



Protection thermique des matériaux contre l'incendie, réglementation, connaissances

C. THAUVOYE – B. TRUCHOT

- Approche réglementaire
 - ✓ Objectifs des réglementations et traductions des objectifs de sécurité en prescription

- Relation avec les normes
 - ✓ En réaction au feu
 - ✓ En résistance au feu

- Exemple de matériaux et protections disponibles

APPROCHE RÉGLEMENTAIRE

- **Les réglementations incendie, par un ensemble de mesures de prévention visent à :**
 - ✓ **Assurer la sécurité des occupants par :**
 - ✓ La signalisation d'un début d'incendie
 - ✓ Une évacuation plus sûre et plus rapide hors du bâtiment (évacuation totale)
 - ✓ Un isolement dans des zones refuges dans l'attente de leur évacuation (évacuation différée)
 - ✓ La garantie d'une atmosphère respirable et claire durant l'évacuation (ventilation/désenfumage)
 - ✓ **Faciliter et sécuriser l'intervention des secours**
 - ✓ **Protéger les tiers**

➤ 3 leviers :

- ✓ Limiter la charge calorifique
- ✓ Assurer la stabilité du bâtiment
- ✓ Prévenir la propagation de l'incendie

➤ Les règles concernent principalement:

- ✓ Nature des matériaux employés
- ✓ Stabilité des éléments structuraux
- ✓ Compartimentage et isolement du bâtiment
- ✓ Moyens d'évacuation des occupants
- ✓ Suppression du feu
- ✓ Systèmes de contrôle des fumées
- ✓ Détection et alarmes incendie

mesures
passives

mesures
actives

- **REACTION au FEU** (Arrêté du 21 novembre 2002 – NF EN 13571-1)
 - ✓ Qualifie la facilité des matériaux à s'enflammer et donc à alimenter le feu

- **RESISTANCE au FEU** (Arrêté du 22 mars 2004 – NF EN 13571-2)
 - ✓ Qualifie l'aptitude des éléments de construction à assurer le rôle qui leur est dévolu malgré l'action de l'incendie

Réglementation incendie française - organisation



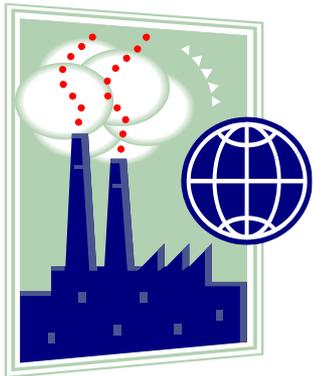
ERP et IGH / ITGH



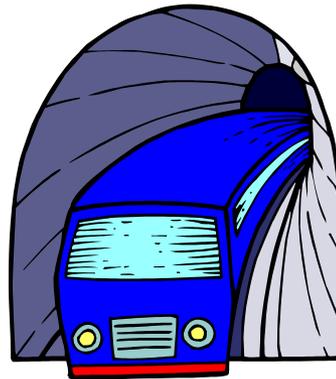
HABITATION



LIEU DE TRAVAIL



INDUSTRIE / ICPE



TRAINS & TUNNELS



INB

➤ Deux situations

- ✓ Maitrise de la charge calorifique présente
- ✓ Ex des des IGH – Art. GH 61 :
 - ✓ 400 MJ/m² (25 kg/m²) pour mobilier avec un maximum de 600 MJ par local délimité par des parois de façade ou des parois coupe-feu de degré 1 heure au moins
 - ✓ 240 MJ/m² (15 kg/m²) pour immobilier
 - ✓ Objectif : Limiter le développement et la puissance de l'incendie
- ✓ Ex des trains : conformité du matériel roulant à la 45545-1
- ✓ Gestion de la combustibilité des bâtiments
- ✓ Ex des ICPE
 - ✓ Les matériaux des parois sont A2s1d0
 - ✓ Objectif : Eviter la propagation de l'incendie par les parois combustibles

➤ Permettre l'évacuation des personnes

- ✓ Utilisé dans de nombreuses réglementations au travers de la propriété R de résistance au feu
 - ✓ R30 à R90 en ERP selon la catégorie et la hauteur du bâtiment
 - ✓ R15 à R90 en habitations
 - ✓ R120 à R180 en IGH/ITGH
 - ✓ R15 à R60 en ICPE selon la charge calorifique et la hauteur du bâtiment

- ✓ Un cas particulier : les tunnels
 - ✓ Notion d'absence de ruine en chaîne, N0
 - ✓ Stabilité de la structure, N1, basée sur la 13571-1
 - ✓ Introduction d'un niveau supplémentaire, N1 et N2; via une courbe dite HCM

➤ Gestion de la propagation entre niveaux

- ✓ Basé sur la notion de résistance au feu mais pas uniquement
- ✓ Gestion de la propagation verticale
 - ✓ ERP, planchers REI 30 à RE90
 - ✓ Habitations, planchers REI15 à REI90
 - ✓ Introduction de la notion de C+D
 - ✓ ICPE : plancher REI 120
- ✓ Gestion de la propagation horizontale
 - ✓ Parois REI 120 à 180 dans les ICPE
 - ✓ Notions additionnelles : dépassement en toiture, toiture Broof(t3), ...

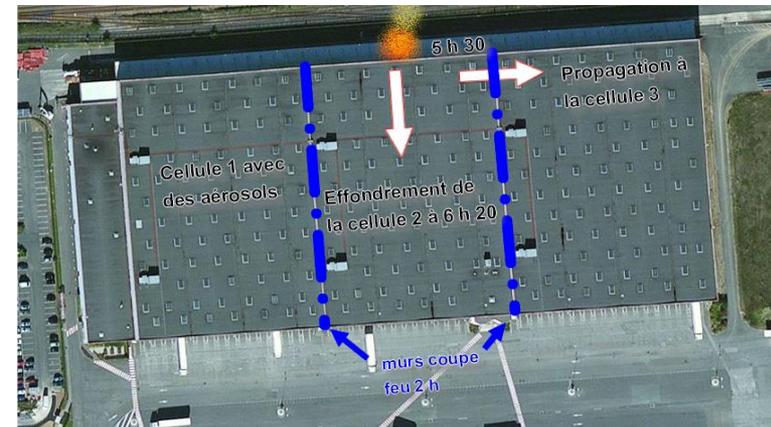


- La réglementation relative à la protection incendie s'appuie fortement sur des notions normatives
- Ces normes donnent une base / un référentiel, mais ne sont pas toujours adaptées au cas d'application

Deux exemples

➤ De nombreux exemples de résistance supérieure des parois dans le cas des ICPE

- ✓ Tenue >7 h de la paroi REI 120
- ✓ Propagation pour défaillance de fermeture
- ✓ de porte



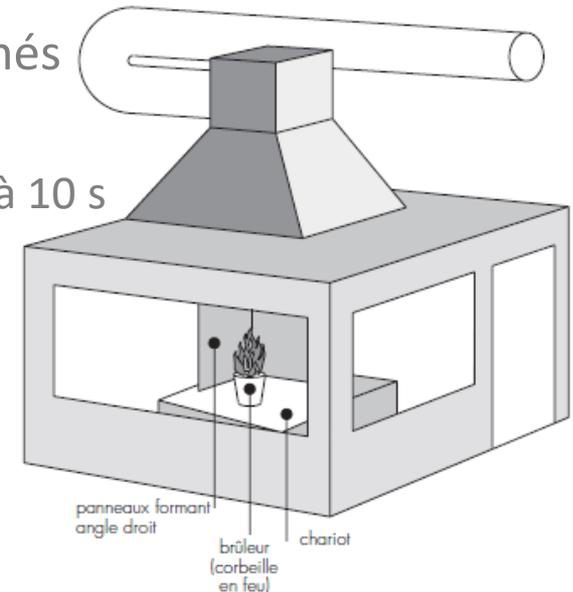
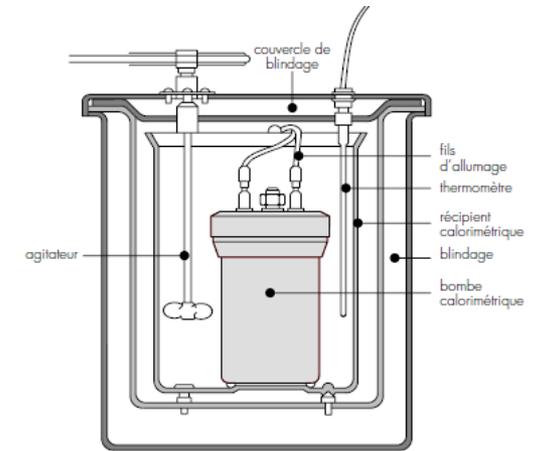
CLASSEMENT EN RÉACTION AU FEU

Une hiérarchie des produits

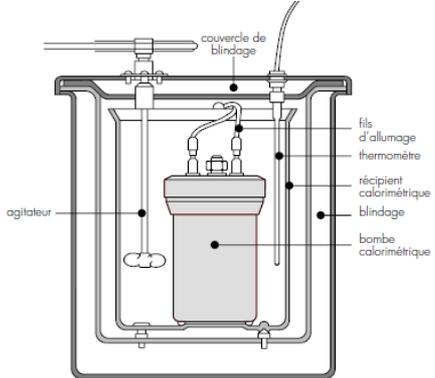
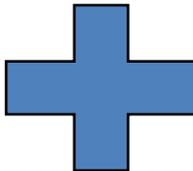
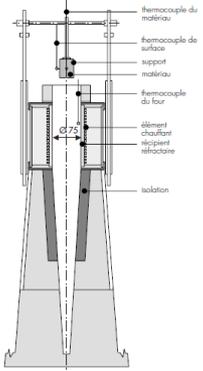
➤ Basée sur 3 critères

- ✓ La combustibilité
 - Classement de A à F
- ✓ La production de fumées
 - s1 : faible quantité/vitesse
 - s2 : moyenne quantité/vitesse
 - s3 : haute quantité/vitesse
- ✓ La production de gouttelettes ou débris enflammés
 - d0 : aucun débris
 - d1 : aucun débris dont enflammement supérieur à 10 s
 - d2 : ni d0 ni d1

➤ Essais globalement réalisés à petite échelle



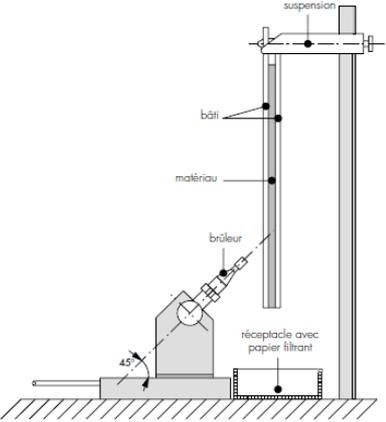
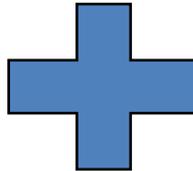
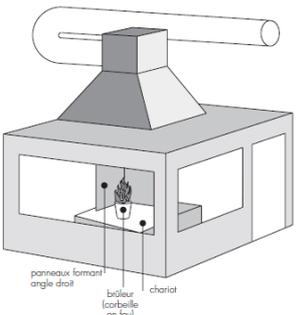
Exemple de séquences de test



A1

$T < 30^{\circ}\text{C}$ & $M < 50\%$ & $T_f = 0$

$\text{PCS} < 2 \text{ MJ/kg}$



C

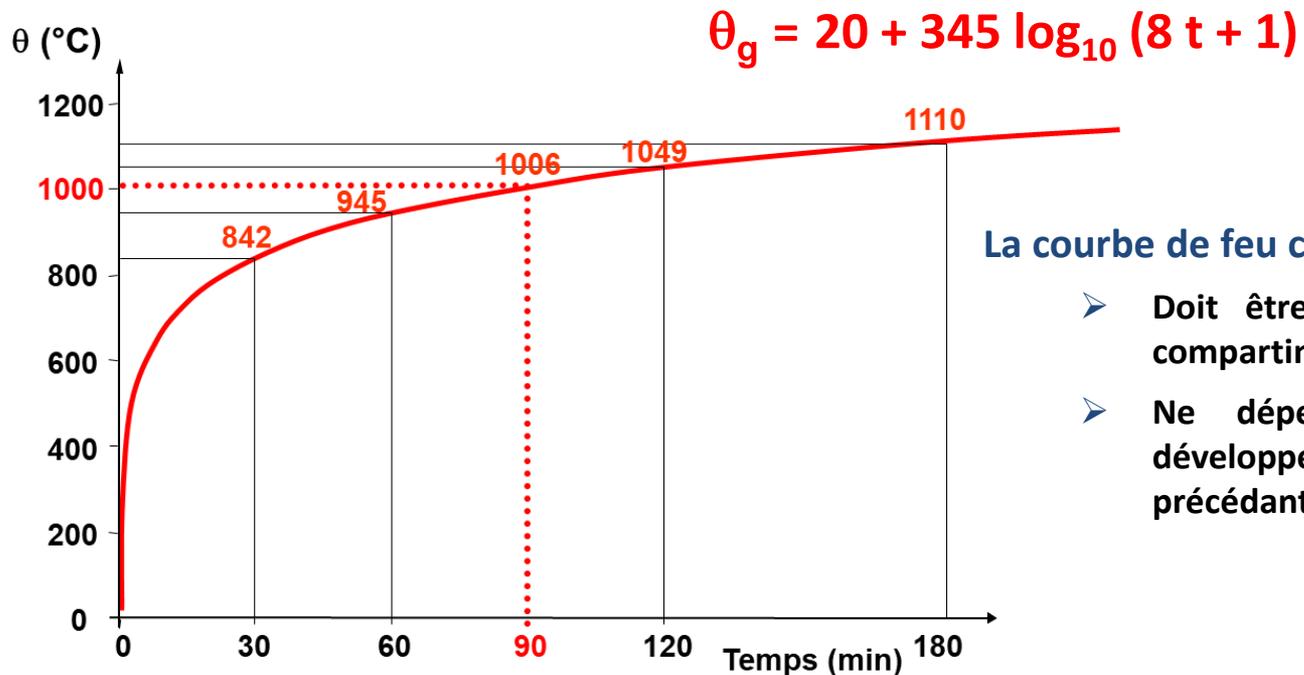
$\text{FIGRA} < 250 \text{ W/m}^2$ & $\text{LFS} < \text{bord éprouvette}$ & $\text{THR}_{660\text{s}} < 15 \text{ MJ}$

NOTION DE FEU RÉGLEMENTAIRE ET DE FEU RÉEL

- **Exigences empiriques ou semi-empiriques essentiellement descriptives, basées sur des dispositions constructives minimales imposées aux acteurs :**
 - ✓ **Mises au point par retouches successives suite à des sinistres**
 - ✓ **Retour d'expérience abondant indispensable**

- **Classes de performance :**
 - ✓ **Structure R30 : Résistance pendant 30 minutes à l'incendie normalisé (courbe ISO 834) – Actions thermiques prédéterminées**
 - ✓ **Permet uniquement de hiérarchiser / classer les produits entre eux**
 - ✓ **Ne rend pas compte de la performance réelle !**

Recours à la courbe ISO-834 pour le dimensionnement des éléments

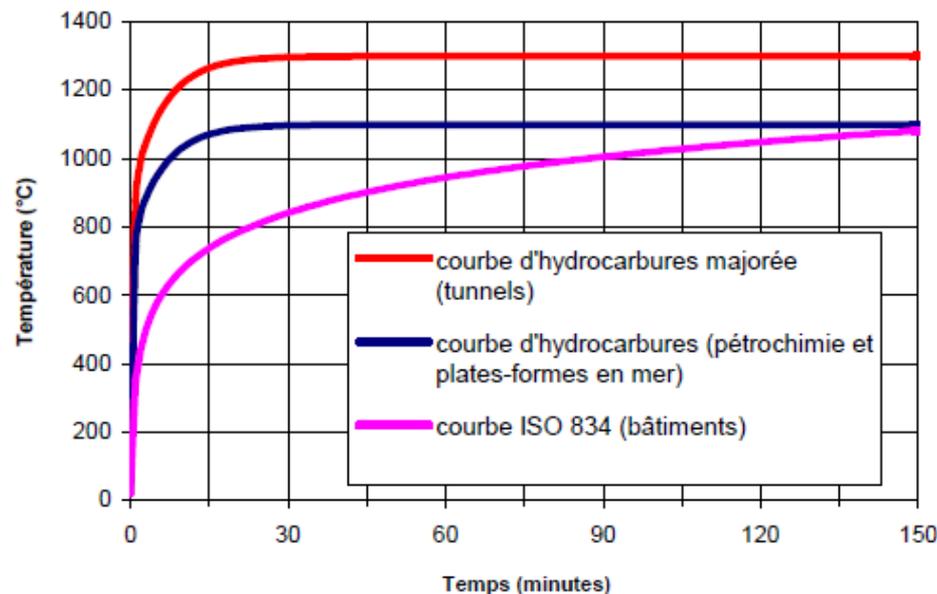


La courbe de feu conventionnel:

- Doit être appliquée sur l'ensemble du compartiment quelque soit sa taille
- Ne dépend pas des conditions de développement de feu, ni possibilité de feu précédant la généralisation du feu

- Evolution de température non représentative d'un incendie REEL
- Courbe purement CONVENTIONNELLE

Essais et diversité des courbes de résistance



Utilisation de bruleurs pour ajuster la température dans le four

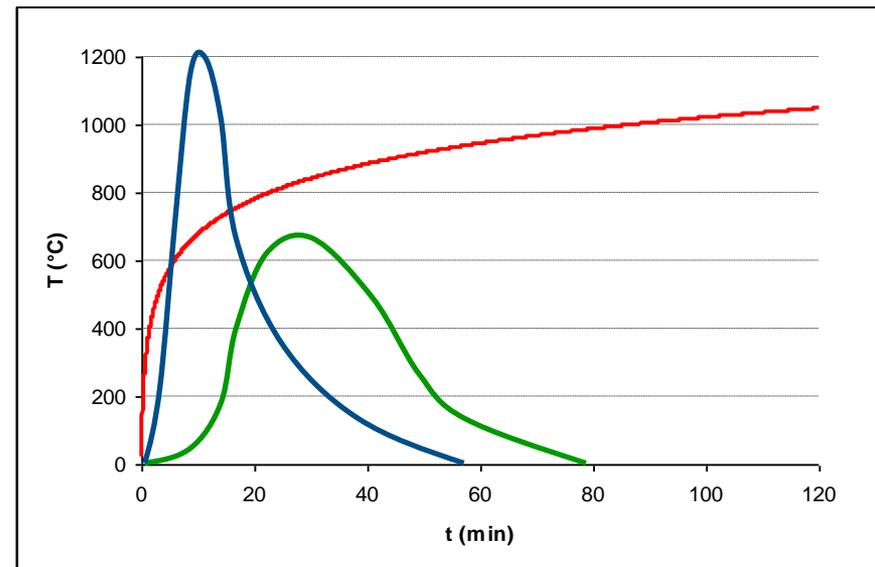
- Mais la température a un sens très particulier
- Elle dépend du moyen de mesure

Il existe d'autres courbes selon les situations considérées

Feu normalisé vs feu réel

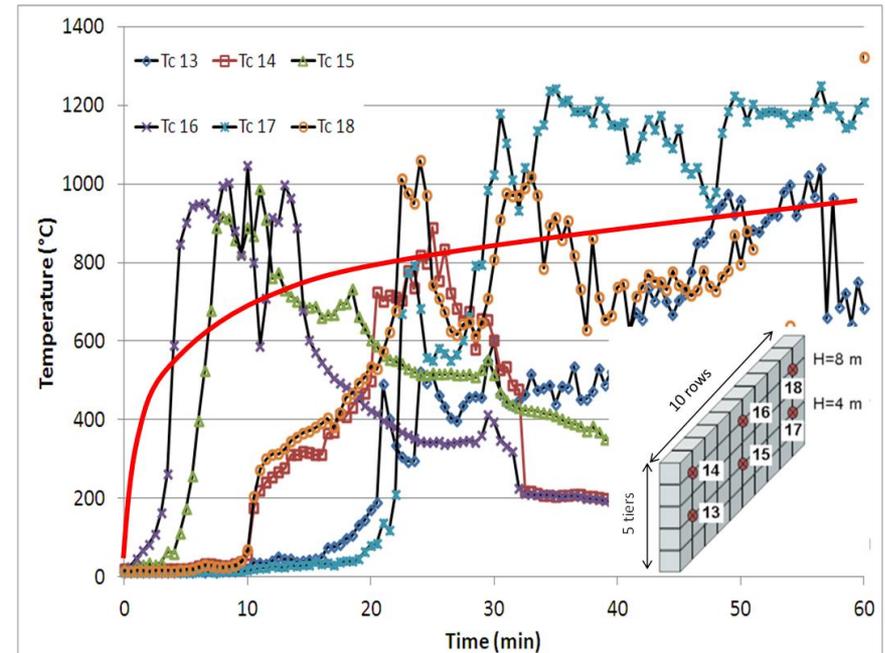
- Référence à l'incendie normalisé ISO 834
- Indépendant du combustible et des conditions de ventilation
- Echauffement simultané de toute la structure quelle que soit la taille du compartiment
- Pas de phase de refroidissement

➤ Non représentatif d'un incendie réel



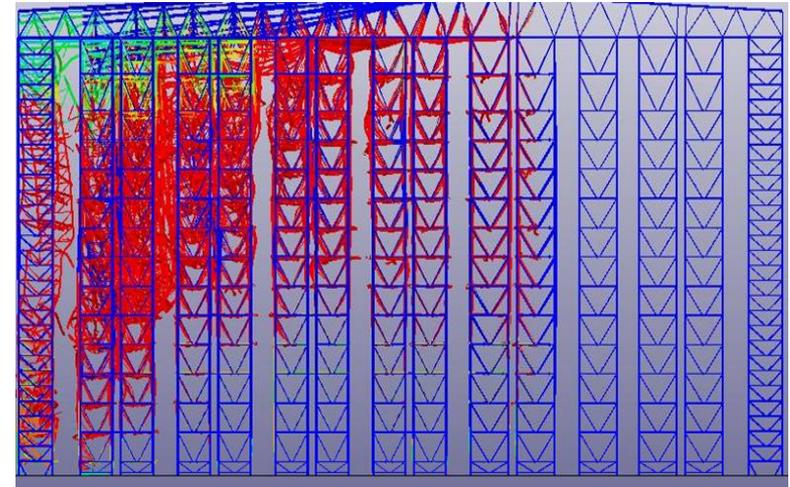
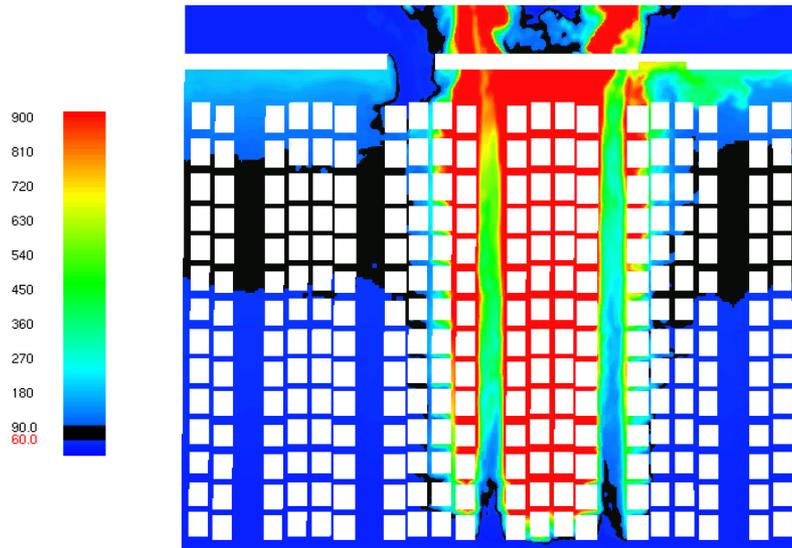
Exemple de températures mesurées en réel

- Cas de l'essai à grande échelle du projet Flumilog
 - ✓ Entrepôt de 860 m² rempli de palettes bois
 - ✓ Bâtiment conforme à la réglementation en vigueur (2010)



Quel usage de la modélisation ?

- **Peut-on classer un produit par une approche numérique ?**
 - ✓ Introduction de la notion de stabilité sous feu réel
 - ✓ Permet de prendre en compte les caractéristiques réelles du bâtiment



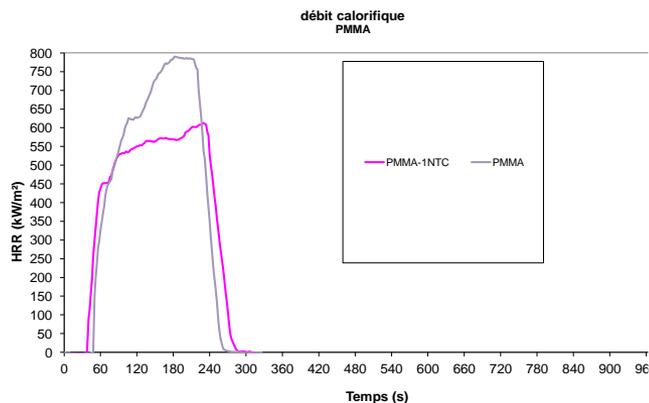
EXEMPLES DE MATÉRIAUX ET PROTECTION DISPONIBLES

➤ Ajout de retardateurs de flamme

- ✓ Peut permettre d'améliorer le classement au feu d'un produit
- ✓ N'améliore pas forcément le niveau de sécurité

Nouveaux composés toxiques – cas du Brome utilisé comme retardateur dans les matériaux plastiques

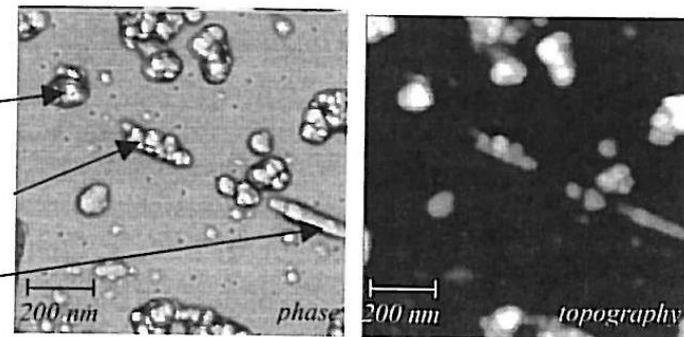
Posent de nouvelles question sur les effets à long terme – PBDD pour le Brome, retardateurs nano-structurés



Soots

Carbon nanotube and soots

Carbon nanotube



Quels sont les critères de choix d'une protection passive ?

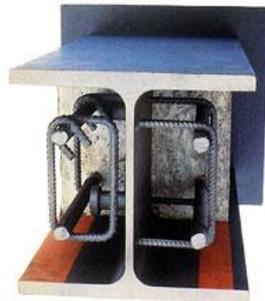
- Critères économiques : mise en œuvre, durabilité, coût
- Critères esthétiques : aspect, forme

Quels sont les types de protection rapportée existants ?

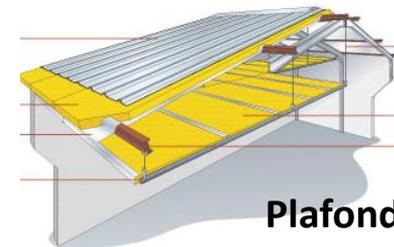


**Flocage
(projection)**

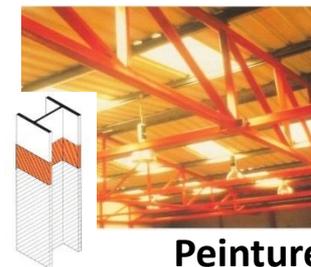
**Béton
(enrobage ou
remplissage)**



**Plaques
(caisson)**



Plafond suspendu



**Peintures
(« meringue » à chaud)**

Résistance au feu et protection par flocage

- **Principe** : projection d'un matériau sur le contour du profilé métallique
- **Classes de résistance au feu** : $\leq R180$
- 😊 Mise en œuvre simple
- 😊 Protection anti-corrosion possible
- 😞 Fragilité
- 😞 Contrôle d'épaisseur nécessaire
- 😞 Non conseillé en milieu humide ou application extérieure



Résistance au feu et protection par béton

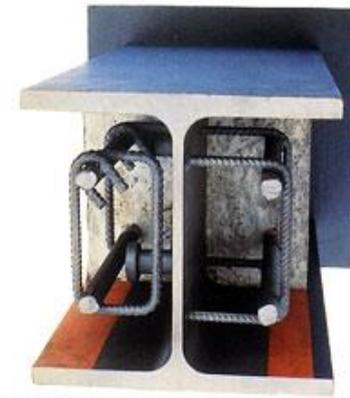
- **Principe** : coulage de béton entre les semelles d'un profilé métallique (enrobage partiel) ou également autour du profilé métallique (enrobage total) ou dans un profil creux (remplissage)
- **Classes de résistance au feu** : $\leq R180$

😊 Résistance aux chocs

😊 Mixité possible entre les matériaux : augmentation de résistance et de rigidité

😞 Poids propre

😞 Temps de prise du béton



Résistance au feu et protection par coffrage

- **Principe** : encoffrement d'un profilé métallique
- **Classes de résistance au feu** : $\leq R180$

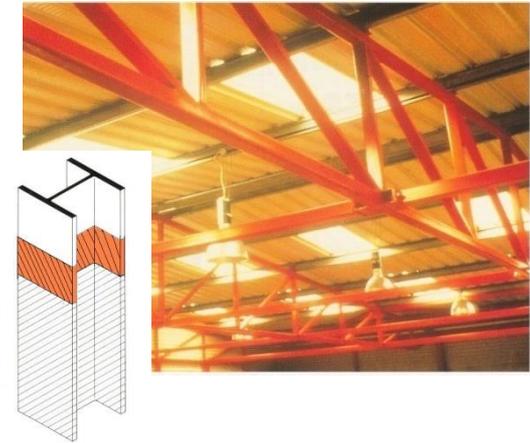
- 😊 Mise en œuvre simple
- 😊 Résistance aux chocs
- 😊 Esthétique
- 😊 Épaisseur garantie

- 😞 Non adapté à toutes les formes de section
- 😞 Temps de fixation



Résistance au feu et protection par peinture intumescente

- **Principe** : application de couches de peinture qui formeront une meringue autour du profilé métallique en cas d'incendie
 - ✓ Primaire d'accrochage anti-corrosion
 - ✓ Sous-couche intumescente
 - ✓ Peinture de finition
- **Classes de résistance au feu** : $\leq R120$



- 😊 **Esthétique**
- 😊 **Application en atelier possible**

- 😞 **Mise en œuvre délicate et longue**
- 😞 **Contrôle nécessaire**
- 😞 **Faible résistance aux chocs**
- 😞 **Coût**
- 😞 **Durabilité**

***Merci de
votre attention***