



ArcelorMittal

Définition et compréhension
des deux types d'éléments structuraux ainsi que des
modes de ruines de l'Annexe 6

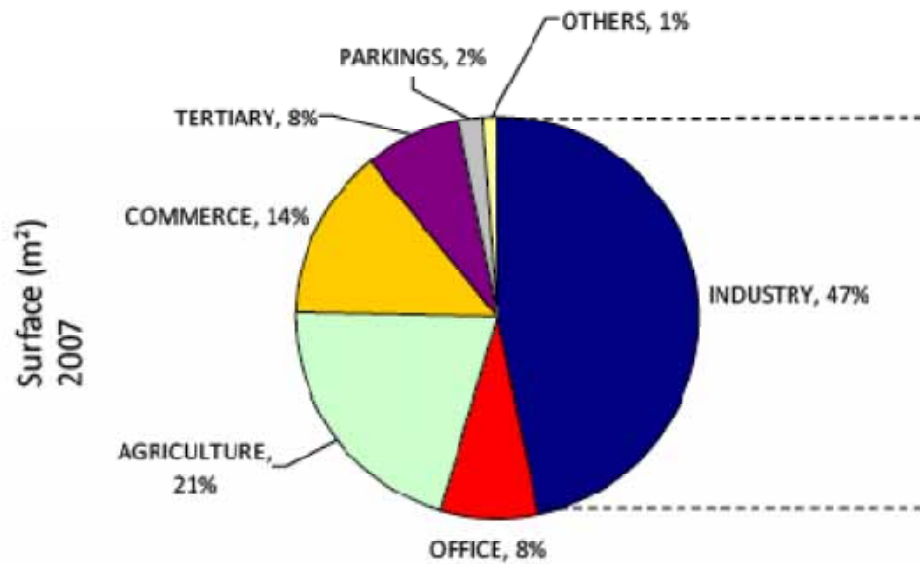
Février 2010

Dr Olivier Vassart

Long Carbon Europe
Research & Development



Pourquoi le design des hall industriels est il important?





Objectif de l'annexe 6

- La conception, la construction et l'aménagement des bâtiments industriels doivent satisfaire aux conditions suivantes en cas d'incendie :
 - Prévenir la naissance, le développement et la propagation d'un incendie.
 - Assurer la sécurité des personnes.
 - Assurer la sécurité de façon préventive l'intervention des services d'incendie.



Objectif : Cela veut dire...

- Faciliter l'intervention (de façon préventive) l'intervention du SRI.
 - Cela sous-entend que pendant un certain temps, le personnel d'intervention doit être protégé contre le risque d'être enseveli : cela vise les structures, les parois extérieures, les accès, etc... De plus, les moyens de lutte contre le feu, etc... sont également visés.



Éléments portants dans le AR

- Annexe 6: Bâtiments industriels
 - Distinction entre type I, II et non structurels
- Annexe 2-4: Bâtiments bas, moyens et élevés
 - Distinction entre structurels et non structurels
 - Pas encore la distinction type I et II
 - Tous les éléments structurels sont donc type I



Définition des éléments structurels en Belgique

- **Elements structurels type I**
 - éléments qui en cas d'affaissement donnent lieu à un effondrement progressif, qui peut ne pas se limiter au compartiment ou provoquer des dommages aux parois du compartiment.
 - **Exemple: Mur coupe feu porteur**
- **Elements structurels type II**
 - éléments qui en cas d'affaissement donnent lieu à un effondrement progressif limité au compartiment
 - **Exemple: Portique**
 - Si l'affaissement d'un portique donne lieu à l'effondrement d'un mur coupe feu, le portique est **type I**
- **Elements portants non structurels**
 - Les éléments de construction porteurs qui ne sont pas des éléments structurels parce qu'ils ne provoquent pas d'effondrement progressif
 - **Exemple: Tôle de toiture**
 - Si les portiques utilisent la tôle pour la stabilité latérale, la tôle est **type II**

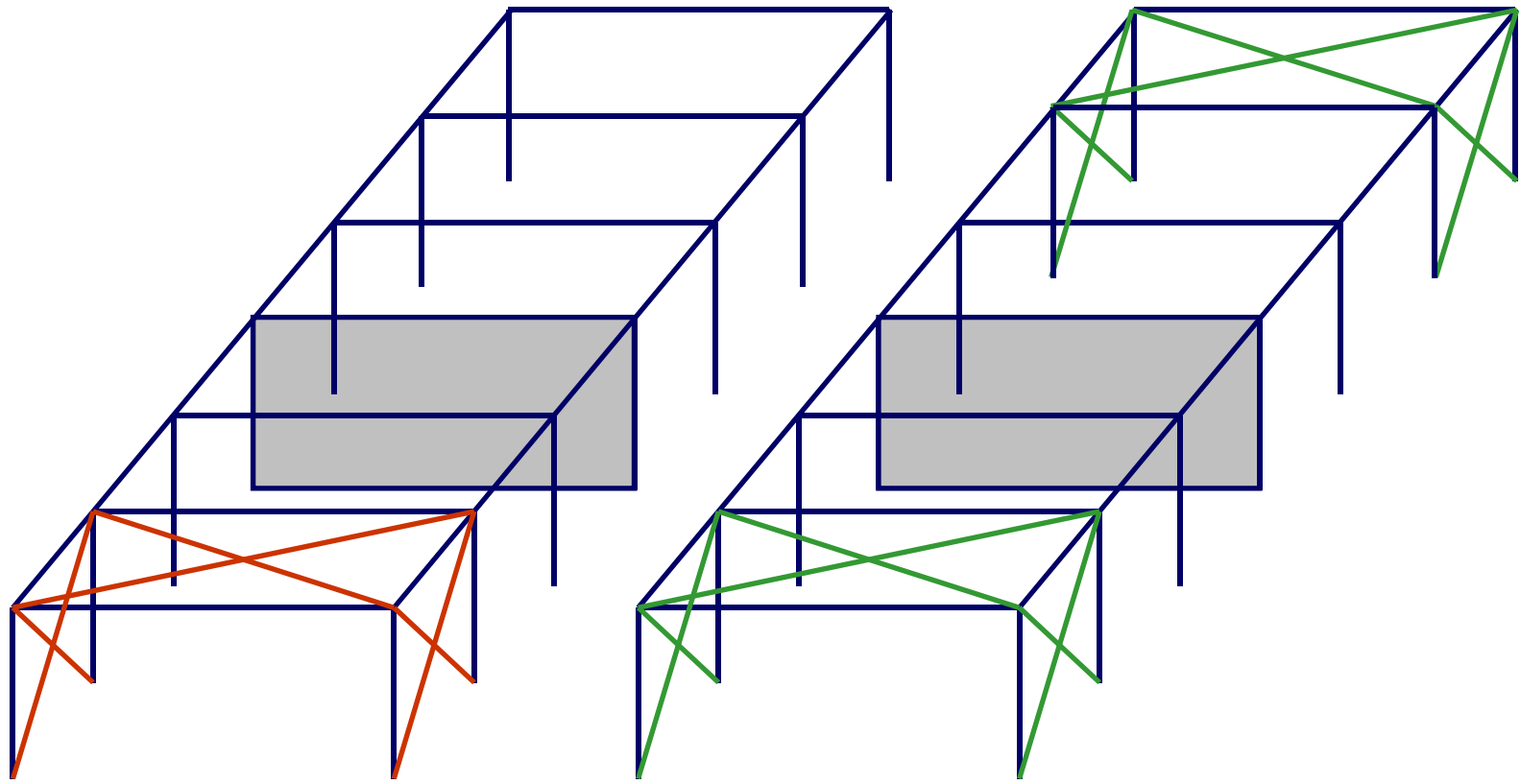


Exigences aux éléments structurels dans Annexe 6

- **Type I:** (mur coupe feu)
 - Risque annuel d'échec acceptable: $1 \cdot 10^{-5}$
 - R60 ou R120 par rapport à la charge calorifique
- **Type II:** (Portique)
 - Risque annuel d'échec acceptable: $1 \cdot 10^{-3}$
 - Pas d'affaissement pour une durée équivalente à un incendie $t_{e,d}$ selon EN 1991-1-2: 2002 + AN
- **Eléments non structurels:** (tôle de toiture)
 - Risque annuel d'échec acceptable: 1
 - Aucune exigence de résistance au feu



Où sont les éléments structurels ?



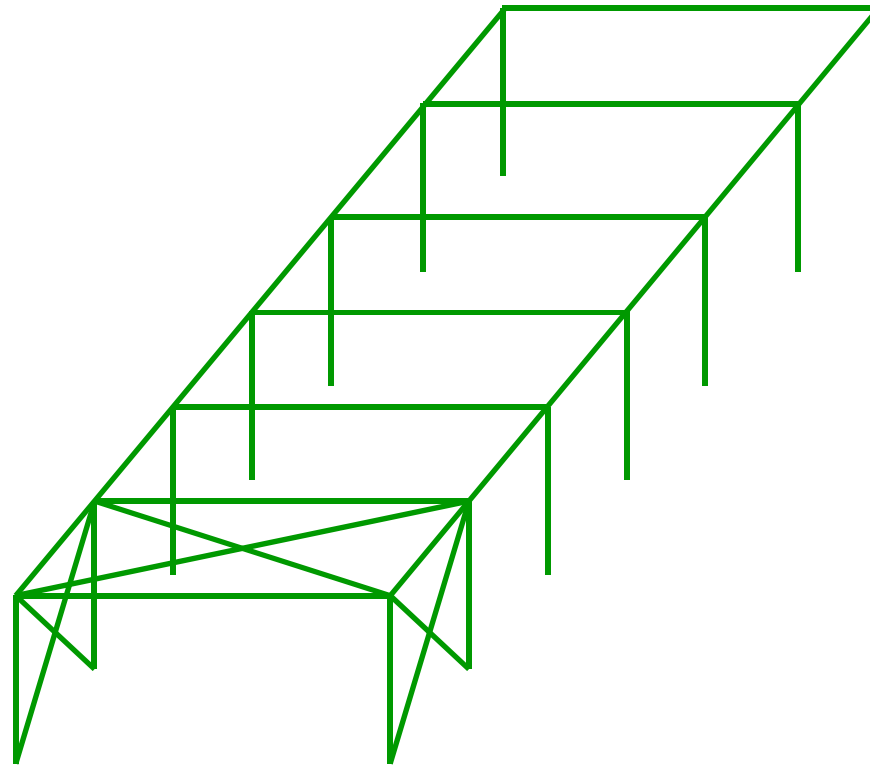
Contreventement Type I

Contreventement Type II



ArcelorMittal

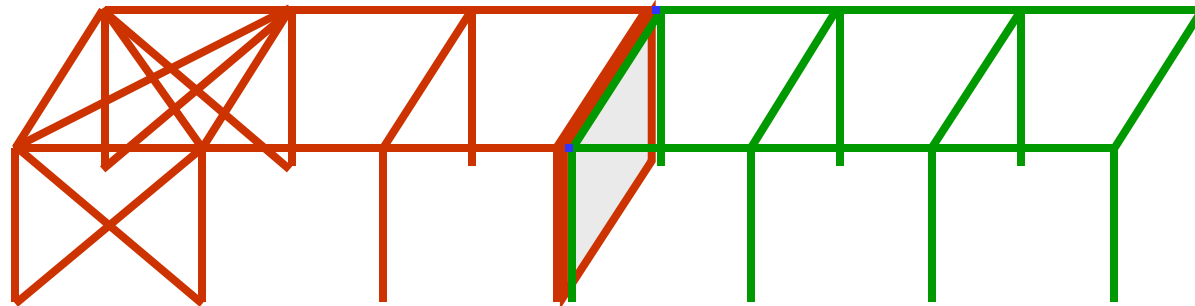
Où sont les éléments structurels ?



**Si 1 seul compartiment
Tous les éléments sont de Type II**



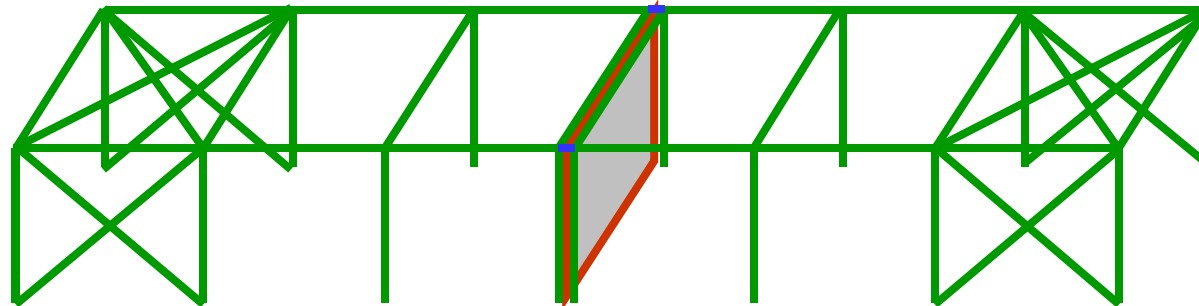
Où sont les éléments structurels ?



- L'affaissement de la structure à gauche donne lieu à un effondrement en chaîne
 - → **ce sont des éléments structurels type I**
- L'affaissement de la structure à droite ne donne pas lieu à un effondrement progressif
 - → **ce sont des éléments structurels type II**
- Mais le mur coupe feu doit stopper la propagation de l'incendie
 - la connexion mur coupe feu – structure doit céder avant la structure pour éviter l'effondrement du mur coupe feu ou
 - la structure stabilisant le mur doit être dimensionnée en conséquence.



Où sont les éléments structurels ?



- L'affaissement de la structure ne donne pas lieu à un effondrement en chaîne
 - → ce sont des éléments structurels type II
- Mais le mur coupe feu doit stopper la propagation de l'incendie
 - la connexion mur coupe feu – structure doit céder avant la structure pour éviter l'effondrement du mur coupe feu ou
 - la structure stabilisant le mur doit être dimensionnée en conséquence.



Classification des halls industriels

Classe d'un compartiment		Charge calorifique décisive $q_{fi,d}$ [MJ/m ²]	
Lieu de production	A	$q_{fi,d} < 350$	< 20 kg bois
	B	$350 < q_{fi,d} < 900$	20-50 kg bois
	C	$q_{fi,d} > 900$	> 50 kg bois

Stockage classe C



Solutions types pour les structures de type II

- Eviter un calcul de durée équivalente à $t_{e,d}$
- Superficie maximale d'un compartiment sur un seul niveau en m²

Classement du compartiment			Sans sprinklers		Avec sprinklers	
			R0	R30+	R0	R30+
Production	A	accessibilité	25.000		150.000	
	B	normale	5.000	10.000	40.000	60.000
		améliorée	8.000			
C	normale	2.000	5.000	7.000	30.000	
	améliorée	3.200				
Stockage	normale	5.000		12.500	30.000	
	améliorée	8.000		20.000		



Distances de sécurités

Façade résistant au feu	% ouvertures sans EI	Distance de sécurité [m]		Distance de sécurité [m]	
		Sans sprinkler		Avec sprinkler	
		Façade – façade	Façade–limite de la parcelle	Façade – façade	Façade–limite de la parcelle
EI _{i→o} 60	0	0	0	0	0
	0 – 10	4	2	2	1
	10 – 15	8	4	4	2
	15 – 20	12	6	6	3
	20 +	16	8	8	4
Sans EI		16	8	8	4

- Les exigences d'accessibilité des prescriptions urbanistiques sont souvent décisives.



Ruine vers l'intérieur et ruine progressive





ArcelorMittal

Ruine vers l'intérieur et ruine progressive



Long C
Research & Development



ArcelorMittal

Ruine vers l'intérieur et ruine progressive



Long Carbon Europe
Research & Development

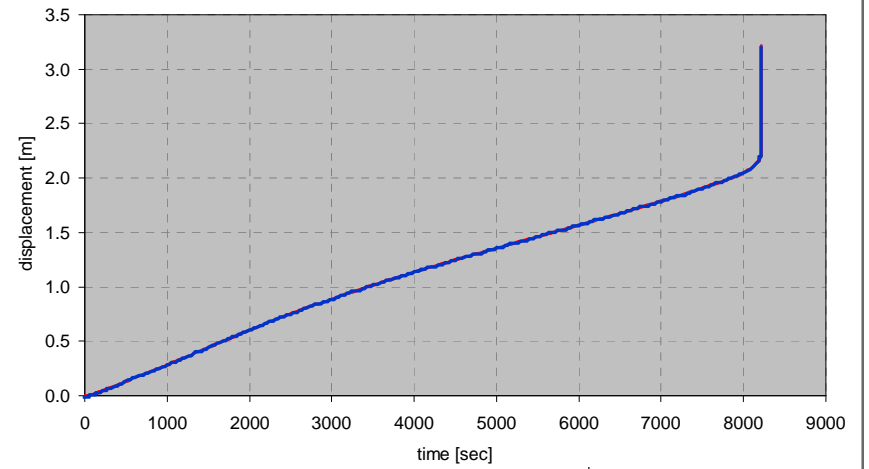
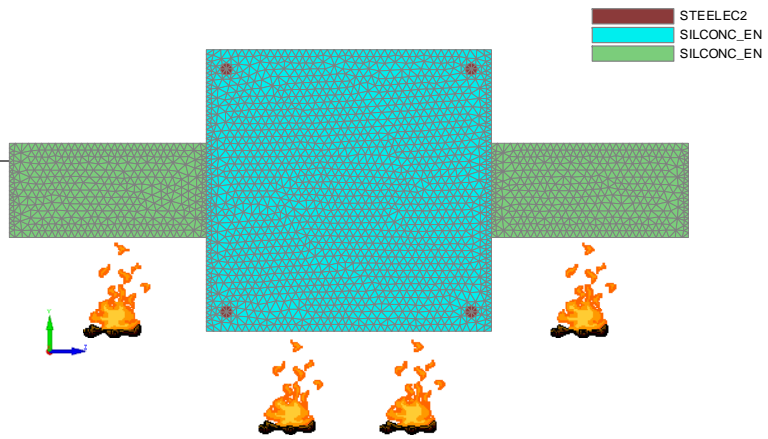


ArcelorMittal

Ruine vers l'intérieur et ruine progressive



Long Carbon Europe
Research & Development



Diamond 2008 for SAFIR

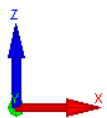
FILE: colonne3D_final_4
 NODES: 63
 BEAMS: 30
 TRUSSES: 0
 SHELLS: 0
 SOILS: 0

BEAMS PLOT
DISPLACEMENT PLOT (x 1)

TIME: 1 sec

■ Beam Element

Long (Resear



5.0 E+00 m



ArcelorMittal

Ruine vers l'intérieur et ruine progressive



Long Carbon Europe
Research & Development



Ruine vers l'intérieur et ruine progressive





ArcelorMittal

Chronologie de l'incendie

7,5 min



11 min



15 min



18,5 min



21,5 min



21,5 min



25 min



30 min



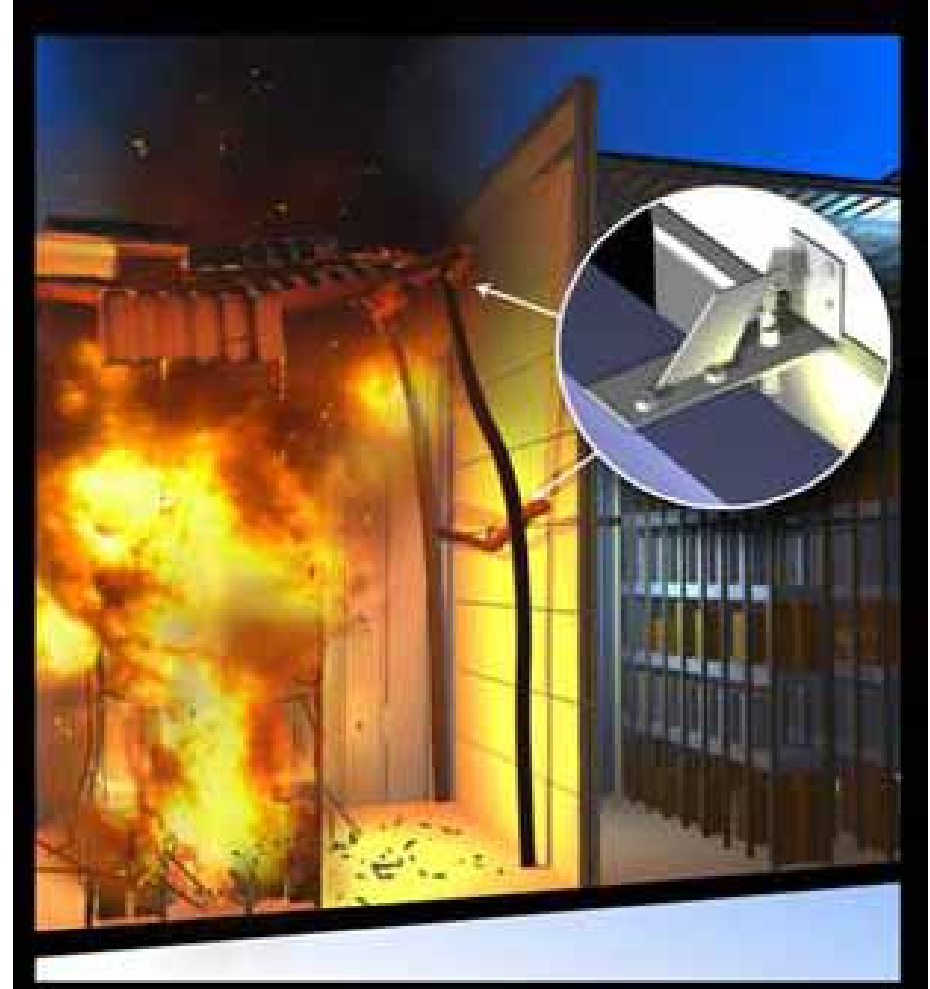
35 min



Long Carbon Europe
Research & Development



FireWall sans ruine progressive



Long Carbon Europe
Research & Development



ArcelorMittal

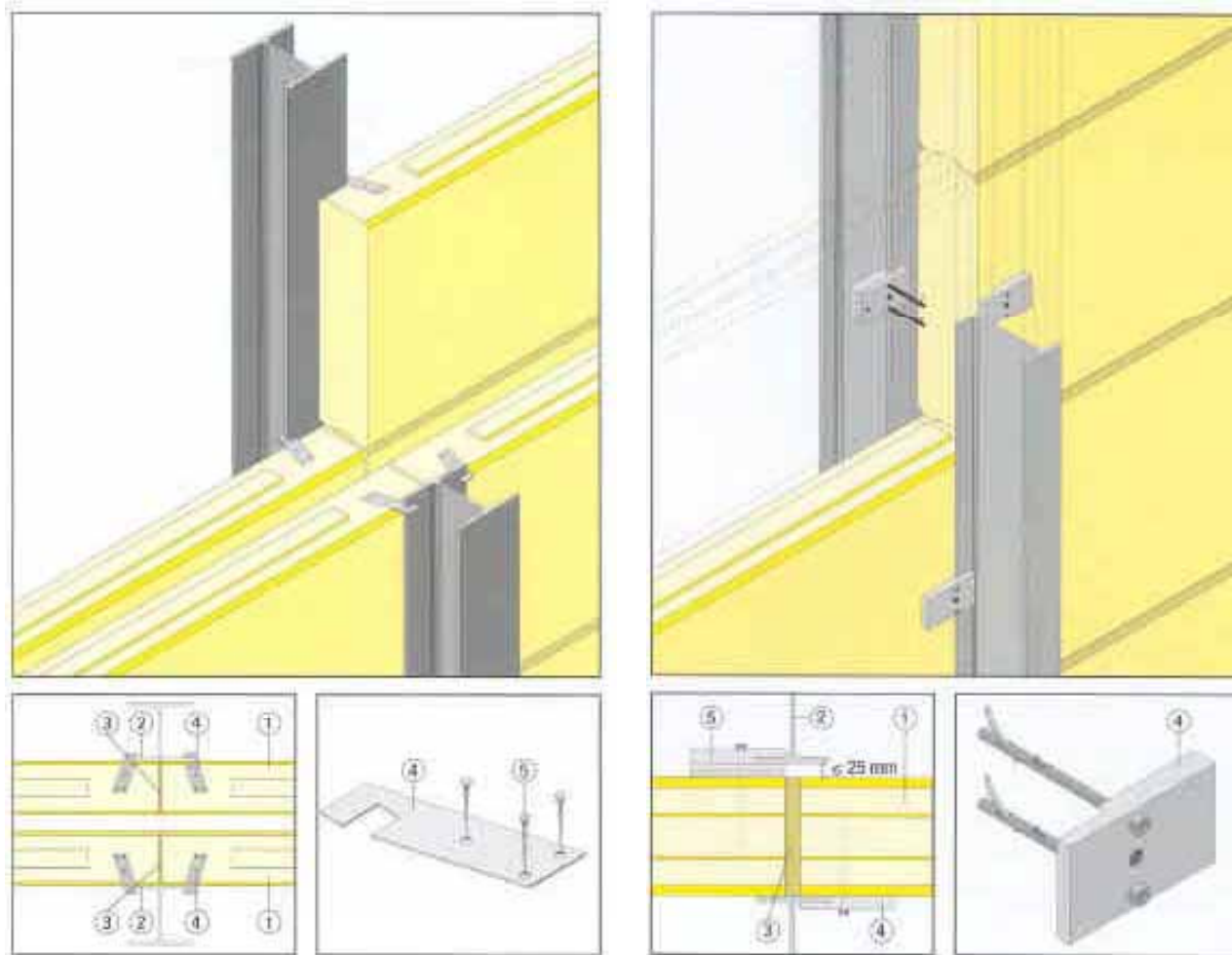
FireWall sans ruine progressive



Long Carbon Europe
Research & Development



Connecteur fusible entre le mur coupe feu ↔ structure





Connecteurs fusibles

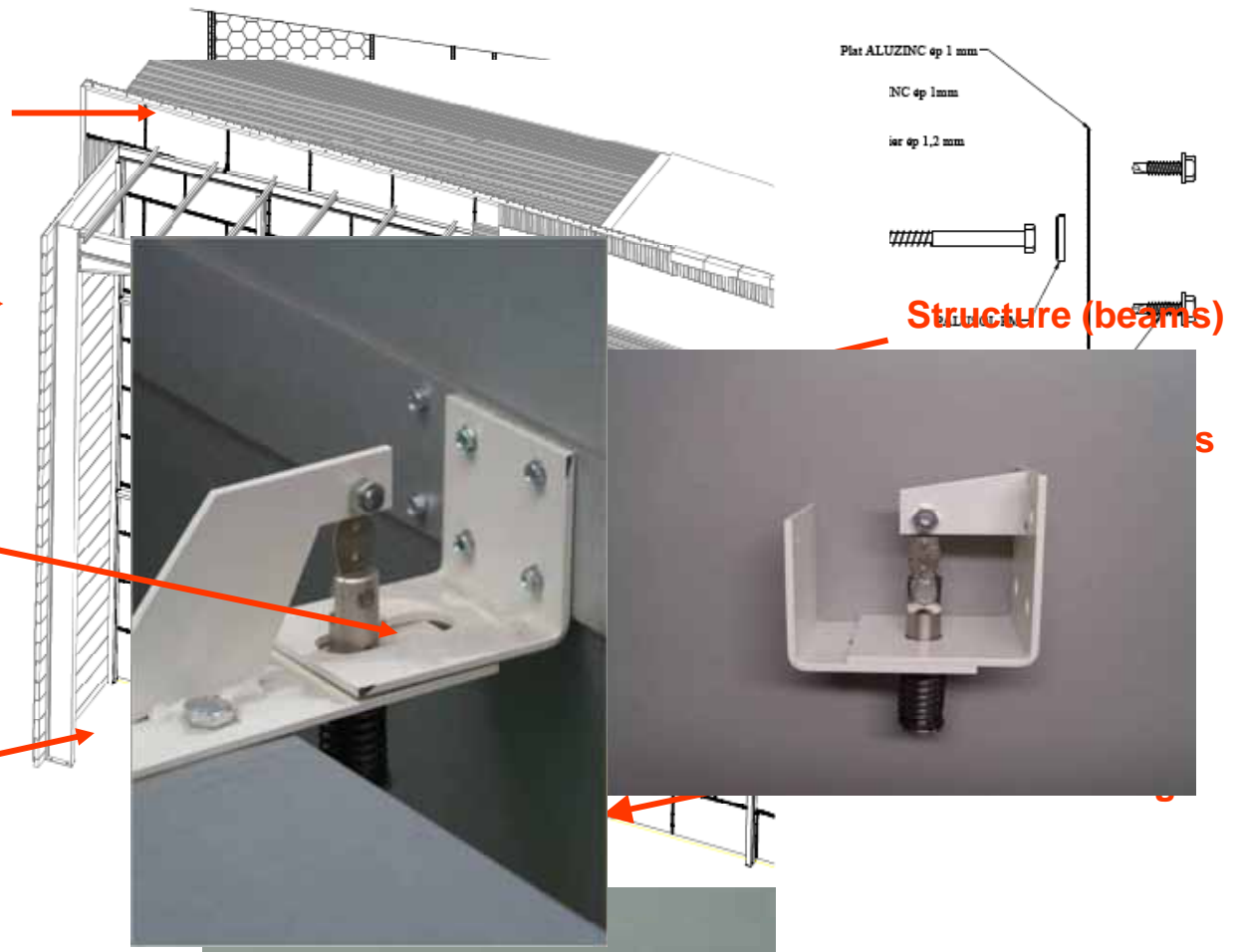


Fire resistant joints between panels?

Connections between panels and supporting structure?

Erection tolerance between wall and supporting structure on one side?

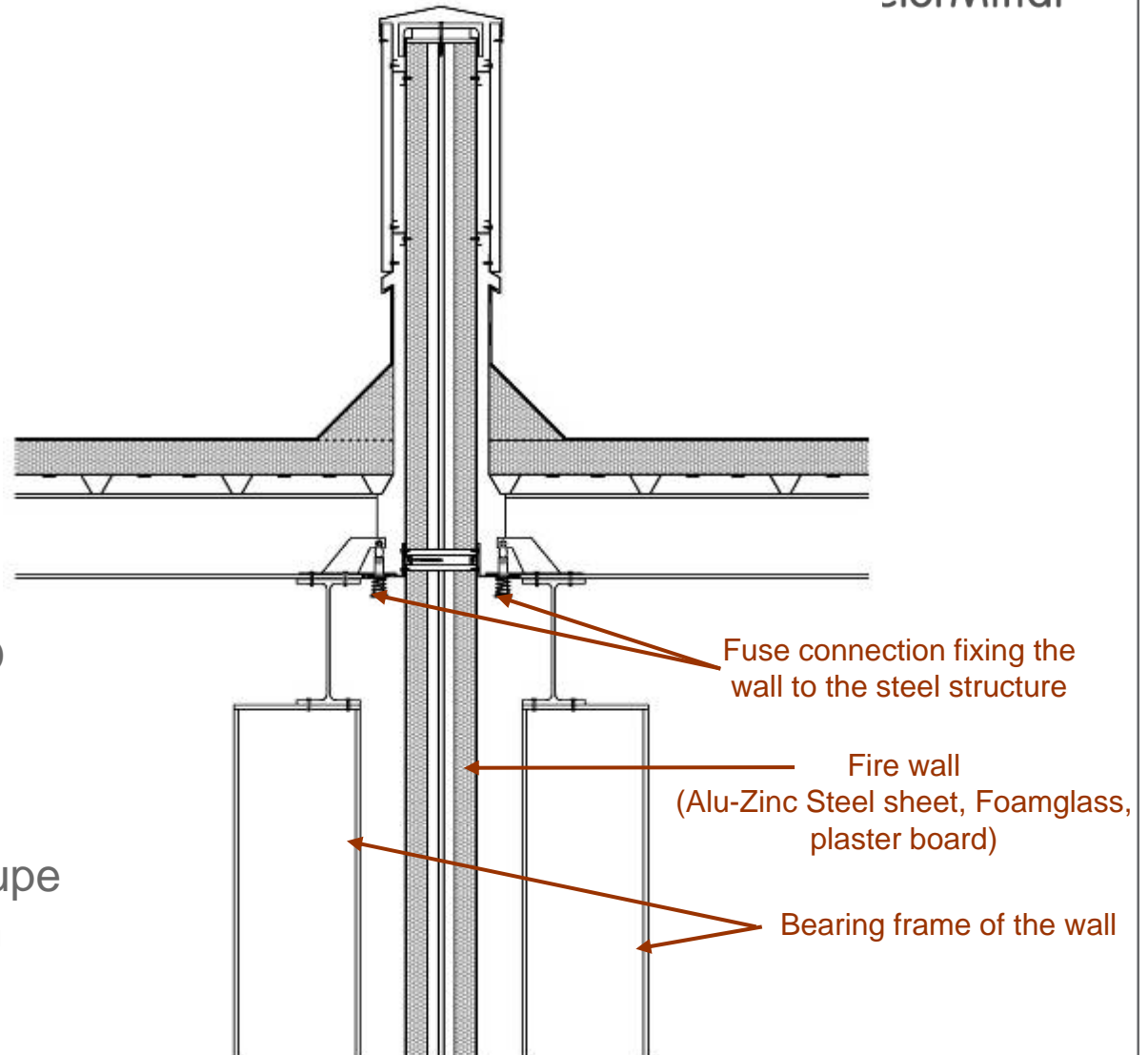
Fusing connections?



Nouveau Mur coupe feu (Patent ArcelorMittal) FIREBREAK 4H

Fire wall

- léger
- Flexible (démontable facilement, bien adapté à la rénovation)
- Montage aisé par les constructeurs métalliques
- 4h de résistance au feu ISO attestée par le laboratoire français CSTB, pour une hauteur de 15m
- Le seul système de mur coupe feu (4h, 15m) attesté par un essais





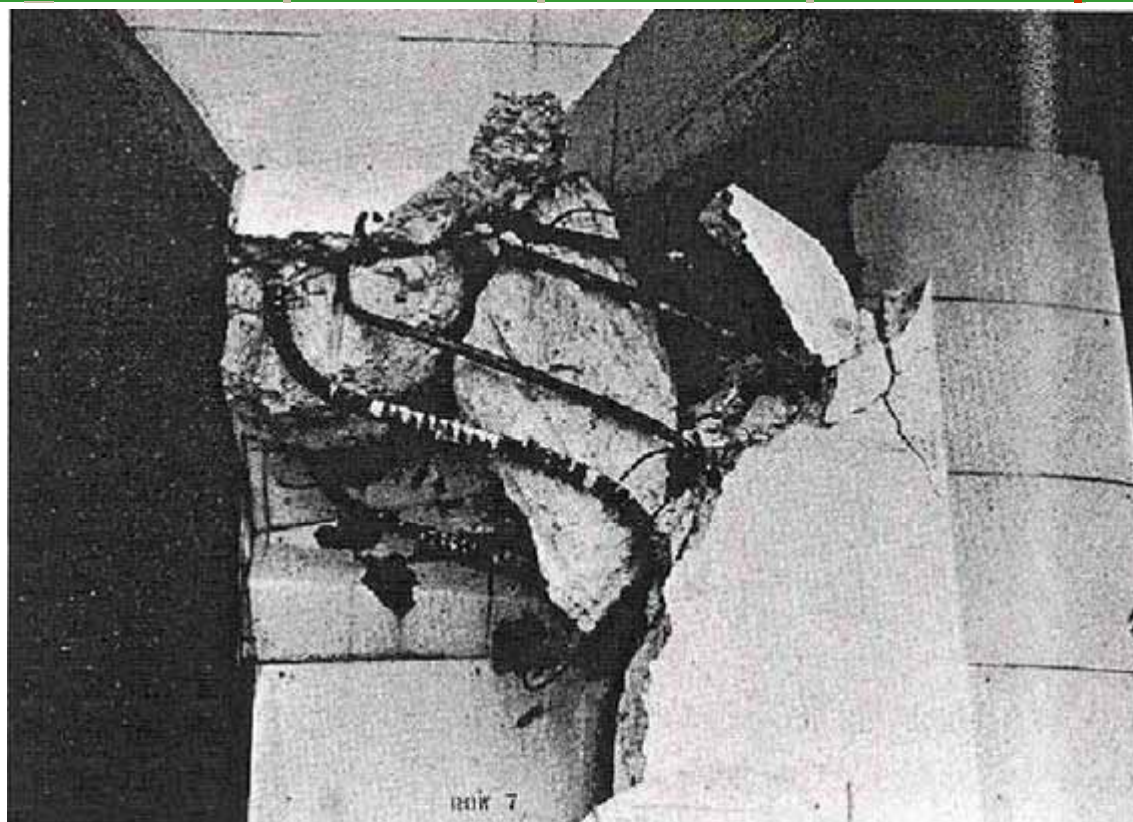
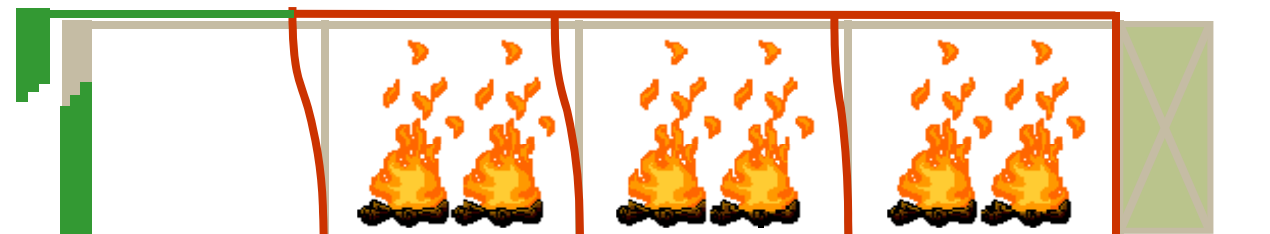
Stabilité, en cas d'incendie, des éléments structurels

Lors de la détermination de la stabilité des éléments structurels en cas d'incendie, il faut tenir compte de la stabilité générale du bâtiment et de l'influence des éléments structurels les uns sur les autres. De plus, il faut également tenir compte des dilatations et des déformations des éléments structurels entraînées par l'exposition à l'incendie.



ArcelorMittal

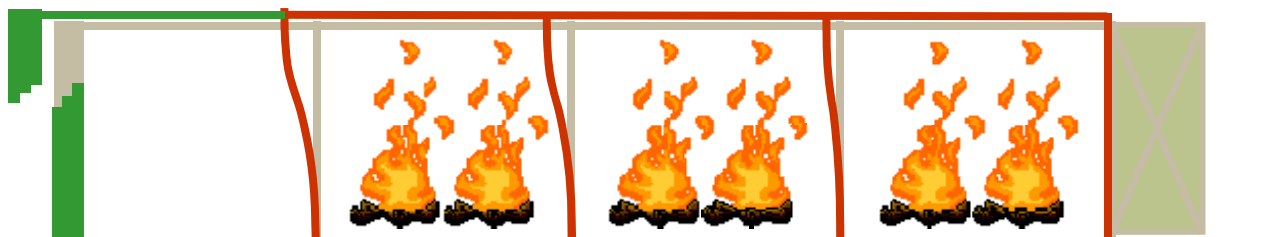
L'effondrement soudain d'une colonne dans un compartiment froid par la dilation thermique du plancher exposé





ArcelorMittal

L'effondrement soudain d'un portique dans un compartiment froid par la dilation thermique du plancher exposé

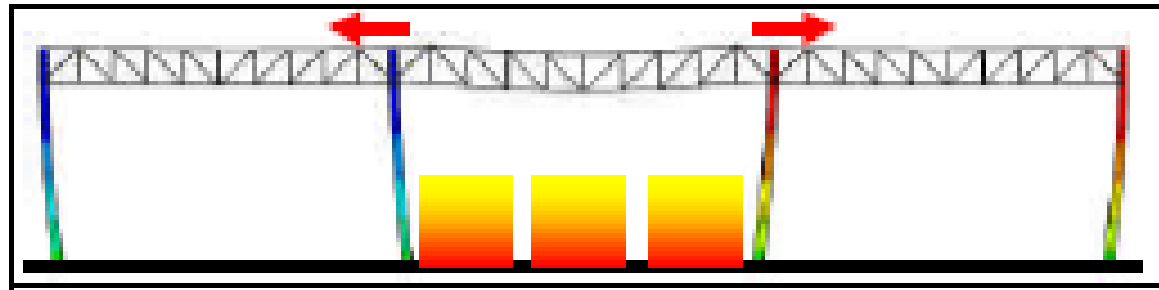


Long Carbon Europe
Research & Development

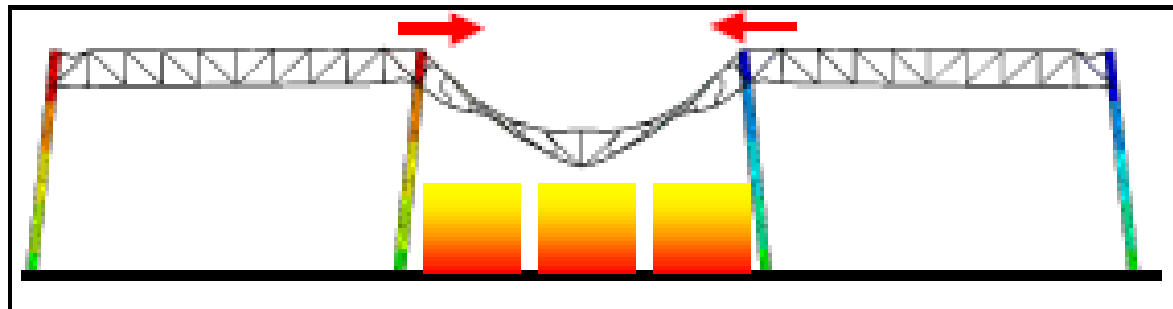


Influence des éléments structurels sur une cloison ignifuge

- L'acier offre une méthode de calcul permettant de prévoir l'affaissement d'un compartiment attenant
 - Par la dilation thermique d'une construction chauffée



- Par l'affaissement de la construction chauffée





Aittal


Research Fund for Coal & Steel

Welcome to the FS+ Project



FRANCAIS
ENGLISH
ESPAÑOL

ARCEROLMITTAL cticm labein tecnalia Université de Liège



Fire Safety of Industrial Hall

Add a Language


Exit

LUCA


Long Carbon Europe
Research & Development

FS

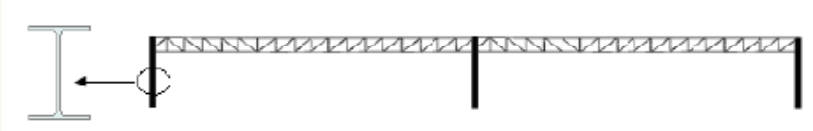
Single bay frame



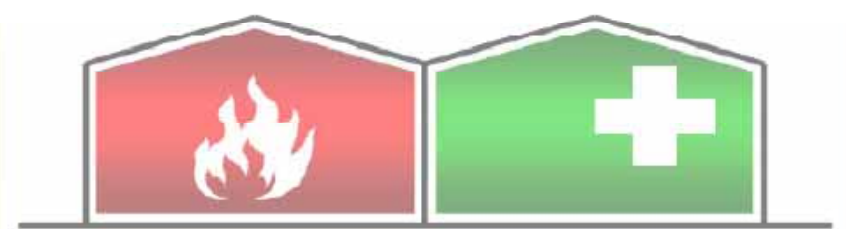
Multiple frames with cross section in H or I sections



Multiple frames with lattice beams and columns in H or I sections



* With an height $H < 20$ m (collapse toward the inside)



Fire Safety of Industrial Hall



OK





Previous

Quit



Fs+


Enter the following parameters

Column		Beam	
Steel Profile Type :	IPE	Steel Profile Type :	IPE
Steel Profile Profile :	IPE 360	Steel Profile Profile :	IPE 330
Depth (h) :	360 mm	Depth (h) :	330 mm
Width (b) :	170 mm	Width (b) :	160 mm
Thickness of the flanges (lf) :	12.7 mm	Thickness of the flanges (lf) :	11.5 mm
Thickness of the web (tw) :	8 mm	Thickness of the web (tw) :	7.5 mm
Radius of the root fillet (r) :	18 mm	Radius of the root fillet (r) :	18 mm
Inertia :	16270 cm ⁴	Inertia :	11770 cm ⁴

Fire wall parallel to the frames
 Fire Wall perpendicular to the frames

Fire compartment in the centre of the building
 Fire compartment at the edge of the building

Total design value of the load on the roof (fire situation) N/m



Length (L) : mm
Height (H) : mm
Rising (lf) : mm

Number of span in the cold compartment located to the left of the fire compartment
Number of span in the fire compartment
Number of span in the cold compartment located to the right of the fire compartment

Next
PREVIOUS
Quit



FS+

Report

Input Data

Type of beam	IFE 330	Fire Wall perpendicular to the frames	L	24 m	Design Load Q	Number of spans (cold part) located to the left of the fire	0
Inertia	11770 cm ⁴		H	7 m		3572 N/m	Number of spans in the fire
Type of column	IFE 360	Fire compartment at the edge part of the building	f	1.2 m			Number of spans (cold part) located to the right of the fire
Inertia	16270 cm ⁴						





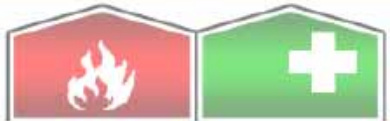
Intermediate results

Slope of the roof	10 %	α	0.177	k	97024	K1	12049
Coefficient Cp/Dth	0.015	Cg	1	Kg	12813		
		Cd	2.779	Kd	262597		

Results

<i>Stage of Push</i>	Displacement to the left	688 mm	<i>Pull Stage</i>	Displacement	350 mm
	Displacement to the right	32 mm		Pull Force	94301 N

Print Show the equations Previous Quit





Report FS+

1] Introduction

Multiple frames with cross section in H or I sections

1.1] Field of application

This Software is applicable to industrial halls that fulfill the following conditions:

- Buildings with steel structure, either steel portal frames with cross section in standard H or I hot rolled profiles or equivalent welded plate girders, or steel frames based on lattice beams with columns in H or I;
- Buildings divided in one or several compartments separated one from another by fire walls. These walls can be either parallel to the steel frames, or perpendicular to the steel frames.

The sizes considered in the project are as listed :

Length of a span for simple bay : 15 m, 20 m and 30 m
Length of a span for multiple bay : 20 m, 30 m and 40 m
Height - simple bay : 5 m, 7.5 m, and 12.5 m
Height - multiple bay : 7.5 m, 12.5 m and 20 m
(H < 20 m) (Collapse toward the inside)
Slope of the roof : 5°
Number of bays : 1, 3 and 5
Lattice beam : equal angles 50x50x5 till 120x120x12

Design beyond the scope of analysis will not be recommended
Unless treated as preliminary design, which will be further validated.

1.2] How to treat the results

The displacements that will be obtained must be used to verify the stability of the interior and exterior walls ;

The force that will be obtained in stage of pull must be used to verify the stability of the cold part (force located at the top of the column).

2] Input Data

2.1] Type and inertia of the columns and beams of the frames

Type of beam
IPE 300
Inertia
11779 cm⁴
Type of column
IPE 300
Inertia
16270 cm⁴

2.2] Position of the fire wall and location of the fire in the building :

Fire Wall perpendicular to the frames

Fire compartment at the edge part of the building

2.3] Geometry of the frames :

Length :

L = 24 m

Height :

H = 7 m

Rigging :

r = 1.2 m

- 0 : Number of spans (cold part) located to the left of the fire
- 2 : Number of spans in the fire compartment
- 3 : Number of spans (cold part) located to the right of the fire

2.4] Design Load Q

q = 3572 N/m

3] Intermediate results

3.1] Slope of the roof, Coefficient (function of the slope)

10 % : Slope of the roof
0.015 : Coefficient Cp/Cth

3.2] Coefficients a and c :

a : 0.177
Cg : 1
Cd : 2.779

3.3] Equivalent stiffness for lateral displacements :

k : 97024 N/m
Kg : 12613 N/m
Kd : 26937 N/m
Kt : 12049 N/m



4] Results

4.1] Stage of Push

Horizontal displacements in the top of the columns :

688 mm : Displacement to the left

32 mm : Displacement to the right

4.2] Pull Stage

Maximum horizontal force in the top of the columns :

94301 N : Pull Force

Horizontal displacements in the top of the columns :

350 mm : Displacement

Made with the Software LUCA