



Comportement au Feu des Structures en Acier Eurocode 3-1.2 (EN1993-1-2)

Dhionis DHIMA



CONTENU DE LA PRESENTATION

- **Présentation rapide de l'Eurocode 3 partie 1-2**
 - Exigences fondamentales
 - Méthodes de vérification
 - Propriétés des matériaux
 - Modèles de calcul simplifiés
 - Modèles de calcul avancés
- **Comportement au feu de la structure d'un bâtiment (modèle avancé)**
 - Actions ISO R834
 - Actions non prédéterminées "feu naturel"
- **Conclusion**



EXIGENCES FONDAMENTALES

- La structure conserve la fonction porteuse (R) pendant toute la durée d'exposition au feu requise
- Les critères de déformations si :
 - Objectifs de protection
 - Influence sur les éléments séparatifs
- Pas de critère de déformation si :
 - efficacité de la protection évaluée selon EN 13381 (1 à 4)
 - élément séparatif satisfait les exigences d'un feu conventionnel



JUSTIFICATION AU FEU DES STRUCTURES EN ACIER

Action thermique prédéterminée ISO R834 :

- modèles de calcul simplifiés appliqués à des éléments individuels
- modèles de calcul avancés
- essais au feu
- appréciation de laboratoire agréé

Action thermique non prédéterminée :

- modèles de calcul avancés



ACTIONS

Mécaniques : EN 1990 :

- Charges permanentes
- Charges d'exploitations
- Neige
- Vent

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + (\Psi_{1,1} \text{ ou } \Psi_{1,2}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

En France : $\Psi_{1,1}$

Thermiques : EN 1991-1.2 :

- ISO R834 $\varepsilon = 0,7 ; h=25 \text{ w/m}^2\text{K}$
- Actions non prédéterminées $\varepsilon = 0,7 ; h=35 \text{ w/m}^2\text{K}$



METHODE DE VERIFICATION

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

1 - Analyse par élément : $E_{d,fi} \leq \eta_{fi} \cdot E_d$

Recommandée : $(\eta_{fi} = 0,65)$

Catégorie E : $(\eta_{fi} = 0,7)$

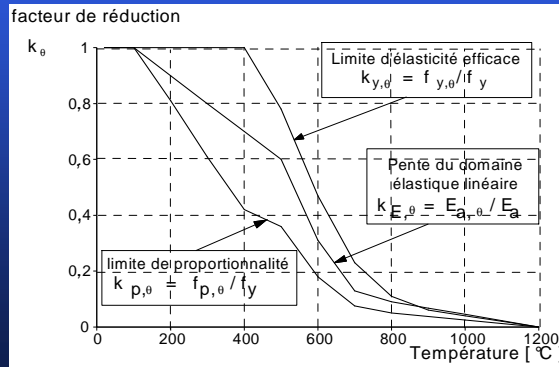
2 - Analyse de partie de structure

3 - Analyse structure globale

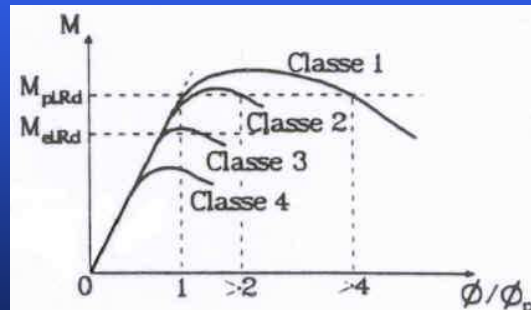
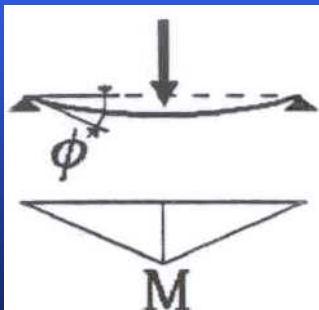


PROPRIETES DES MATERIAUX

- Thermo-physiques : $\lambda(\theta)$, $C(\theta)$ et $\rho(\theta)$
- Physico-mécanique : $f_y(\theta)$, $E(\theta)$



CLASSIFICATION DES SECTIONS TRANSVERSALES





Modèles de Calcul Simplifiés

- Eléments tendus
- Eléments comprimés de section de classes 1, 2 et 3
- Poutre de section de classes 1 et 2
- Poutres de section de classe 3
- Eléments de section de classes 1, 2 ou 3 soumis à l'effet combiné d'une flexion et d'une compression axiale.
- Elément de classe 4
- **Température Critique :**

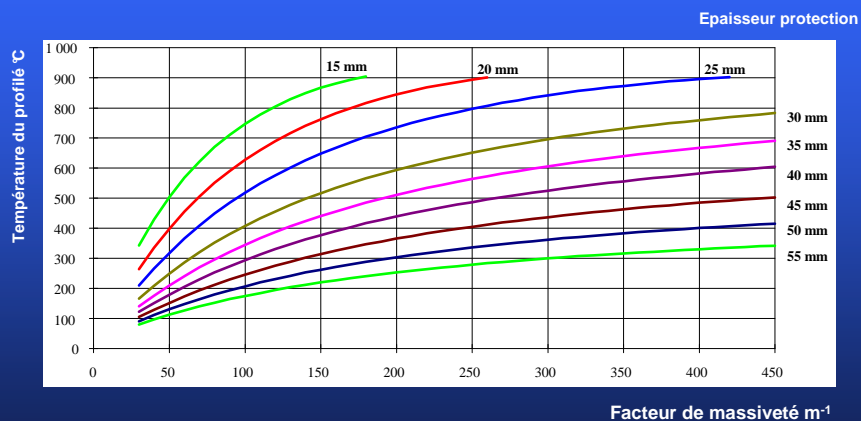
$$\theta_{a,cr} = 39,19 \cdot \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482$$

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0}$$

Si : $\theta_{\text{élé}} \geq \theta_{\text{cr}}$ → Protection



Détermination de l'épaisseur de la protection





Facteur de massiveté

Éléments non protégés

<p>Profilé exposé au feu sur tous les côtés :</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{périmètre}}{\text{aire de la section}}$	<p>Profil creux circulaire exposé au feu sur tout le pourtour : $A_r/V = 1/t$</p>
<p>Profilé exposé au feu sur trois côtés :</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{périmètre exposé au feu}}{\text{aire de la section d'acier}}$	<p>Profil creux (ou caisson reconstitué soudé d'épaisseur constante) exposé au feu sur tous les côtés : si $t \ll b$: $A_r/V = 1/t$</p>

Éléments protégés

	Application d'épaisseur constante suivant le contour	$\frac{\text{périmètre de l'acier}}{\text{aire de la section d'acier}}$
	Caissons d'épaisseur constante ¹⁾	$\frac{2 \cdot (b+h)}{\text{aire de la section d'acier}}$
	Application d'épaisseur constante suivant le contour exposé au feu sur trois côtés	$\frac{\text{périmètre de l'acier} - b}{\text{aire de la section d'acier}}$
	Caissons d'épaisseur constante exposés au feu sur trois côtés ¹⁾	$\frac{2 \cdot h + b}{\text{aire de la section d'acier}}$



Modèles de Calcul Avancés

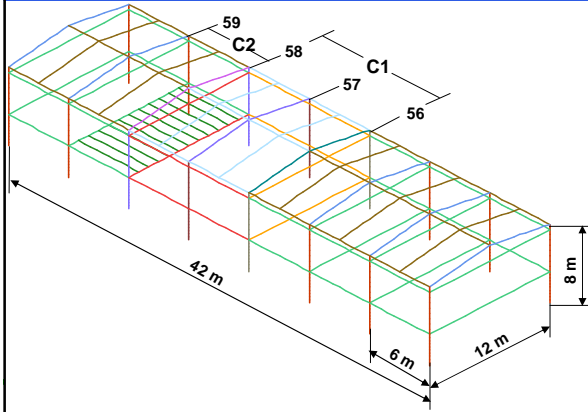
- Calculs Thermiques (éléments et différence finis)
- Calculs Mécaniques (éléments finis)

Modification des propriétés des matériaux en fonction de la température



ETUDE DE CAS

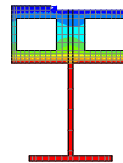
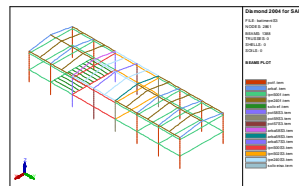
Objectif : Feu ISO : SF 2h – Feu Naturel : SF Infini



1 - Feu ISO R834

2 - Feu Naturel

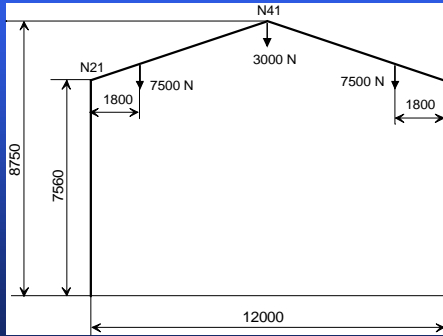
- Structure porteuse acier
- Remplissage parpaings
- Toiture Siporex + Etanchéité
- Plancher béton armé



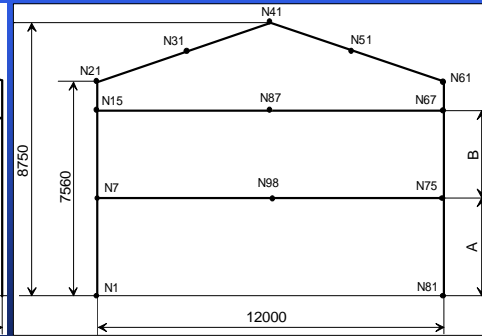


Action Thermique ISO R834

Portique 57

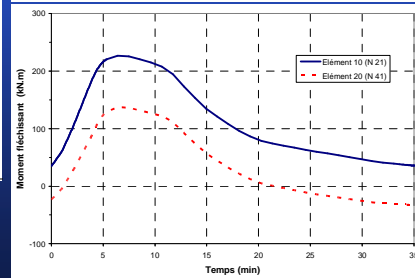
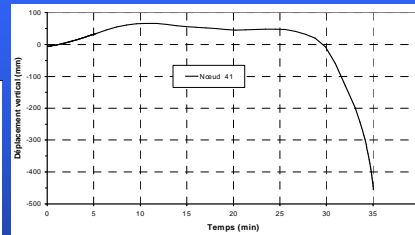
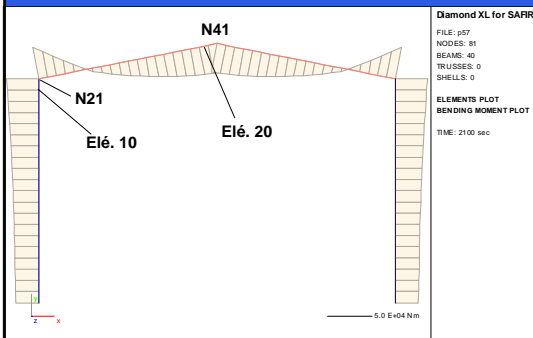


Portique 53 à 56 et 58 à 60



Action Thermique ISO R834

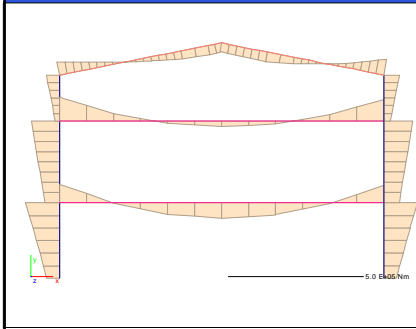
Portique 57



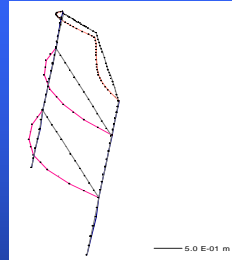


Action Thermique ISO R834

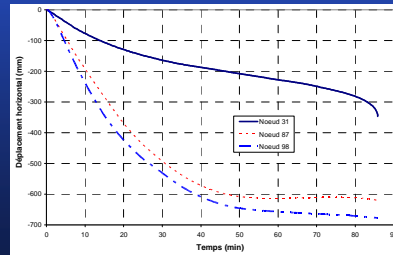
Portique 56



Diamond XL for SAFIR
FILE: p58-cor
NODES: 105
BEAMS: 52
TRUSSES: 0
SHELLS: 0
ELEMENTS PLOT
My BENDING MOMENT PLOT
TIME: 5151 sec



Diamond XL for SAFIR
FILE: p58-cor
NODES: 105
BEAMS: 52
TRUSSES: 0
SHELLS: 0
NODES PLOT
ELEMENTS PLOT
DISPLACEMENT PLOT (x 2)
TIME: 5104 sec
1451 g.1cm
591401 g.1cm
1PN51 g.1cm



CONCLUSION - ACTION THERMIQUE : ISO R834

File	Durée de stabilité au feu (minutes)
53 et 60	100
54, 55, 56	120
57	35
58	85
59	85



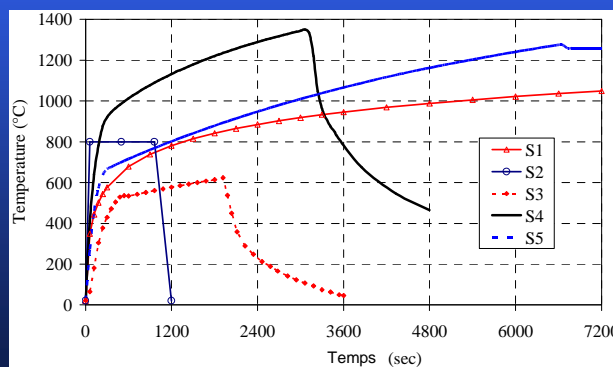
Action Thermique : "Feu Naturel"

- Identification des foyers initiaux du feu
- Définitions des scénarii d'incendie
- Choix du modèle pour calculer l'action thermique
- Détermination de l'action thermique [$\theta(t)$ et/ou $\Phi(t)$]
- Choix du modèle de calcul d'échauffement
- Calcul de l'échauffement de chaque élément de la structure
- Choix du modèle du comportement mécanique de la structure
- Calcul du comportement mécanique de la structure
- Analyse des résultats des calculs
- Proposition de solutions afin de satisfaire les objectifs de l'étude si nécessaire.



EVOLUTION DES TEMPERATURES POUR DIFFERENTS SCENARII

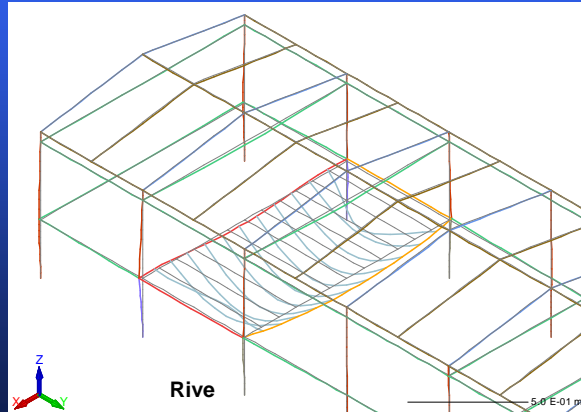
- S1 : ISO R834
- S2 : Feu localisé en C1
- S3 : Feu généralisé en C1
- S4 : Feu généralisé en C2 (v1)
- S5 : Feu généralisé en C2 (v2)





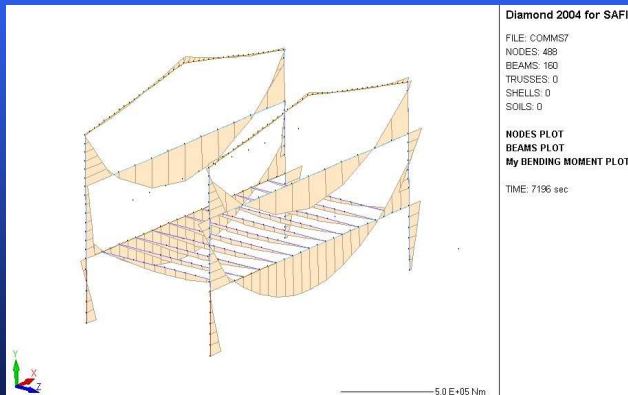
Scénario S4 – Salle des commandes

Structure initiale et sa déformée



Scénario S4 – Salle des commandes

Moments fléchissants

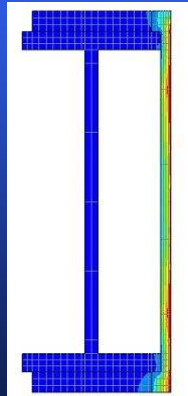


**Structure
non protégée
SF 10 minutes**

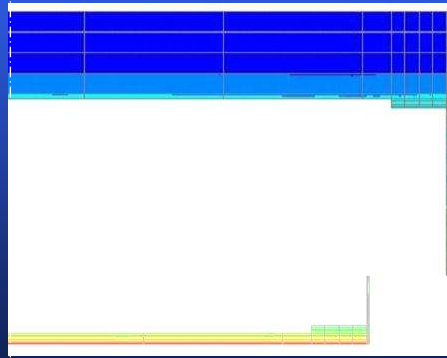


Structure de la Salle des commandes

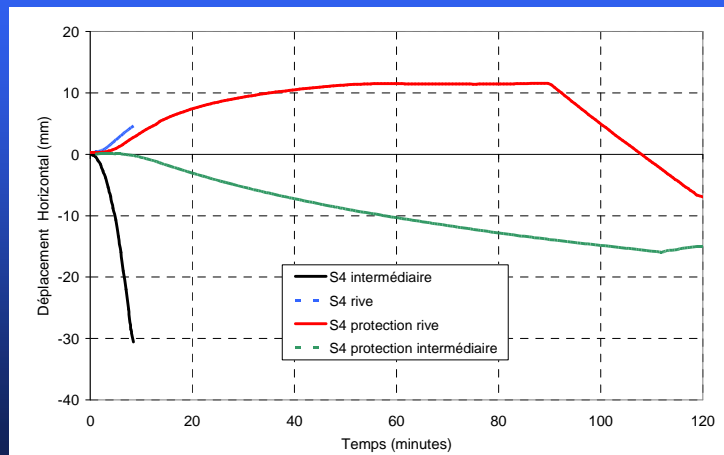
Protection des poutres



Protection des solives



Scénario S4 – Salle des commandes





CONCLUSION - ACTION THERMIQUE : Feu Naturel

File	Durée de stabilité au feu (minutes)
53 à 58 59 à 60	illimitée (manque de combustible après 30' d'incendie)
58 - 59	10 ' (sans protection des poutres et des solives du plancher)
58 - 59	illimitée (avec protection des poutres et des solives du plancher)



MERCI DE VOTRE ATTENTION