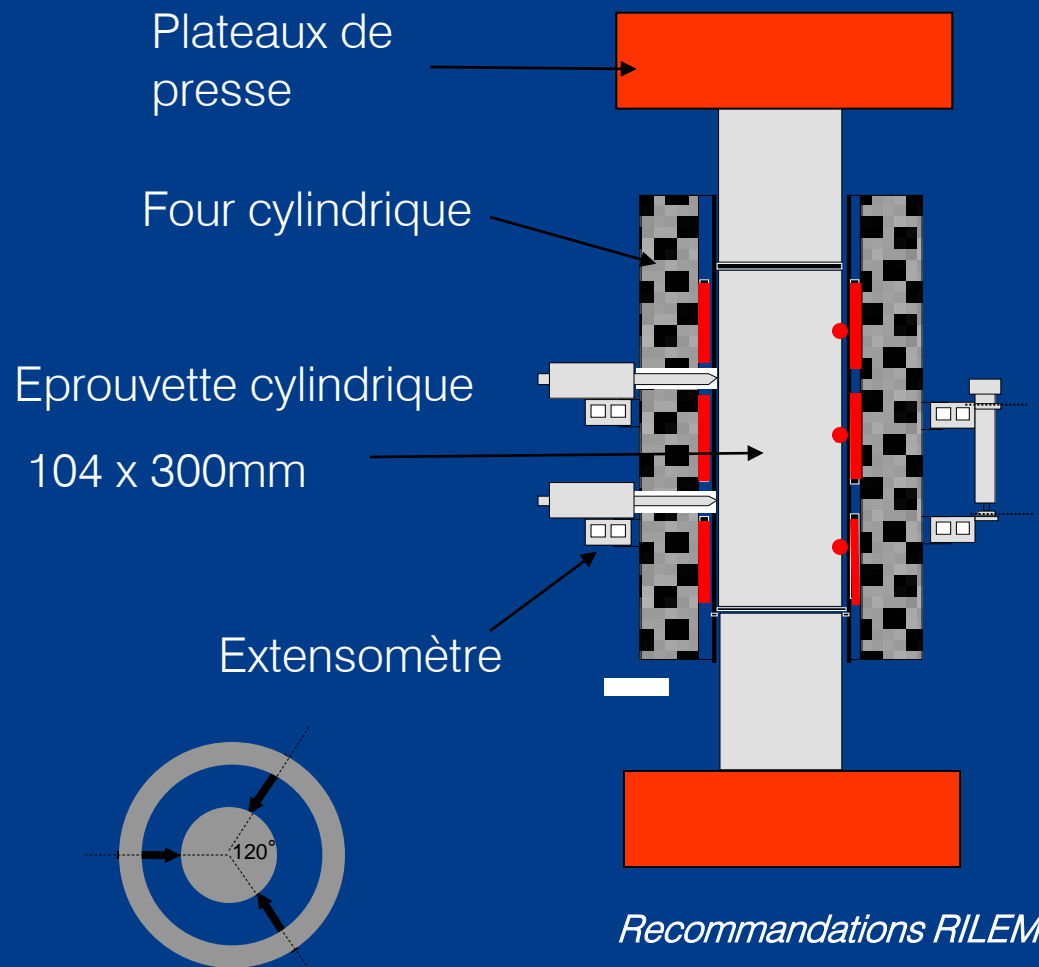
20°C	Début du départ de l'eau
100°C	Départ de l'eau libre 80°C-150°C déshydratation de l'ettringite 150-170°C décomposition du gypse 171°C fusion des fibres polypropylène Début de la déshydratation du CSH
200°C	Augmentation de la pression interne Oxydation d'éléments métalliques
300°C	Clivage des granulats siliceux 374°C Température critique de l'eau
400°C	Décomposition de la portlandite $Ca(OH)_2 \rightarrow CaO + H_2O$
500°C	573°C Changement des phases du quartz β - α
600°C	Deuxième phase de la décomposition du gel CSH avec la formation de β -C ₂ S.
700°C	Décomposition du carbonate de calcium $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
.....	
1300°C	Destruction complète du béton

- **BSI®-feu (France) : 148 – 165 MPa**
- **Ductal® -AF (France) : 160 - 200 MPa (traitement thermique)**
- **Ductal® RPC (France) : 165 MPa**
- **CRC (Danemark) : 158 MPa**
- **BCV (France) : 155 MPa**
- **Politecnico (Italie) : 121 MPa (sans fibres)**
- **CERIB UHPC I et II (France) : 170 – 200 MPa**
- **Rostock 1 et 3 (Allemagne) : 160 – 180 MPa**

Exemple équipements



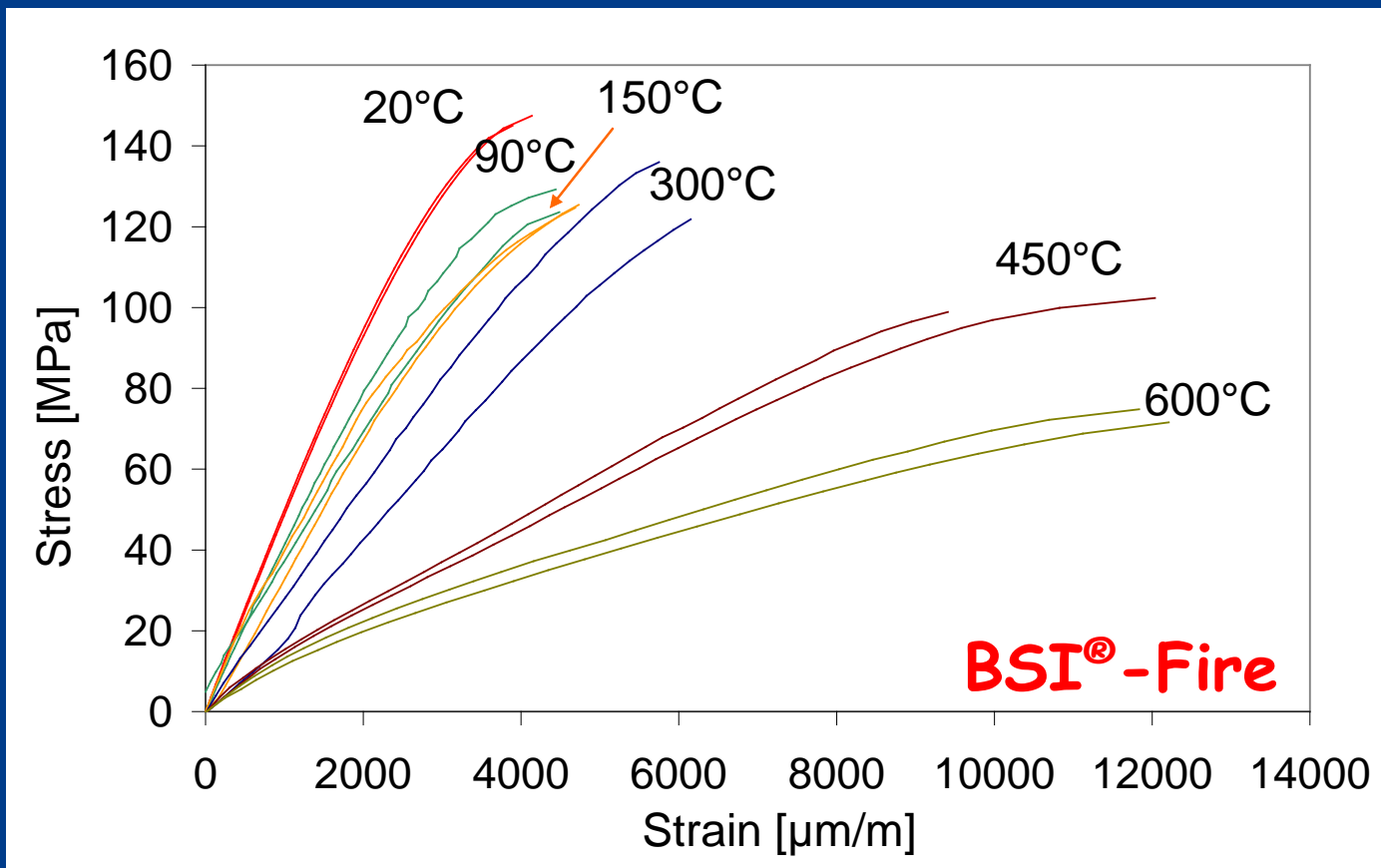
Photo CSTB



Modes opératoires (exemple)

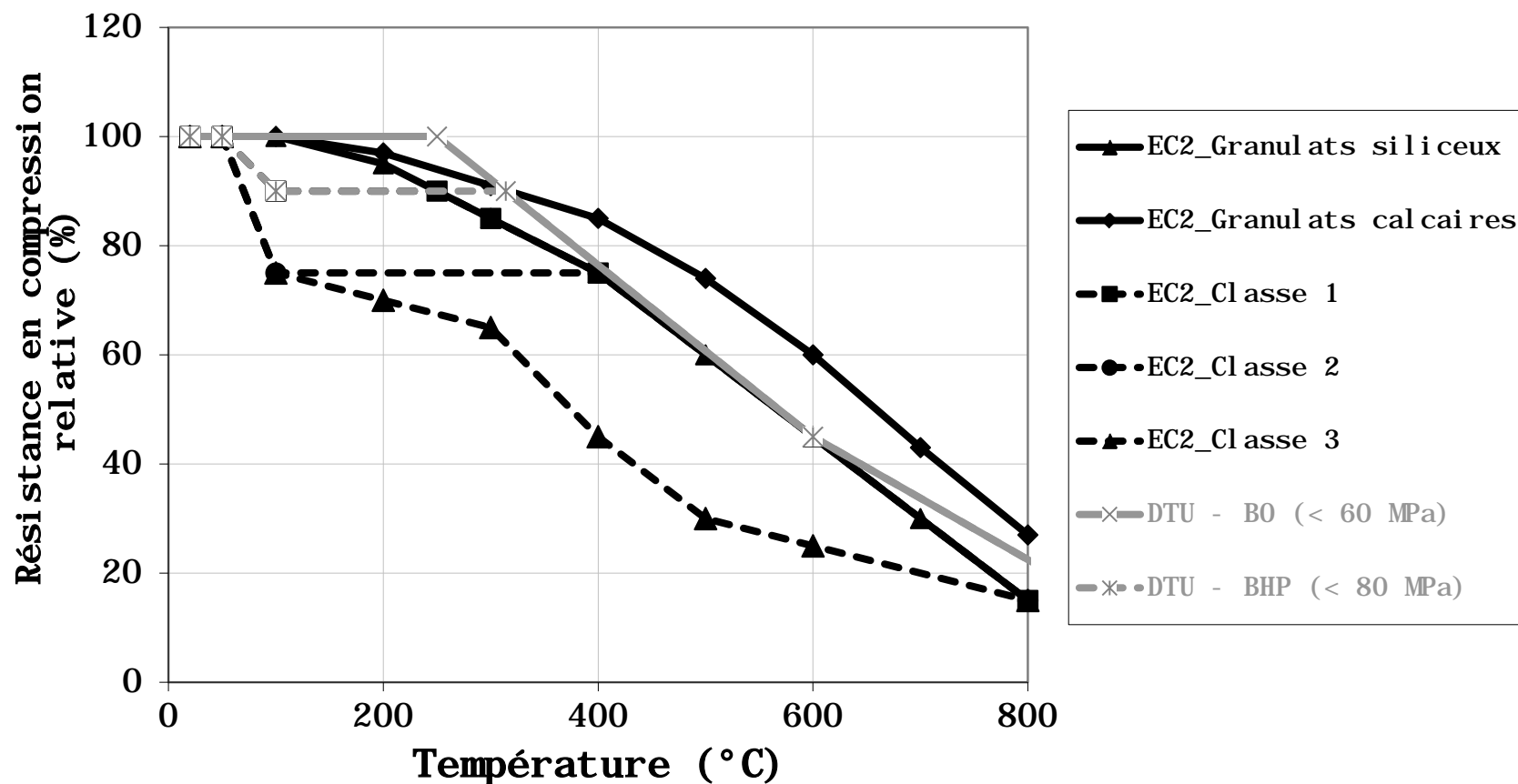
	BSI® - Fire	DUCTAL® - AF
Vitesse de montée en T	1 ° C/min	2 ° C/min
Temps de stabilisation	1 h (2 h at 90 ° C)	1 h
T _{tessai}	90, 150, 300, 400, 600 ° C	100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 ° C
Précharge	0 %	0 % 20 %
Essai à chaud	✓	✓
Essai résiduel	x	✓

Courbes contrainte-déformation

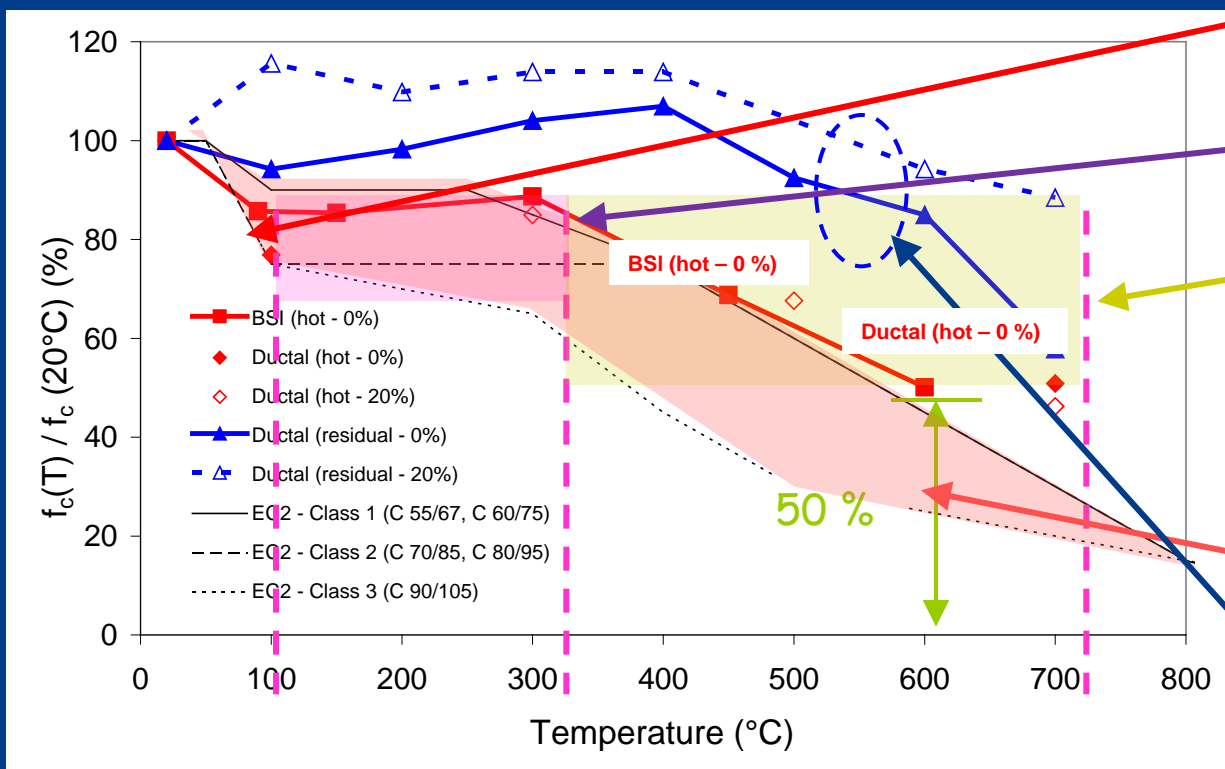


→ **Bonne répétabilité**

Courbes Eurocodes et DTU



Résistance en compression relative

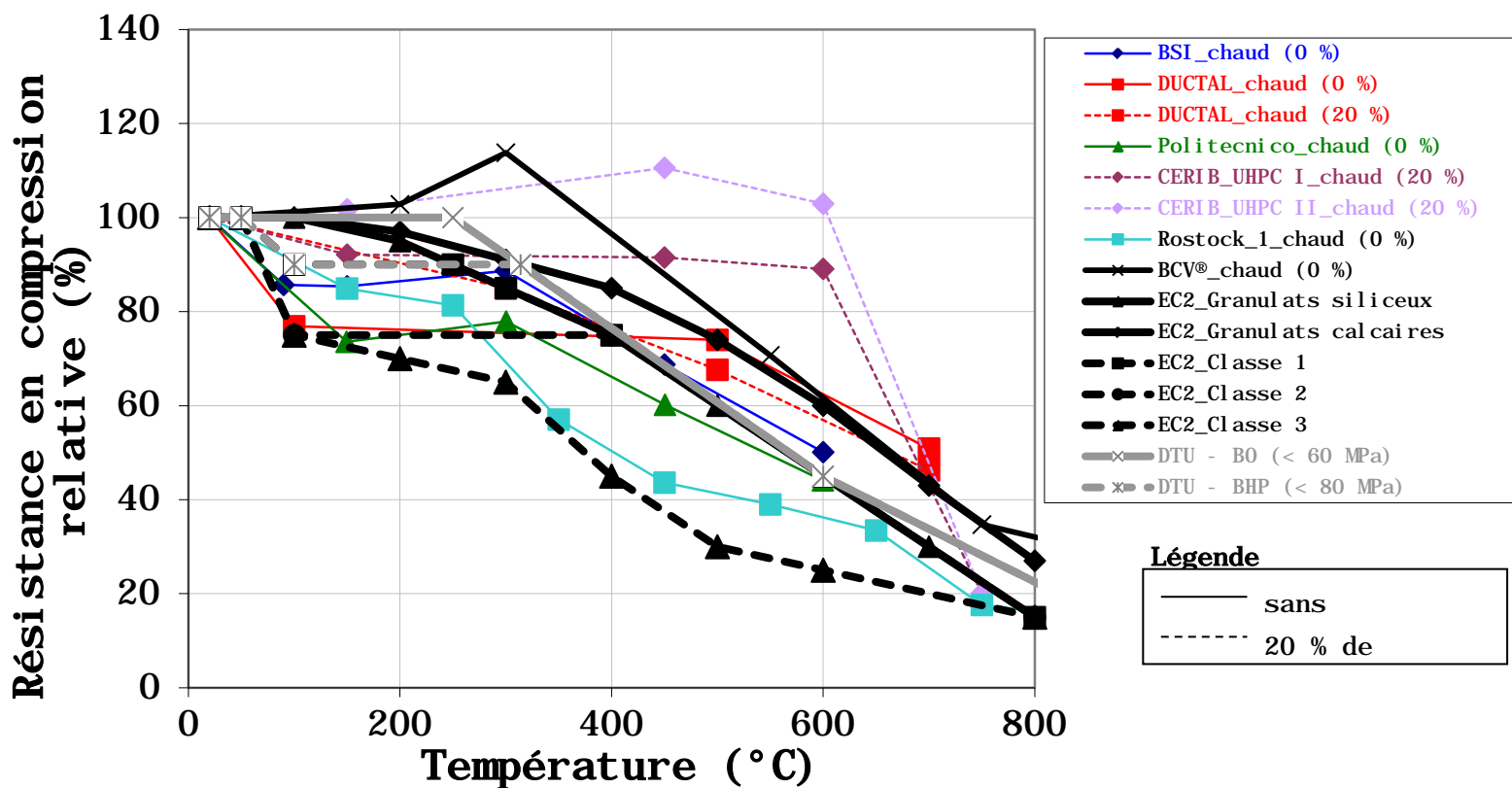


- 20 - 100 ° C : essais à chaud
diminution de R_c (10 à 20 %)
- 100 → 300 ° C : pas de diminution
- 300 → 700 ° C : diminution
régulière de R_c avec la T
- Résultats en bon accord
avec EC2
- R_c résiduel > R_c à chaud

Essais à chaud – sans précharge

Résistance à la compression

Essais à chaud

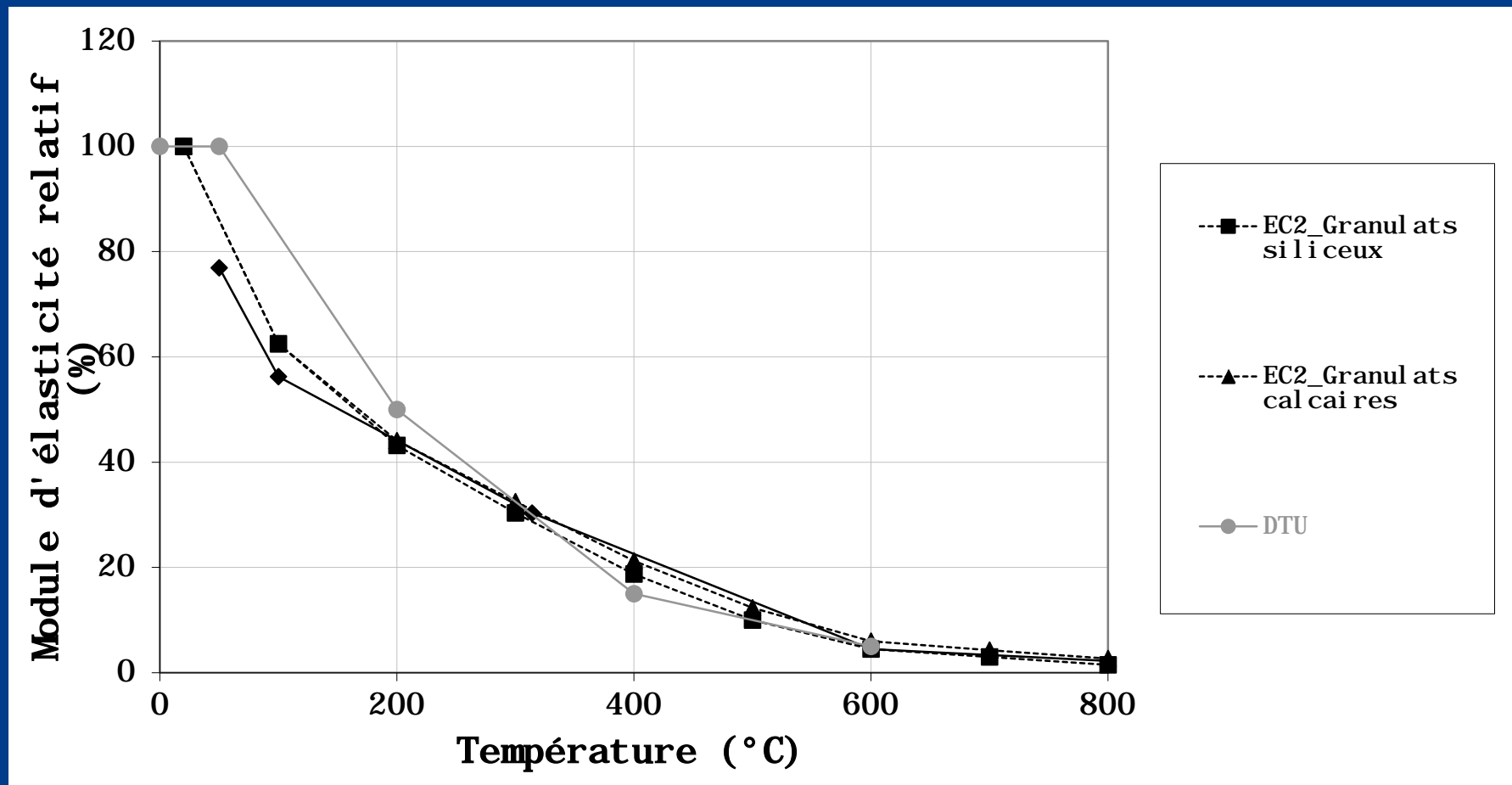


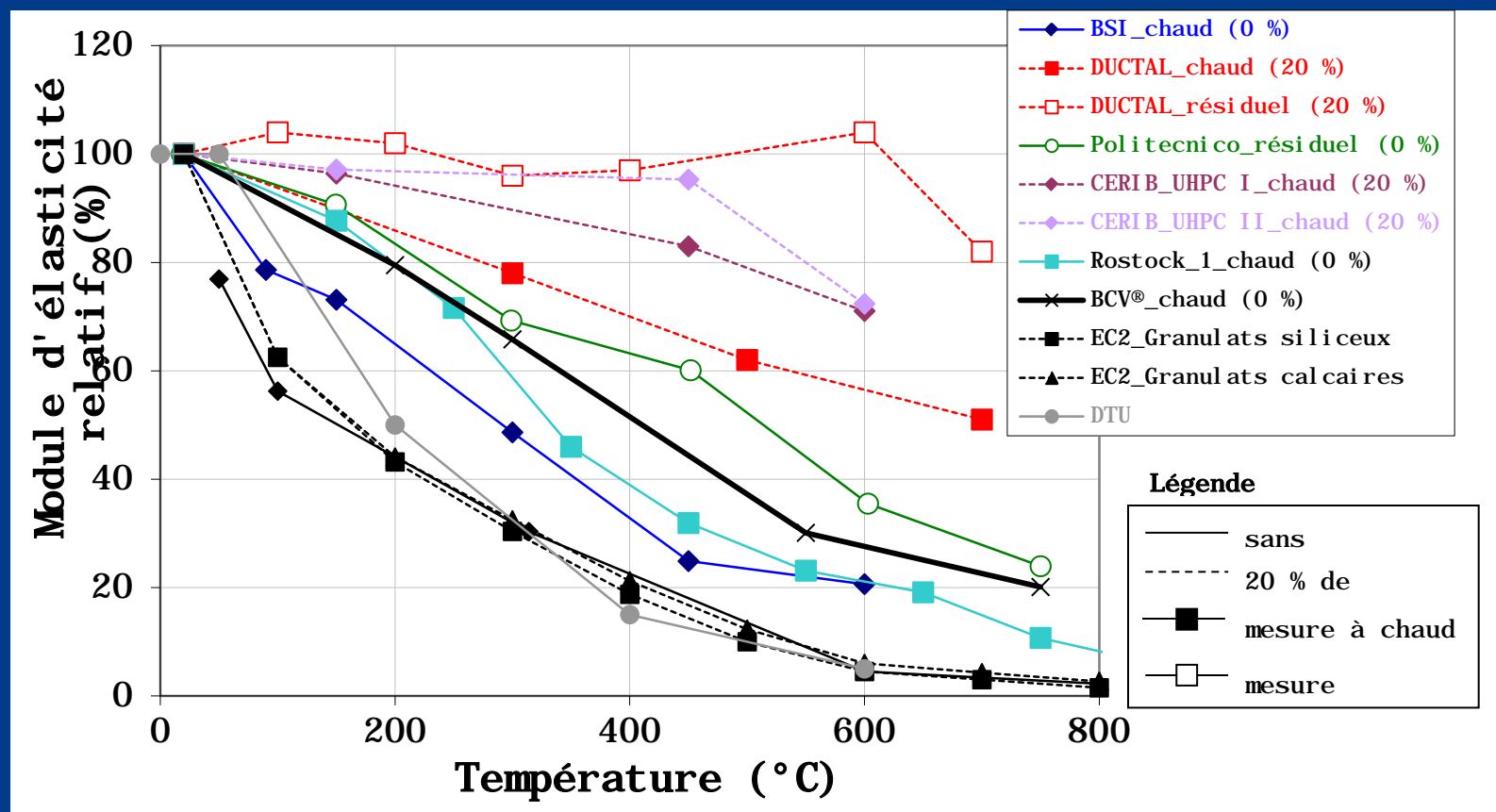
600 ° C : - 10 à -50 %

800 ° C : -80 %

➔ Résultats dépendants des formules
et des modes opératoires

Courbes Eurocodes et DTU

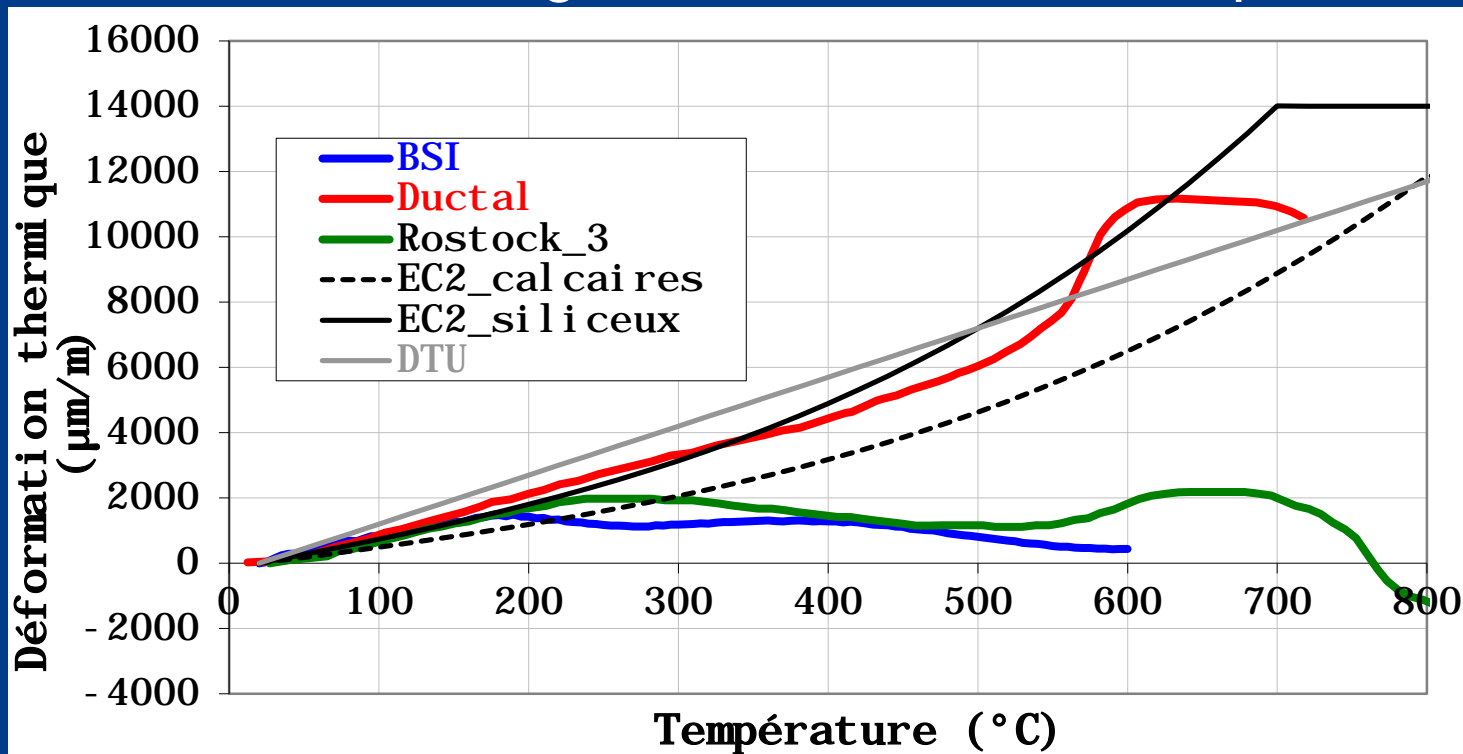




600 ° C : - 50 à -80%

➔ Résultats dépendants des formules
et des modes opératoires

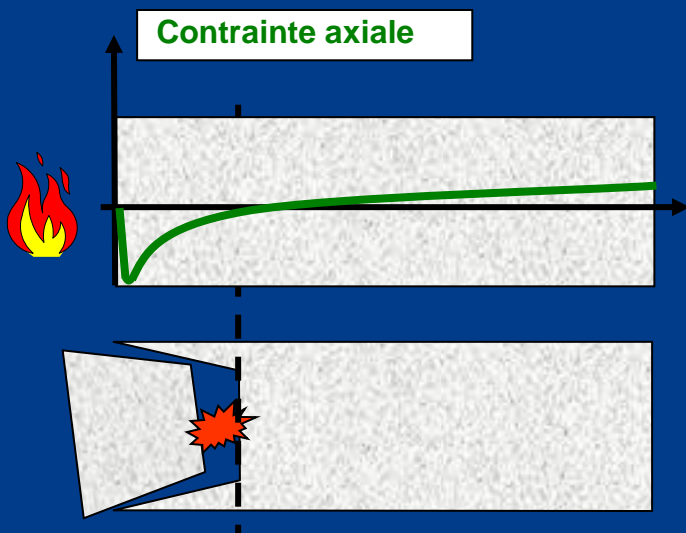
T ↗ ==> Dilatation des granulats et retrait de la pâte



→ 2 familles de courbes

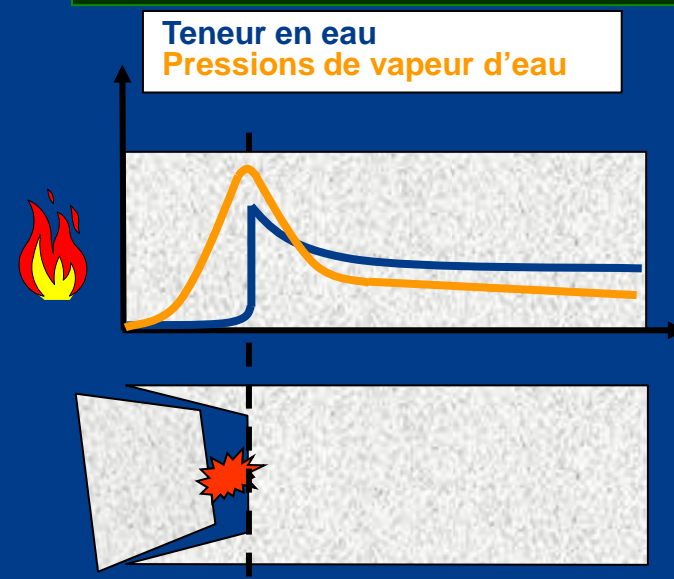
→ Nécessité de poursuivre la recherche

Mécanisme Thermo-Mécanique



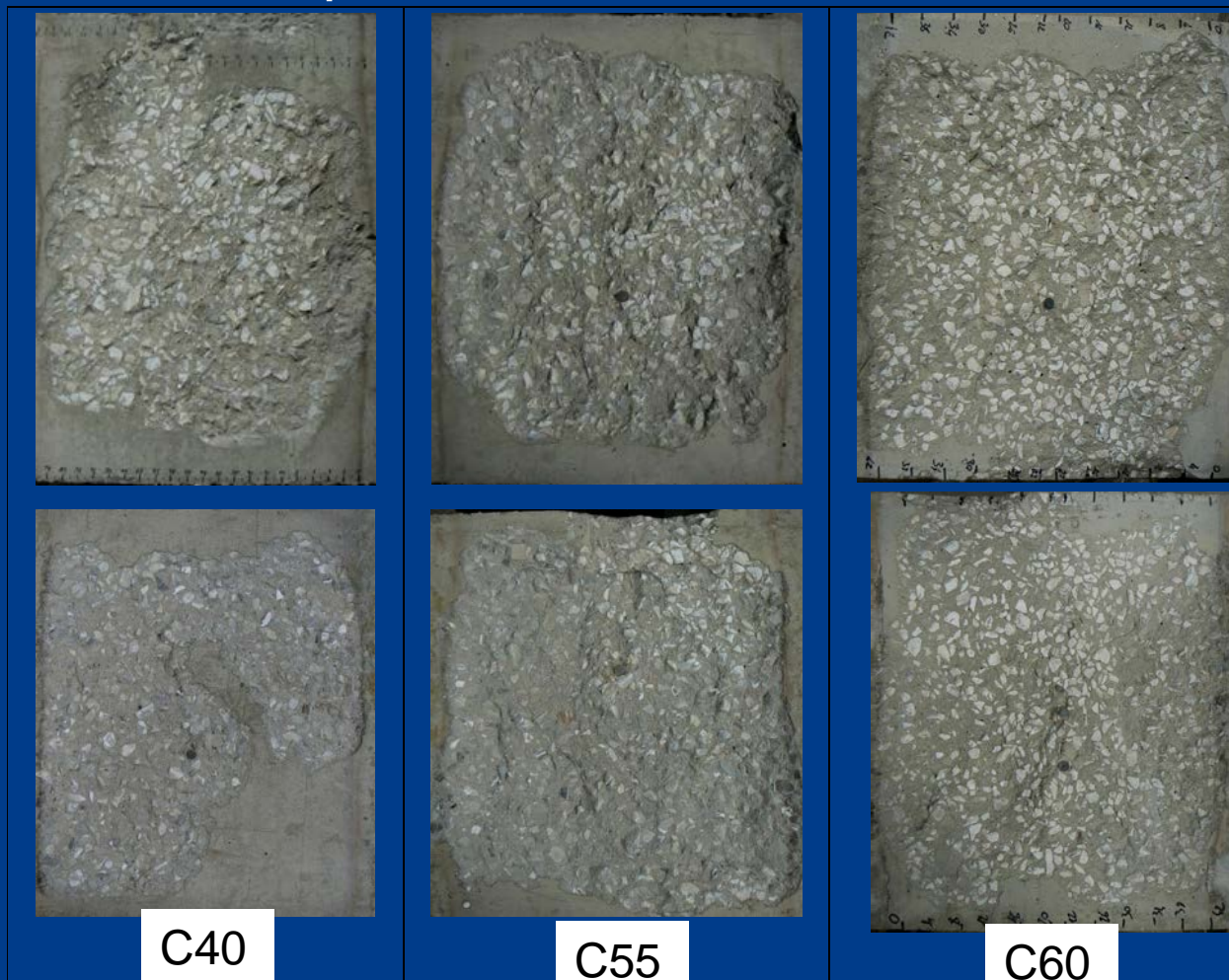
Bazant 1997
Ulm & Al. 1999
Msaad & Al. 2006
Sercombe & Al. 2006
Jansson 2008

Mécanisme Thermo-Hydrique



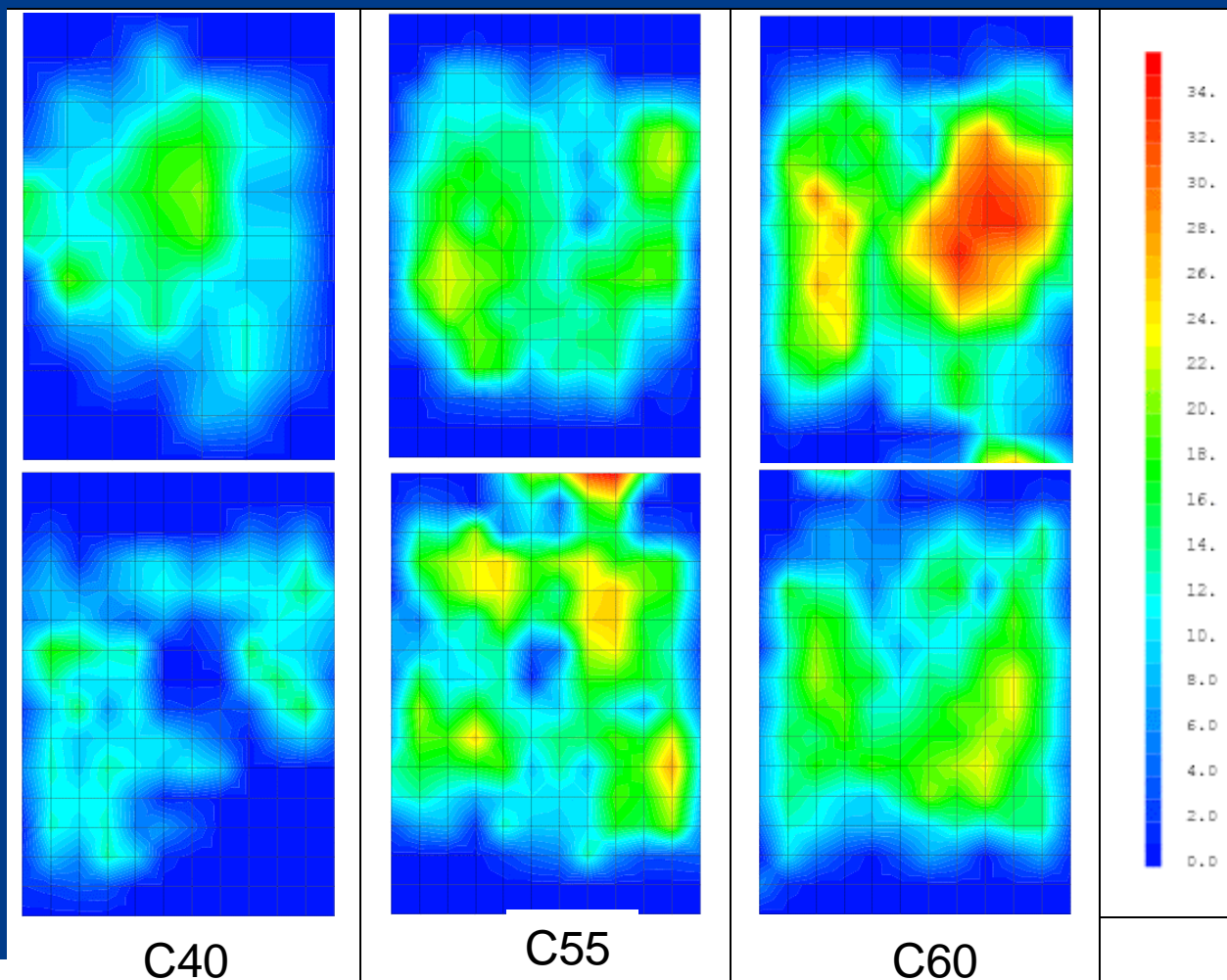
Harmathy 1970
Khoylou, England 1996
Kalifa & Al. 2000
Yanko, Consolazio 2006

Influence de la compacité



Photos CSTB

Influence de la compacité



Essais de résistance au feu

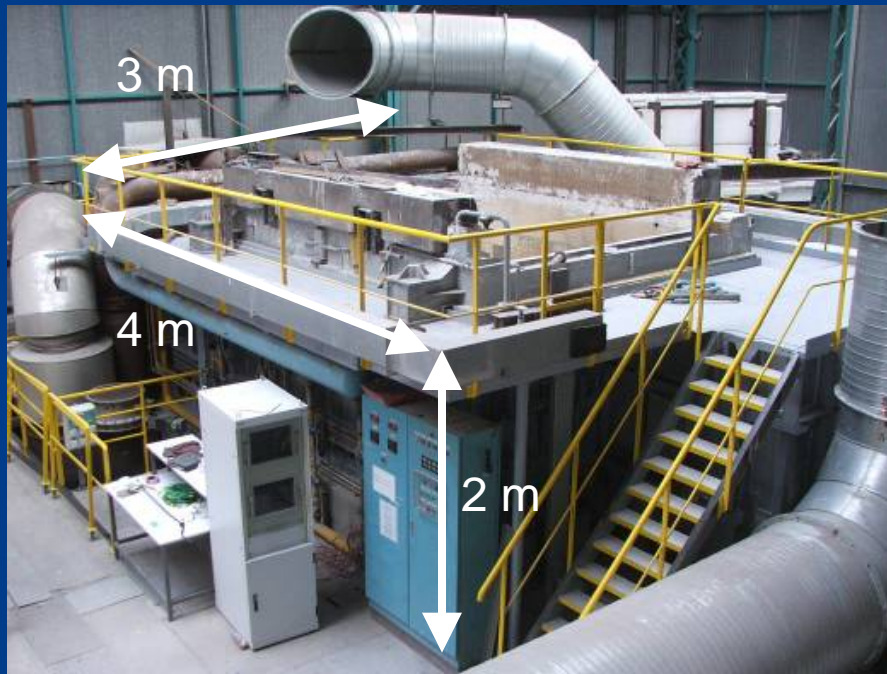
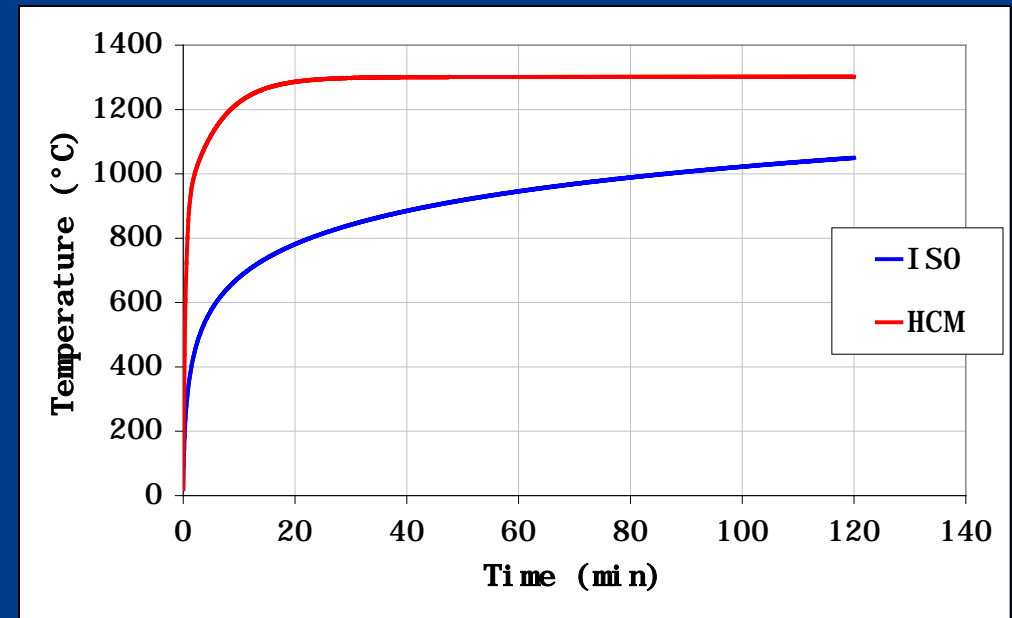
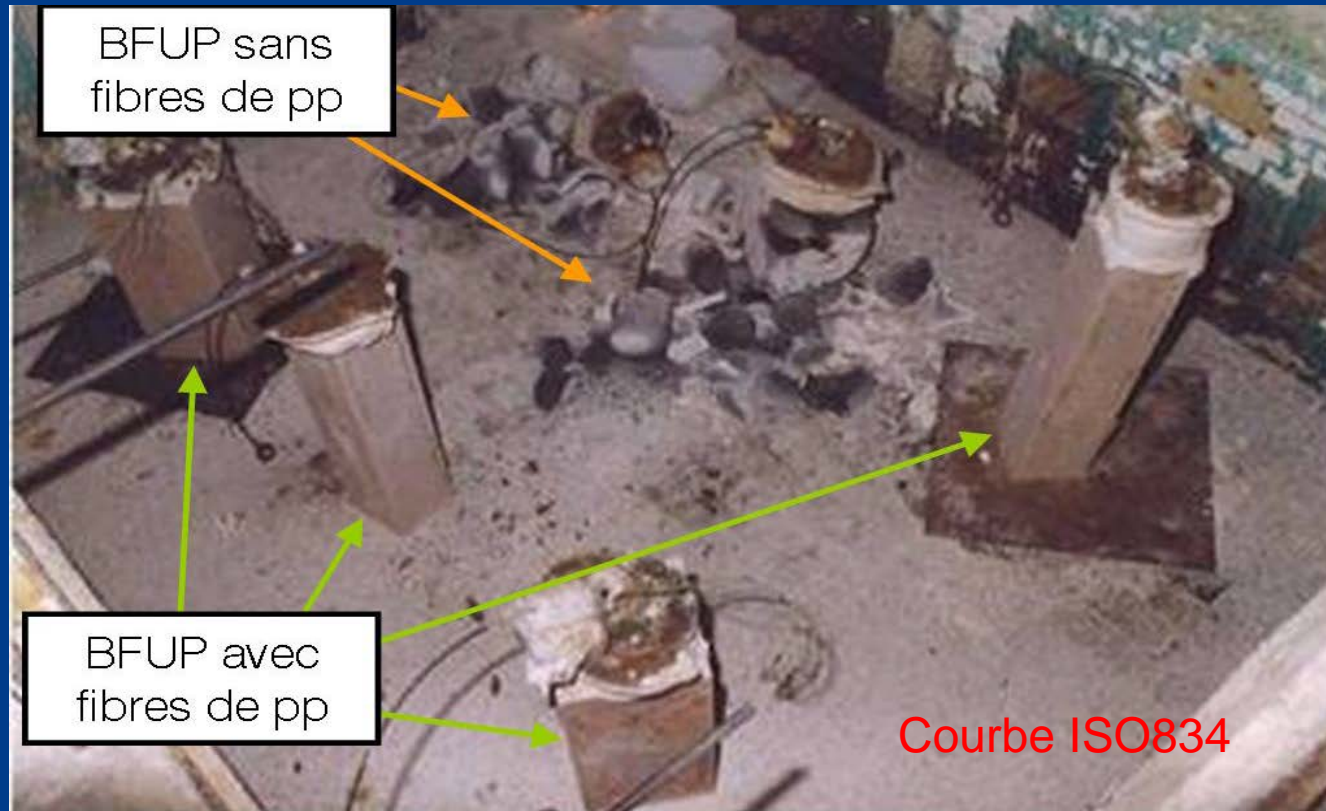


Photo CSTB



Instabilité thermique - Ecaillage



Poteaux de Ductal®-AF et de Ductal®-FO

Photo CSTB

➔ Efficacité des fibres PP

Instabilité thermique - Ecaillage



Sans fibre

BFUP CERIB UHPC II



Avec fibres

Photos CERIB

Courbe ISO834

→ Efficacité des fibres PP

Essai exposition feu HCM petite éprouvette

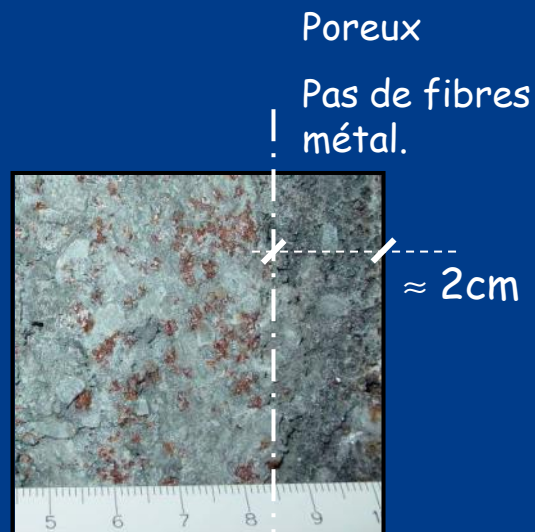


Photo CSTB

Pas d'écaillage



Feu HCM

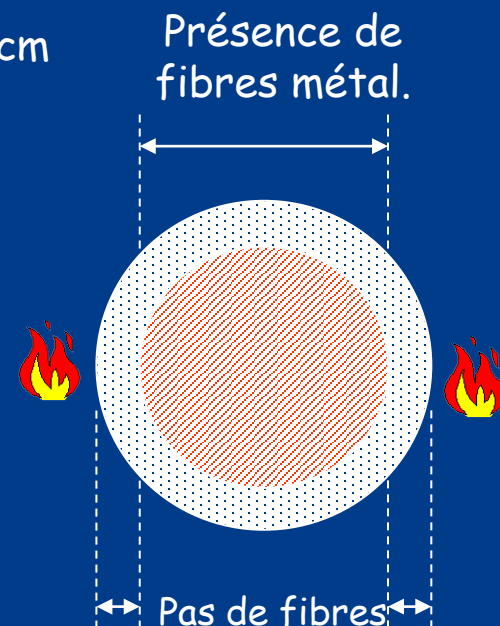


Poreux

Pas de fibres
métal.

≈ 2cm

Oxydation
liée au sciage
à l'eau



Propriétés matériaux

- Propriétés mécaniques dépendantes des formules et des modes opératoires
- 2 familles de courbes de dilatation thermique

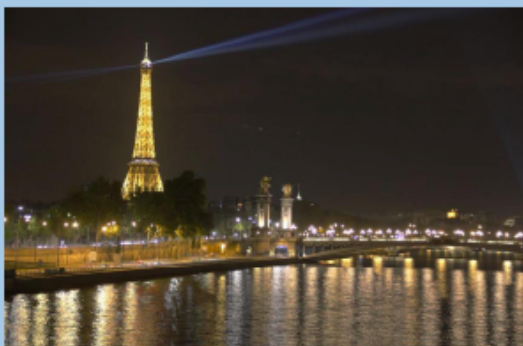
- Résistance au feu

- Instabilité forte si pas de dispositions particulières prises
- Grande efficacité de l'ajout de fibres polypropylène

CALL FOR ABSTRACTS
RILEM WORKSHOP

2013 FIRE SPALLING

3rd International Workshop on
Concrete Spalling due to
Fire Exposure



Paris - France
25 - 27 September 2013

www.FireSpalling2013.fr



Vulcain : 9 m x 3m