

**CONCEPTION DES BÂTIMENTS D'ACTIVITÉS EN BÉTON**

# Murs séparatifs coupe-feu et façades à fonction d'écran thermique en béton



## **CONCEPTION DES BÂTIMENTS D'ACTIVITÉS EN BÉTON**

Murs séparatifs coupe-feu  
et façades à fonction  
d'écran thermique en béton

*Les contributions à l'ouvrage*

Olivier ACETI	CIMENTS CALCIA
Laurent TRUCHON	VICAT
Éric BOURDAIS-MASSENET	ACOB
Cécile CASSETTE	EIFFAGE CONSTRUCTION
Serge HORVATH	CIMBÉTON
Marcel HUREZ	CERIB
Jean-François MAZZOLENI	Syndicat du Béton Cellulaire
Guy MONToux	FACE consulting
Thierry MURAT	BET-Industrie-Environnement
Yves TRES CARTES	AGF

# Avant-propos

● Toute protection incendie efficace repose sur la prise en compte du risque, tant au niveau de la conception du bâtiment (structure, dimensionnement et éléments de construction, dispositifs de circulation de l'air et des fumées, dispositions de sécurité actives et passives...) que des matériaux eux-mêmes; l'objectif étant de stopper ou de retarder le plus longtemps possible la progression du feu à ses différentes phases d'évolution.

Une des règles fondamentales de la sécurité incendie consiste à préserver la vie humaine en favorisant l'évacuation des personnes et en facilitant l'action des sauveteurs. Mais il convient aussi de préserver durablement l'environnement ainsi que l'outil de travail et de production. Pour atteindre ces objectifs et permettre de préserver au maximum l'ouvrage, dans les meilleures conditions, il convient d'adopter des dispositions constructives destinées à maintenir le feu dans ses limites et à interdire toute propagation grâce à la constitution d'un compartimentage coupe-feu efficace et pérenne.

Des dispositions complémentaires permettront de limiter considérablement la propagation des flammes par rayonnement par des façades possédant une fonction permettant de créer de véritables écrans thermiques. Dans l'éventail des solutions les murs coupe-feu en béton apparaissent comme une évidence, car ils constituent de véritables barrières infranchissables aux flammes et aux gaz. L'objet de cet ouvrage est de montrer comment concevoir ces éléments, partie intégrante des bâtiments industriels, mais aussi de tous les types de bâtiments et ouvrages de génie civil devant être protégés du risque d'incendie.

Les murs séparatifs coupe-feu et les murs à fonction d'écran thermiques sont présentés dans ce fascicule, tant au niveau des calculs, de la conception, que de la mise en œuvre. Des cas concrets, qui montrent la nécessité de ces ouvrages, sont également explicités. Bien évidemment l'emploi du matériau béton y est décliné dans toutes ses composantes.

# Sommaire

---

<b>● I - État réglementaire des lieux</b>	<b>9</b>
<b>1.1 - Exigence de résistance au feu</b>	<b>13</b>
1.1.1 - Bâtiments d'habitation	14
1.1.2 - Établissement recevant du public	14
1.1.3 - Immeubles de grande hauteur	16
1.1.4 - Lieux de travail	16
1.1.5 - Garages et Parcs de Stationnement	17
1.1.6 - Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	17
<b>1.2 - Classification des matériaux</b>	<b>19</b>
1.2.1 - La réaction au feu	19
1.2.2 - La résistance au feu des matériaux	25
<hr/>	
<b>● 2 - Position des Assureurs</b>	<b>27</b>
<b>2.1 - Les critères d'évaluation</b>	<b>28</b>
<b>2.2 - Les règles APSAD</b>	<b>33</b>
2.2.1 - Dispositifs d'implantation des murs séparatifs coupe-feu	33
2.2.2 - Ouvertures et passages traversant un mur coupe-feu	37
<hr/>	
<b>● 3 - Dimensionnement des murs coupe-feu</b>	<b>41</b>
<b>3.1 - Les références de calcul</b>	<b>42</b>
3.1.1 - Principe de justifications par le calcul	42
3.1.2 - Les règles simples	46
3.1.3 - Dispositions constructives relatives aux poteaux de structure en béton	48
<b>3.2 - Logiciel de calcul</b>	<b>49</b>

---

---

● <b>4 - Les murs séparatifs coupe-feu en béton</b>	<b>51</b>
<b>4.1 - Système constructif poteaux, poutres et panneaux</b>	<b>53</b>
4.1.1 - Murs constitués de panneaux préfabriqués en béton	53
4.1.2 - Panneaux préfabriqués en béton allégé	56
4.1.3 - Système déposé de panneaux précontraints « Rotulés »	59
4.1.4 - Les dalles alvéolées préfabriquées en béton	63
4.1.5 - Panneaux de béton cellulaire	63
4.1.6 - Utilisation de prémur	68
<b>4.2 - Murs de maçonnerie</b>	<b>73</b>
4.2.1 - Les blocs de béton	73
4.2.2 - Les blocs et carreaux de béton cellulaire	77

---

● <b>5 - Les façades à fonction « écran thermique »</b>	<b>81</b>
---	-----------

---

● <b>6 - Annexes</b>	<b>89</b>
<b>Annexe 1 Les produits de jointolement coupe-feu</b>	<b>90</b>
<b>Annexe 2 Influence des murs coupe-feu</b>	
<b>sur les effets de flux thermique d'un incendie</b>	<b>92</b>
2.1 – Champs de l'étude	92
2.2 – L'incendie d'un entrepôt	93
2.3 – Détermination des hypothèses,	
définition de scénarios majorants	95
2.4 – Méthodologie de calcul	97
2.5 – Résultats de la modélisation	101
2.6 – Commentaires	108
<b>Annexe 3 Textes réglementaires et bibliographie</b>	<b>111</b>

---

# Introduction

Le mur séparatif coupe-feu est destiné à séparer deux bâtiments ou deux parties d'une même construction de telle sorte que tout incendie se déclarant d'un côté du mur séparatif coupe-feu ne puisse pas se propager de l'autre côté. Ces ouvrages doivent également s'opposer au passage des fumées. La conception du mur séparatif coupe-feu doit être telle que, même si l'une des parties séparée s'effondre, le mur doit rester en place pour continuer à jouer son rôle. Même dans ces conditions, il doit garder une résistance suffisante pour s'opposer aux effets du vent pendant au moins toute la durée de l'incendie.

Dans le cas des bâtiments soumis à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), l'implantation de l'édifice conditionne le degré de résistance au feu des murs de façade l'isolant d'un tiers. Les distances d'éloignement des parois extérieures du bâtiment par rapport aux tiers doivent au minimum tenir compte des effets thermiques et des effets toxiques des fumées en cas d'incendie.

En plus des règles générales de calcul des structures en béton énoncées dans le BAEL 91, BPEL 91, Eurocode 2 partie 1.2 et la norme P 92-701 (DTU feu béton), les bâtiments industriels et entrepôts sont soumis au respect des dispositions du code du travail, de la réglementation sur les installations classées (rubrique 1510) et de la réglementation relative aux établissements recevant du public (ERP) de type M. Des règles complémentaires propres aux assurances, distinguent les installations à risques séparées par des dispositions constructives permettant de s'opposer au feu et préservant ainsi les biens et l'outil économique.

Un ensemble de règles de construction (référentiel APSAD), dont la règle R15 qui porte sur les ouvrages séparatifs coupe-feu et la règle R16 qui concerne les portes coupe-feu précise, qu'un mur séparatif coupe-feu doit pouvoir assumer sa fonction en se suffisant à lui-même. Elles ont été élaborées au sein des instances de la direction des assurances de biens et de responsabilités de la FFSA (Fédération Française des Sociétés d'Assurances).



Chapitre

# 1

# État des lieux réglementaire

**1.1 – Exigences de résistance au feu**

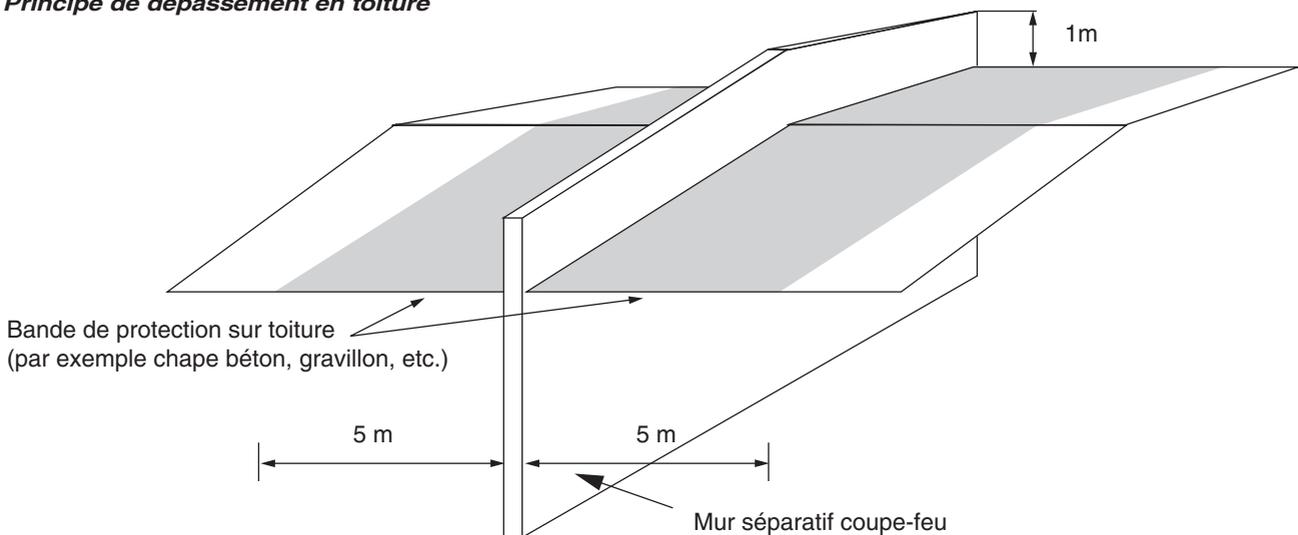
**1.2 – Classification des matériaux**

La construction des murs séparatifs coupe-feu doit répondre notamment aux dispositions de l'arrêté du 5 août 2002 relatif à la prévention des incendies dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique 1510 (anciennement arrêté du 30 juin 1983). Les Article 8 à 13 relatifs au compartimentage et à l'aménagement du stockage concernent tout particulièrement leur exécution.

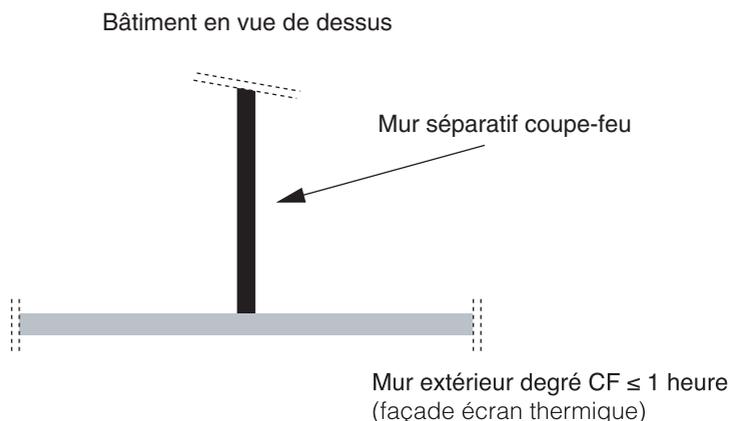
Les dispositions prises pour prévenir la propagation d'un incendie d'une cellule de stockage à l'autre, conformément à l'article 8, sont les suivantes :

- degré CF minimum exigé pour un mur séparatif : **2 heures** ;
- les percements doivent être rebouchés afin d'assurer un degré CF équivalent à celui exigé pour les parois ;
- les portes communicantes doivent être de degré **CF 2 heures** et munies d'un système de fermeture automatique ;
- la surface des cellules est limitée à **3 000 m<sup>2</sup>** en l'absence de système d'extinction automatique et à **6 000 m<sup>2</sup>** en présence d'un système automatique d'extinction d'incendie ;
- le mur séparatif CF doit dépasser d'au moins 1 m la couverture au droit du franchissement. La toiture doit être recouverte, sur une largeur minimale de 5 m de part et d'autre des parois séparatives, d'une bande de protection disposées sur les revêtements d'étanchéité afin de prévenir la propagation d'un sinistre d'une cellule à l'autre (chape en béton, gravillon, etc.).

### Principe de dépassement en toiture

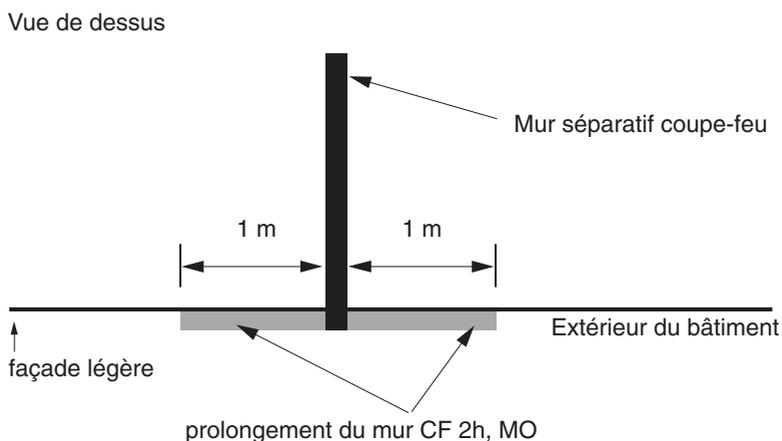


Si les murs extérieurs ont un degré CF supérieur ou égal à une heure le dispositif constructif peut être le suivant :

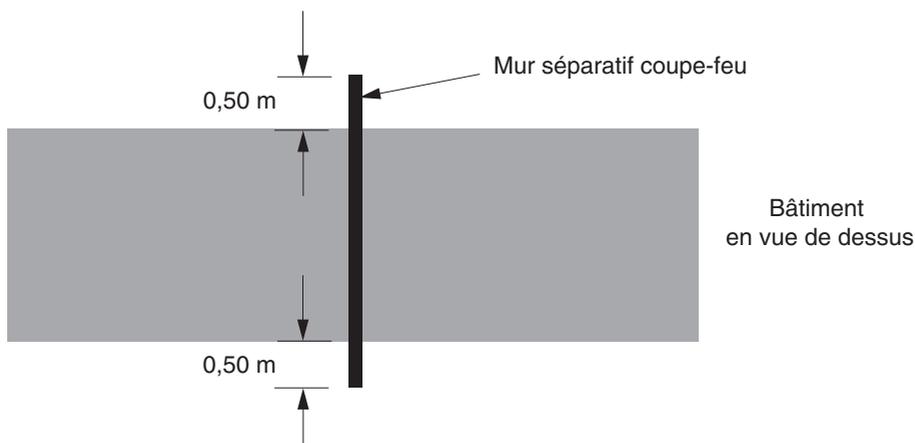


Si les murs extérieurs n'ont pas un degré CF une heure, les murs séparatifs seront, soit prolongés latéralement sur une largeur de 1 m de part et d'autre, soit prolongés en saillie de la façade sur 0,50 m.

### 1<sup>re</sup> solution



### 2<sup>e</sup> solution



Il existe d'autres règles de droit privé telles que les règles APSAD, qui peuvent être appliquées. Ce sont des règles élaborées sur la base des « Recommandations » établies par la Commission Incendie du Comité Européen des Assurances.

Les murs coupe-feu sont principalement concernés par :

- le document R15 **Règles de construction**  
des Ouvrages séparatifs coupe-feu ;
- le document R16 **Les portes coupe-feu.**

Les dispositifs décrits dans ces règles sont pour la plupart plus sévères que l'arrêté. C'est notamment le cas pour le degré coupe-feu exigé par le document R15, pour un mur séparatif coupe-feu, qui est de 4 heures.

Le chapitre « DISPOSITIFS D'IMPLANTATION DES MURS SÉPARATIFS COUPE-FEU » de ce document, reprend l'ensemble des dispositifs retenus par le référentiel APSAD.



# 1.1 - Exigences de résistance au feu

La résistance au feu exigée pour les éléments de structure vise uniquement à assurer la protection et l'évacuation des personnes en cas d'incendie, elle ne prétend pas assurer la sauvegarde du bâtiment après cette évacuation.  
(Voir textes réglementaires en annexe)

Les mesures concernant la protection et l'évacuation des occupants sont adaptées en fonction du type d'établissement dans le classement suivant :

- bâtiments d'habitation neufs et réhabilitation ;
- établissements recevant du public (ERP) ;
- immeubles de grande hauteur (IGH) ;
- établissements industriels et commerciaux ;
- garages et parcs de stationnement ;
- installations classées.

**Tableau N° 1 : récapitulatif, stabilité au feu exigée pour la structure en fonction du type d'établissement et de sa hauteur (hors ICPE)**

	<b>0</b>	<b>1/2 h</b>	<b>1 h</b>	<b>1 h 1/2</b>	<b>2 h</b>	<b>3 et 4 h</b>
<b>RDCh seul</b>	ERP (5e catégorie) <b>bureaux industries</b>	ERP (5e catégorie) avec locaux réservés au sommeil au dessus du RDC				
<b>H &lt; 8 m</b>	<b>industries</b>	Bureaux (2 <sup>e</sup> , 3 <sup>e</sup> , 4 <sup>e</sup> catégories) <b>Habitation</b> (2 <sup>e</sup> famille)	ERP 1 <sup>re</sup> catégorie			
<b>8 &lt; H &lt; 28 m</b>			ERP (2 <sup>e</sup> , 3 <sup>e</sup> , 4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> catégories) <b>Habitation</b> (3 <sup>e</sup> famille) <b>Bureaux Industries</b>	ERP 1 <sup>re</sup> catégorie		
<b>28 &lt; H &lt; 50 m</b>				<b>Habitation</b> (4 <sup>e</sup> famille)	<b>IGH</b> Classes W, O, R, U, Z	Isolement entre: IGH et ERP IGH et parc de stationnement
<b>H &gt; 50 m</b>					IGH Classes A	Isolement ERP, IGH et parc de stationnement

H = Hauteur sur plancher bas du niveau le plus haut.

### 1.1.1 - Bâtiments d'habitation

---

- ▶▶ 1<sup>re</sup> famille :
  - habitations individuelles isolées ou jumelées à R + 1 ;
  - habitations individuelles en bande à rez-de-chaussée ;
  - habitations individuelles en bande R + 1 lorsque les structures sont indépendantes.
- ▶▶ 2<sup>e</sup> famille :
  - habitations individuelles isolées ou jumelées de plus d'un étage sur rez-de-chaussée ;
  - bâtiments collectifs à R + 3 maximum.
- ▶▶ 3<sup>e</sup> famille
  - 3<sup>e</sup> famille A :
    - de R + 4 à R + 7 maximum ;
    - moins de 7 m depuis la porte palière d'un logement jusqu'à l'escalier le plus proche ;
    - les accès aux escaliers sont atteints par la voie échelles.
  - 3<sup>e</sup> famille B :
    - de R + 4 à R + 7 ne répondant pas aux règles ci-dessus.
    - supérieure à R + 7 mais inférieure à 28 m.

*Pour mémoire : B est déclassée A si tous les appartements sont accessibles aux échelles aériennes de hauteur suffisante et sur décision du Maire.*
- ▶▶ 4<sup>e</sup> famille : habitations dont le plancher bas du logement le plus haut est situé à plus de 28 m et à 50 m au plus au-dessus du niveau du sol utilement accessible aux engins des services de secours et de lutte contre l'incendie.

### 1.1.2 - Établissement recevant du public (ERP)

---

Les établissements sont classés par type en fonction de l'activité (voir L'encadré ci-contre).

Ils sont ensuite classés en catégories selon l'effectif du public et du personnel. Suivant le cas, l'effectif du public est déterminé soit par :

- le nombre de places assises ;
- la surface réservée au public ;
- la déclaration du chef d'établissement ;
- l'ensemble de ces indications.

## ERP, classement par type

### A - Établissements installés dans un bâtiment

- J structures d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées;
- L salles d'auditions, de conférences, de réunions, de spectacles ou à usage multiple;
- M magasins de vente, centres commerciaux;
- N restaurants et débits de boissons;
- O hôtels et pensions de famille;
- P salles de danse et salles de jeux;
- R établissements d'éveil, d'enseignements, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement;
- S bibliothèques, centres de documentation et de consultation d'archives;
- T salles d'expositions;
- U établissements de soins;
- V établissements de culte;
- W administrations, banques, bureaux;
- X établissements sportifs couverts;
- Y musées.

### B - Établissements spéciaux

- PA établissements de plein air;
- CTS chapiteaux, tentes et structures itinérants ou à implantation prolongée ou fixe;
- SG parcs de stationnement couverts;
- OA hôtels-restaurants d'altitude;
- GA gares accessibles au public;
- EF établissements flottants ou bateaux stationnaires et bateaux en stationnement;
- REF refuges de montagne

Les catégories sont les suivantes :

- **1<sup>re</sup> catégorie** : au-dessus de 1 500 personnes ;
- **2<sup>e</sup> catégorie** : de 701 à 1 500 personnes ;
- **3<sup>e</sup> catégorie** : de 301 à 700 personnes ;
- **4<sup>e</sup> catégorie** : de 300 à moins de 300 personnes, à l'exception des établissements compris dans la 5<sup>e</sup> catégorie ;
- **5<sup>e</sup> catégorie** : établissements faisant l'objet de l'article R. 123-14 dans lesquels l'effectif n'atteint pas le chiffre fixé par le règlement de sécurité pour chaque type d'exploitation.

### **1.1.3 - Immeubles de grande hauteur (IGH)**

---

Est considéré comme IGH tout bâtiment dont le plancher du dernier niveau est situé par rapport au niveau du sol utilisable par les engins des services publics de lutte contre l'incendie :

- à plus de 50 m pour les immeubles d'habitation ;
- à plus de 28 m pour les autres immeubles.

Classement des immeubles :

- **GHA** immeuble à usage d'habitation ;
- **GHO** immeuble à usage d'hôtel ;
- **GHR** immeuble à usage d'enseignement ;
- **GHS** immeuble à usage d'archives ;
- **GHU** immeuble à usage sanitaire ;
- **GHW1** immeuble à usage de bureaux  
28 m < plancher bas du dernier niveau < 50 m ;
- **GHW2** immeuble à usage de bureaux, plancher bas du dernier niveau > 50 m ;
- **GHZ** immeuble à usage mixte ou incluant un ERP.

### **1.1.4 - Lieux de travail**

---

#### **Code du travail – Article R 235-4**

Les bâtiments et les locaux doivent être conçus et réalisés de manière à permettre en cas de sinistre :

- l'évacuation rapide de la totalité des occupants dans des conditions de sécurité maximale ;
- l'accès de l'extérieur et l'intervention des services de secours et de lutte contre l'incendie ;
- la limitation de la propagation de l'incendie à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

## 1.1.5 - Garages et parcs de stationnement

---

Plusieurs textes spécifiques réglementent, la conception, en fonction du type de bâtiment auquel le parc est annexé :

- annexes de bâtiments d'habitation ;
- annexes d'établissements recevant du public (ERP) ;
- annexes d'immeubles de grande hauteur (IGH) ;
- annexes d'immeubles de bureaux ;
- installations classées pour la protection de l'environnement.

### ▶▶ Parcs à capacité supérieure à mille véhicules

Ces parcs relèvent de l'arrêté type 331 bis, rubrique 29035, des installations classées pour la protection de l'environnement. Leur autorisation d'ouverture est du ressort de la seule autorité préfectorale.

### ▶▶ Parcs à capacité inférieure à mille véhicules

Ces parcs sont considérés comme établissement à risque courant (type PS) du règlement contre l'incendie.

#### **Nota**

*Un arrêté du ministère de l'Intérieur devrait simplifier la réglementation de ce type d'ouvrage en harmonisant et regroupant tous les textes spécifiques (parution en 2006).*

## 1.1.6 - Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

---

La législation des installations classées régit la plupart des industries dangereuses ou polluantes. Elle repose actuellement sur la loi du 19 juillet 1976 et son décret d'application du 21 septembre 1977. Cette législation vise à prévenir l'ensemble des risques et nuisances provenant d'une installation.

Champ d'application : les usines, dépôts, carrières et installations qui peuvent présenter des dangers pour la sécurité, la salubrité, soit pour la commodité du voisinage, soit pour la protection de la nature et de l'environnement (cimenteries et carrières sont soumises).

Les activités polluantes ou dangereuses sont définies dans une « nomenclature », qui soumet les installations à





un **régime de déclaration** ou **d'autorisation**. Cette nomenclature comporte environ 200 rubriques. Les autorisations sont délivrées par le préfet, au terme d'une procédure d'enquête publique.

Le dossier d'autorisation comporte une étude d'impact et une étude de dangers. Dans cette procédure, la direction régionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement, joue un rôle central (DRIRE).

Les installations soumises à déclaration font l'objet d'une simple déclaration au préfet accompagnée de renseignements techniques et de protection en cas de sinistres.

Le bureau préfectoral des installations classées gère les activités soumises à déclaration.

Des arrêtés types fixent les prescriptions générales des installations soumises à déclaration. (exemples: rubrique 1510 « entrepôts couverts soumis à autorisation », rubrique 2662 « plasturgie »).

Sociétés relevant des ICPE :

- 60 000 soumises à déclaration ;
- 6 000 soumises à autorisations ;
- 600 de type SEVESO soumises à SUP (servitude d'utilité publique).

# 1.2 - Classification des matériaux

Les articles R.121-1 à R.121-13 du code de la construction et de l'habitation (protection contre l'incendie, classification des matériaux) définissent la classification en différentes catégories les matériaux et éléments de construction en fonction de leur comportement en cas d'incendie. Ils fixent les conditions auxquelles doivent répondre ces matériaux et éléments de construction pour être classés dans ces différentes catégories.

Deux critères sont ainsi appréciés.

## ■ 1.2.1 - La réaction au feu

Elle caractérise l'aptitude des matériaux à alimenter l'incendie.

Pour classer les matériaux en fonction de leur réaction au feu, la réglementation considère deux caractéristiques essentielles :

- la quantité de chaleur dégagée au cours de la combustion ;
- la présence ou l'absence de gaz inflammable.

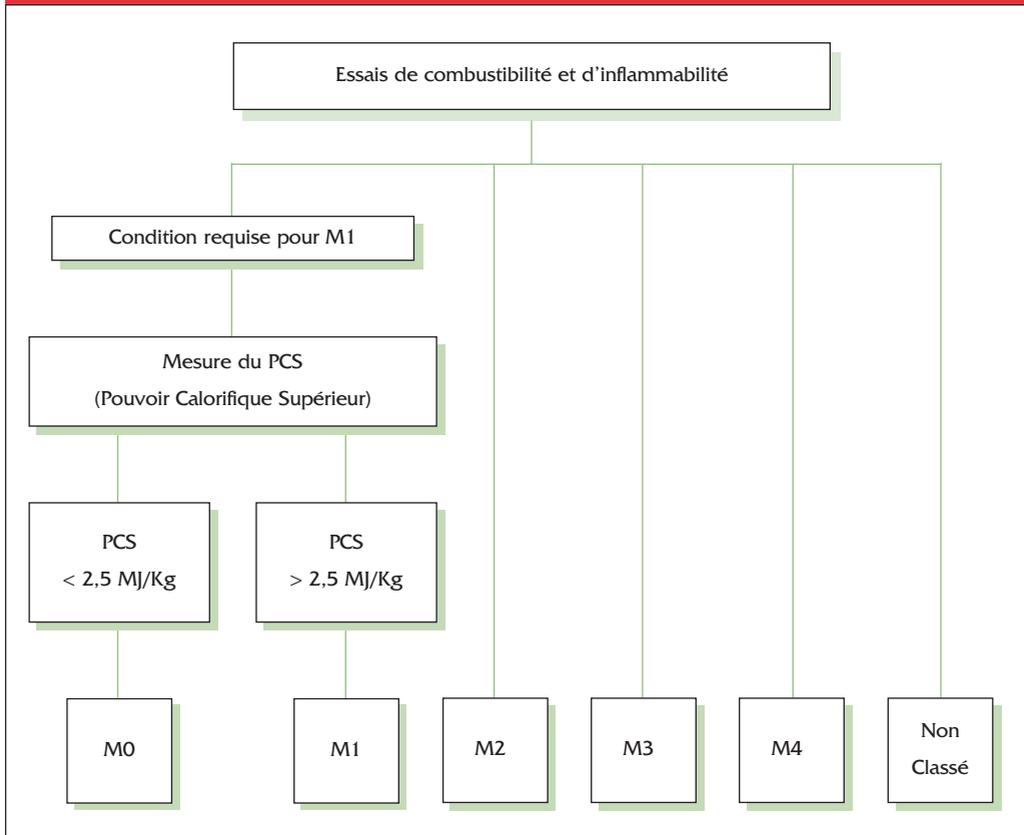
**Tableau n° 2 : correspondance\* entre classement français et européen**

Classement français	caractère	Critère d'appréciation	Classement européen équivalent
<b>M0</b>	Incombustible	Pouvoir calorifique < 2 à 3 MJ/kg	A1
<b>M1</b>	Ininflammable	Pas de production de chaleur notable	A2, B
<b>M2</b>	Difficilement inflammable	Production de chaleur croissante + gouttes	C
<b>M3</b>	Moyennement inflammable		D
<b>M4</b>	Facilement inflammable		D, E
<b>NC</b>	Non classé		F

\* Correspondance donnée à titre indicatif

À partir de ces critères, il est déterminé un classement de réaction au feu des matériaux conformément à l'arrêté du 30 juin 1983 du Ministre de l'intérieur. Cet arrêté a été modifié par l'arrêté du 13 août 2003, afin de s'harmoniser avec les prescriptions de la directive européenne 86/106/CEE relative aux produits de la construction et notamment l'exigence essentielle « sécurité en cas d'incendie ».

Tableau n° 3 : synthèse de la méthode de classification des matériaux : « réaction au feu »



**Tableau n° 4 : classement de réaction au feu**

INCOMBUSTIBLE	M0	
COMBUSTIBLE	M1	Non inflammable
	M2	Difficilement inflammable
	M3	Moyennement inflammable
	M4	Facilement inflammable
	NC	Non classé

Dans toutes les normes et dans toutes les fiches techniques concernant les matériaux de construction figure le classement de réaction au feu du matériau.

**L'arrêté relatif à la classification des produits de construction du 13 août 2003 (JO du 5 septembre 2003) remplace l'arrêté du 30 juin 1983.**

Les produits sont examinés en fonction de leur application finale et sont classés en fonction de leurs caractéristiques de réaction au feu, suivant le système de classification ci-dessous.

**Tableau n° 5 : définition des symboles**

<b>SYMBOLE</b>	<b>DÉFINITION</b>
$\Delta T$	Élévation de température
$\Delta m$	Perte de masse
Tf	Durée de l'inflammation
PCS	Pouvoir calorifique supérieur
FIGRA	Accélération de la production énergétique
THR <sub>600s</sub>	Dégagement thermique total
LFS	Propagation de la flamme latérale
SMOGRA	Accélération de la production de fumée
TSP <sub>600s</sub>	Émission de fumée totale
F <sub>S</sub>	Propagation de la flamme

### Classements conventionnels pour les produits de construction

Pour être considérés comme appartenant aux classes A1 et A1FL (matériaux de construction pour les sols), sans essai préalable, les produits ne doivent être construits qu'à partir d'un ou de plusieurs des matériaux du tableau ci-après.

Les produits résultant du collage d'un ou plusieurs de ces matériaux seront considérés A1, A1FL, sans essai préalable si leur teneur en colle ne dépasse pas 0.1 % en poids ou en volume (selon la valeur la plus basse).

**Tableau n° 6 : classement conventionnel pour les produits de construction**

MATÉRIAUX	REMARQUES
Argile expansée	
Perlite expansée	
Vermiculite expansée	
Laine minérale	
Verre cellulaire	
Béton	Comprend le béton prêt à l'emploi et les produits préfabriqués en béton armé et en béton précontraint.
Béton de granulats (granulats minéraux légers et de faible densité, sauf isolation thermique intégrale)	Peut contenir des adjuvants et des additifs (comme les cendres volantes), des pigments et autres matériaux. Comprend les éléments préfabriqués.
Éléments en béton cellulaire autoclavé	Éléments contenant des liants hydrauliques, tels du ciment et/ou de la chaux mélangée à des matériaux fins (matériaux siliceux, cendres volantes, laitier de haut-fourneau), et un ajout générant des inclusions gazeuses. Comprend les éléments préfabriqués.
Fibre-ciment	
Ciment	
Chaux	
Laitier de haut-fourneau/cendres volantes	
Granulats minéraux	
Fer, acier et acier inoxydable	Sauf sous forme très divisée.
Cuivre et alliages de cuivre	Sauf sous forme très divisée.

**Tableau n° 6 (suite) : classement conventionnel pour les produits de construction**

<b>MATÉRIAUX</b>	<b>REMARQUES</b>
<b>Gypse, plâtre à base de gypse</b>	Peuvent comprendre des additifs (retardateurs, fillers, fibres, pigments, chaux hydratée, adjuvants et plastifiants, rétenteurs d'air et d'eau), des granulats de faible densité (sable naturel ou broyé) ou des granulats légers (perlite ou vermiculite, par exemple).
<b>Mortier contenant des liants minéraux</b>	Mortiers à enduire et à lisser les sols contenant ou plusieurs liants minéraux : ciments chaux, ciments de façonnerie, gypse, par exemple.
<b>Éléments en argile</b>	Élément en argile ou en autres matières argileuses, contenant un ou non du sable, un dérivé d'un produit combustible ou autre. Comprend les briques, les dalles et les éléments en argile réfractaire (revêtements intérieurs de cheminée, par exemple).
<b>Éléments en silicate de calcium</b>	Éléments fabriqués à partir d'un mélange de chaux et de matériaux naturellement siliceux (sables, graviers, roches ou mélange de ces matériaux). Peuvent comprendre des pigments colorants.
<b>Produits en pierre naturelle, tuile</b>	Éléments en ardoise ou en pierres naturelles travaillées ou non (roches magmatiques, sédimentaires ou métamorphiques).
<b>Éléments en gypse</b>	Comprend les dalles et autres éléments à base de sulfate de calcium et d'eau contenant éventuellement des fibres, des fillers, des granulats et autres additifs, et colorés le cas échéant par des pigments.
<b>Terrazo</b>	Comprend les dalles de terrazo en béton préfabriqué et les revêtements posés <i>in situ</i> .
<b>Verre</b>	Comprend le verre trempé, le verre trempé chimique, le verre feuilleté et le verre armé.
<b>Verre céramique</b>	Verre céramique contenant du verre cristallin et du verre résiduel.
<b>Céramique</b>	Comprend les produits en poudre d'argile pressée et les produits extrudés, vitrifiés ou non

**Classification des caractéristiques de réaction au feu des produits de construction à l'exception des sols :** le tableau page 22 indique les essais à effectuer, ainsi que les critères retenus, pour le classement des produits de construction à l'exception des sols.

**Tableau n° 7: classement de réactions au feu des matériaux de construction**

<b>Classe</b>	<b>Méthode d'essai</b>	<b>Critère de classification</b>	<b>Classification supplémentaire</b>
<b>A1</b>	NF EN ISO 1182 et	$T \leq 30 \text{ °C}$ $M \leq 50 \%$ $T_f = 0$ (pas d'inflammation prolongée)	
	NF EN ISO 1716 $PCS \leq 1,4 \text{ MJ} \times \text{m}^{-2}$ et $PCS \leq 2 \text{ MJ} \times \text{Kg}^{-1}$	$PCS \leq 2 \text{ MJ} \times \text{Kg}^{-1}$	
<b>A2</b>	NF EN ISO 1182 ou	$\Delta T \leq 50 \text{ °C}$ $\Delta m \leq 50 \%$ $t_f \leq 20 \text{ s}$	
	NF EN ISO 1716 et	$PCS \leq 3 \text{ MJ} \times \text{Kg}^{-1}$ et $PCS \leq 4 \text{ MJ} \times \text{m}^{-2}$ $PCS \leq 4 \text{ MJ} \times \text{m}^{-2}$ $PCS \leq 3 \text{ MJ} \times \text{Kg}^{-1}$	
	NF EN 13823 (SBI)	$FIGRA \leq 120 \text{ W} \times \text{s}^{-1}$ et $LFS < \text{bord de l'éprouvette}$ et $THR_{600s} \leq 7,5 \text{ MJ}$	Production de fumée et Gouttelettes/particules enflammées
<b>B</b>	NF EN 13823 (SBI) et	$FIGRA \leq 120 \text{ W} \times \text{s}^{-1}$ et $LFS < \text{bord de l'éprouvette}$ et $THR_{600s} \leq 7,5 \text{ MJ}$	Production de fumée et Gouttelettes/particules enflammées
	NF EN ISO 11925-2 Exposition = 30 s	$FS \leq 150 \text{ mm}$ en 60 s	
<b>C</b>	NF EN 13823 (SBI) et	$FIGRA \leq 250 \text{ W} \times \text{s}^{-1}$ et $LFS < \text{bord de l'éprouvette}$ et $THR_{600s} \leq 15 \text{ MJ}$	Production de fumée et Gouttelettes/particules enflammées
	NF EN ISO 11925-2 Exposition = 30 s	$FS \leq 150 \text{ mm}$ en 60 s	
<b>D</b>	NF EN 13823 (SBI) et	$FIGRA \leq 750 \text{ W} \times \text{s}^{-1}$	Production de fumée et Gouttelettes/particules enflammées
	NF EN ISO 11925-2 Exposition = 30 s	$FS \leq 150 \text{ mm}$ en 60 s	
<b>E</b>	NF EN ISO 11925-2 Exposition = 15 s	$FS \leq 150 \text{ mm}$ en 20 s	Gouttelettes/particules enflammées
<b>F</b>	Aucune performance déterminée		

### ■ 1.2.2 - La résistance au feu des matériaux

Selon le nouvel arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, des éléments de construction et d'ouvrages, les critères de performance utilisés pour l'évaluation de la résistance au feu sont les suivants :

- **la résistance mécanique**, qui concerne la stabilité de la construction ou de l'élément ;
- **l'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds**, qui concerne les éléments séparatifs ;
- **l'isolation thermique**, qui concerne la limitation des échauffements admissibles sur le côté non exposé au feu des éléments séparatifs ;
- **le maintien de la fonction** pour d'autres produits ou éléments de construction et d'ouvrages tels que les ventilateurs et les exutoires.

Les trois premiers critères conduisent, selon la fonction ou le rôle qu'est appelé à jouer un produit, un élément de construction ou d'ouvrage (au cours d'un incendie) aux trois catégories de performances en résistance au feu suivantes :

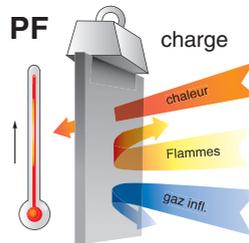
- **stabilité au feu (SF)**, pour laquelle le critère de résistance mécanique est seul requis ;
- **pare-flamme (PF)**, pour laquelle sont requis les critères d'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds ;
- **coupe-feu (CF)**, pour laquelle sont requis les critères d'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds et d'isolation thermique. Ce critère exige que l'échauffement de la face non exposé au feu n'atteigne pas la température d'inflammation spontanée des matériaux (140 °C en moyenne, 180 °C sur un point de mesure).

Il apparaît clairement que la catégorie pare-flamme (PF) ne peut être respectée que si le critère de la catégorie stabilité au feu (SF) l'est. Il en est de même pour la catégorie coupe-feu qui ne peut être respecté que si les critères des catégories stables au feu (SF) et pare-flamme (PF) le sont aussi (voir tableau n° 8).

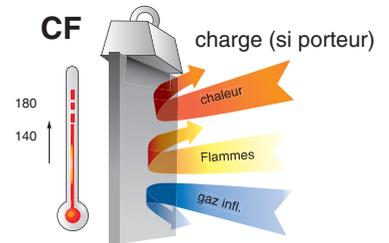
<b>Tableau N° 8 : critères de résistance au feu</b>			
<b>CRITÈRES</b>	<b>Résistance mécanique ou stabilité</b>	<b>Étanchéité aux flammes et aux gaz</b>	<b>Isolation thermique</b>
<b>CATÉGORIES</b>			
<b>Stable au feu (SF)</b>	*		
<b>Pare-flamme (PF)</b>	*	*	
<b>Coupe-feu (CF)</b>	*	*	*



**SF** : stable au feu (résistance mécanique ou stabilité).



**PF** : pare-flammes si **SF** + étanchéité aux flammes + absence d'émission de gaz (face non exposée).



**CF** : coupe feu Si **PF** + isolation thermique.

Tableau n° 9 : relation entre classement français et européen

Spécification	Réglementation Française	Normalisation européenne	
Stable au feu	Stabilité au feu sous son poids propre ou sous un chargement donné:  SF	coupe-feu (CF)	Stabilité au feu sous son poids propre: pas d'indice de classement
			Stabilité au feu sous un chargement donné: R
Pare flamme	PF	E	
Isolation thermique	Pas d'indice de classement	I	
Exemple: Élément non porteur CF 1 h 30	CF 1 h 30	EI 90	
Exemple: Élément porteur CF 1 h 30	CF 1 h 30	REI 90	

La façade écran thermique défini dans l'arrêté type, 1510 « Entrepôts couverts soumis à autorisation » doit être stable au feu et doit respecter les critères d'isolation thermique (limitation du flux radiatif selon deux zones, Z1 et Z2) (voir annexe 2).



Chapitre

# 2

## La position des assureurs

**2.1 - Les critères d'évaluation**

**2.2 - Les règles APSAD**

## 2.1 - Les critères d'évaluation

Le montant d'une prime d'assurance est basé sur la valeur des capitaux à assurer, c'est-à-dire sur les dommages directs maximums que l'assureur est susceptible d'indemniser et éventuellement, les pertes indirectes, pertes d'exploitation et risque des tiers.

L'assureur se réfère au traité des risques d'entreprise (FFSA) – dont les dispositions n'ont aucun caractère contraignant.

Afin d'évaluer les risques encourus, et calculer le montant de la prime d'assurance, l'assureur se base sur différents critères.

### ▶ **L'activité de l'entreprise**

C'est l'activité de l'entreprise qui représente le critère principal, car, par exemple, une activité de travail du plastique ne représentera pas le même risque d'incendie qu'un travail des métaux. Le travail des métaux pouvant représenter lui-même un risque important de pollution s'il y a un traitement des métaux. Les activités sont donc codifiées selon les statistiques et les retours d'expérience des assureurs.

### ▶ **L'isolement par rapport aux tiers**

L'isolement par rapport aux tiers doit être pris en charge par l'assureur de l'entreprise.

### ▶ **La nature des constructions**

Lors d'un incendie, la stabilité des structures et la combustibilité des éléments de construction seront déterminants dans l'évolution de l'incendie et l'étendue des dégâts subis par les bâtiments.

L'assureur est donc amené à étudier chaque partie de la construction et pour estimer les risques, les assureurs européens ont développé une méthode de classification des bâtiments.

L'examen de chaque partie de bâtiment permet de définir pour chaque bâtiment un « code construction » présenté sous la forme de chiffres et de lettres. Ce code construction reprend les différents classements en fonction de la nature des matériaux et se présente sous la forme ci-après. C'est ce code qui permettra l'entrée

dans un tableau fournissant les majorations ou rabais « construction » applicables au bâtiment. Les majorations ou les rabais du taux de prime proposés varient de – 25 % à + 50 %.

Pour traduire sur le plan tarifaire l'influence que la construction d'un bâtiment peut avoir sur les dommages d'incendie, il convient en premier lieu d'identifier les éléments de construction suivants (tableau n° 10) :

- ossature ;
- murs extérieurs ;
- planchers et nombre de niveaux ;
- couverture ;
- aménagement.

Il y a lieu ensuite d'effectuer différentes opérations et notamment :

- déterminer le classement de chacun des éléments de construction ;
- classer le bâtiment selon le nombre de niveaux ;
- composer le « code construction » ;
- déterminer à partir du code construction, la majoration ou le rabais à appliquer.

**Tableau n° 10: classement de l'ossature (O)**

<b>Nature des matériaux constitutifs</b>	<b>Catégorie</b>
Maçonnerie	01
Acier protégé Ossature en bois lamellé-collé ou bois massif	02
Acier non protégé	03
Bois Panneaux sandwichs autoporteurs	04

**Tableau n° 11: classement des murs extérieurs (Me)**

<b>Nature des matériaux constitutifs</b>	<b>Catégorie</b>
Maçonnerie Maçonnerie + isolant + Maçonnerie	Me1
Acier, aluminium, fibre-ciment, plâtre, verre Avec isolat minéral	Me2
Avec isolant du type mousse matière plastique Bois, matières plastiques	Me3

**Tableau n° 12: classement des planchers (P)**

<b>Nature des matériaux constitutifs du plancher</b>	<b>Catégorie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- plancher maçonnerie;</li> <li>- plancher bois ou acier protégé;</li> <li>- plancher acier non protégé;</li> <li>- plancher tous type.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>P0 à P4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- P0 un seul niveau;</li> <li>- P1 à P4 plusieurs niveaux.</li> </ul>
<b>Protection des communications</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- communications directes;</li> <li>- communications encagées.</li> </ul>	

**Tableau n° 13: classement suivant le nombre de niveaux**

<b>Nombre de niveaux</b>	<b>Catégorie</b>
1 seul niveau	A
2 à 5 niveaux et plancher bas à moins de 28 m	B
plus de 5 niveaux ou plancher bas à plus de 28 m	C

**Tableau n° 14: classement de la couverture (Co)**

<b>Nombre de niveaux</b>	<b>Catégorie</b>
Acier, aluminium, zinc, fibre-ciment Avec isolant minéral	
Béton + isolant minéral	Co1
Ardoises, tuiles, vitrages	
Béton + isolant plastiques Couverture isolante en acier	Co2
Acier + isolant minéral + étanchéité Acier + isolant plastique Revêtement souple sur bois Ardoises et tuiles sur support combustible	Co3
Acier + isolant plastique + étanchéité Étanchéité sur bois Matières plastiques	Co4

**Tableau n° 15: classement des aménagements et des revêtements extérieurs (A)**

Nature des matériaux constitutifs	Catégorie
Bâtiments sans aménagement Panneaux de fibres minérales, mousse de verre, avec parement incombustible, plâtre, staff, tôles, vitrage	A1
Panneaux de fibre avec parement combustible bois, lin, matières plastiques	A2

» **Applications pratiques du code de construction**

Exemple N° 1 : bâtiment sur un seul niveau sans aménagements avec **éléments en béton** (ossature, murs extérieurs, etc.).

Exemple N° 2 : bâtiment sur un seul niveau sans aménagements avec ossature en acier, bardages extérieurs en acier et couverture en acier, plancher en béton.

**Tableau n° 16: code construction**

Aménagement Élément de construction	Ossature (O)	Murs extérieurs (Me)	Plancher (P)	Nombre de niveaux (A, B, C)	Couverture (Co)	Aménagement (A)
<b>Codification</b>						
Exemple N° 1	1	1	0	A	1	1
Exemple N° 2	3	3	0	A	1	1

**Tableau N° 17: exemple des majorations ou rabais (bâtiment à un seul niveau)**

1 <sup>er</sup> groupe	2 <sup>e</sup> groupe	A11 A21	A31 A41	A12 A22	A32 A42
110		-20 %	0	+ 10 %	+ 20 %
120-210-220		-10 %	+ 10 %	+ 20 %	+ 20 %
310-320		0	+ 10 %	+ 20 %	+ 30 %
130-230		+10 %	+ 20 %	+ 30 %	+ 30 %
330		+10 %	+ 20 %	+ 30 %	+ 40 %
410-420		+20 %	+ 30 %	+ 30 %	+ 40 %
430		+30 %	+ 30 %	+ 40 %	+ 50 %

La codification du 1<sup>er</sup> exemple est 110A11 ce qui implique une minoration de **prime de 20 %** suivant le tableau n° 17.

La codification du 2<sup>e</sup> exemple est 330A11 ce qui implique une **majoration de prime de 10 %** suivant le tableau n° 17.

On peut donc estimer que la différence de coût de la prime d'assurance, entre un bâtiment d'un seul niveau dont l'ossature et la couverture sont en béton et un bâtiment tel que celui cité dans l'exemple, **est de l'ordre de 30 % en faveur du béton**. Le différentiel serait plus important dans le cas d'un bâtiment comportant plusieurs niveaux.

L'assureur qui a une approche globale du risque prend en compte également les critères suivants.

### ▶▶ **Le chauffage des bâtiments**

Par exemple un chauffage à flamme nue, où à surface incandescente, représentera plus de risque qu'un chauffage électrique ou qu'un chauffage central avec une chaufferie conforme.

### ▶▶ **L'énergie**

La qualité des installations électriques est à l'origine de nombreux incendies. Les installations électriques doivent donc être en bon état et vérifiées régulièrement par un organisme agréé.

### ▶▶ **La prévention**

La prévention a pour but de réduire les probabilités de déclaration de sinistre grâce aux éléments suivants :

- la surveillance (détection automatique, ronde de surveillance) ;
- l'interdiction de fumer ;
- la bonne tenue des locaux ;
- la gestion des déchets ;
- la gestion des liquides et des gaz inflammables ;
- la maintenance des installations techniques ;
- la lutte contre la malveillance.

### ▶▶ **La protection**

Certaines dispositions vont permettre de limiter les conséquences d'un sinistre lorsque les mesures de prévention n'auront pas empêché le déclenchement d'un incendie. Ces protections peuvent être :

- les moyens manuels d'intervention [extincteurs, RIA (Réseau Incendie Armé), poteaux d'incendie, ressources en eau] ;
- la formation incendie du personnel de l'entreprise ;
- les installations automatiques d'extinction de type sprinkler ;
- les installations automatiques ponctuelles d'extinction (à poudre, à gaz, à eau) ;
- les moyens de désenfumage pour faciliter l'intervention des secours ;
- **le compartimentage qui permet de limiter l'extension rapide de l'incendie.**

L'assureur examine également la séparation existante entre les bâtiments qui doit être de plus de 10 m. Dans le cas contraire la qualité des matériaux et la protection des ouvertures sont prises en considération.

**Une conception d'ensemble prenant en compte ces principes permet à l'assuré de réduire sensiblement le montant de sa prime d'assurance incendie, mais aussi de limiter les conséquences humaines et économiques de ce type de sinistre. Il est donc recommandé de contacter son assureur dès la conception de travaux pour un bâtiment neuf, une extension ou un aménagement.**

## 2.2 - Les règles APSAD

Ces règles ont été élaborées au sein des instances de la direction des assurances de biens et de responsabilités de la FFSA (Fédération Française des Sociétés d'Assurances).

### 2.2.1 - Dispositifs d'implantation des murs séparatifs coupe-feu

---

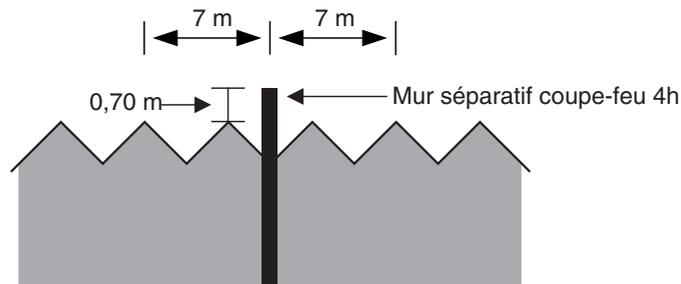
Les assureurs prennent en compte deux types de mur séparatifs :

- le mur séparatif ordinaire (MSO) : coupe-feu 2 h, ce mur doit permettre une ligne de défense favorisant l'attaque de l'incendie par les services de secours ;
- le mur séparatif coupe-feu (MSCF) : coupe-feu 4 h, ce mur doit rester stable, même lors de l'effondrement du compartiment exposé au feu et constituer ainsi un obstacle infranchissable.

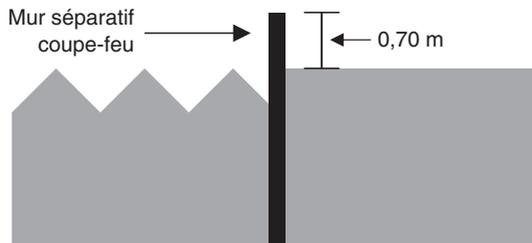
La règle APSAD R 15 définit les dispositifs suivants.

#### ***Dépassement en partie haute (en toiture)***

À sa partie haute, le mur séparatif coupe-feu doit dépasser d'au moins 0,70 m le point le plus haut des couvertures situées dans une zone de 7 m de part et d'autre du mur séparatif coupe-feu (voir la figure ci-après).

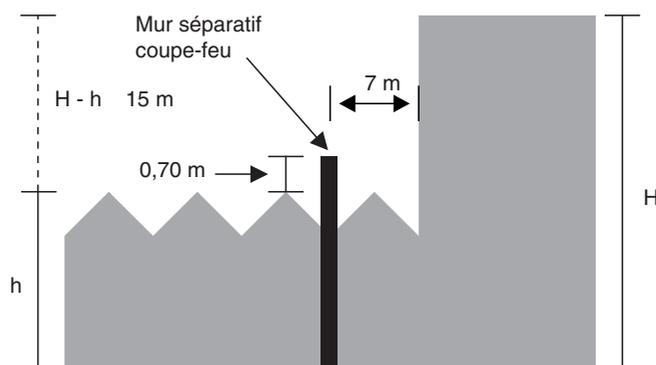


Dans le cas de bâtiments de hauteurs différentes, le dépassement de 0,70 m doit être mesuré à partir du niveau de couverture du bâtiment le plus haut (voir la figure ci-dessous).



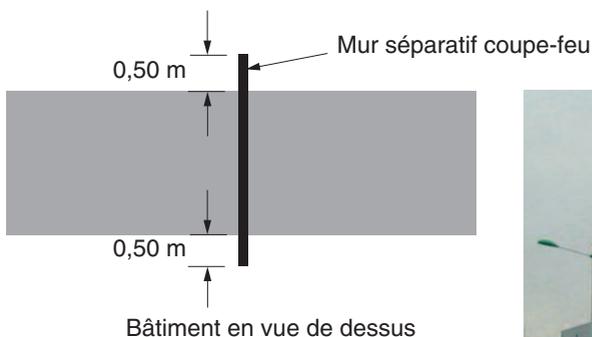
Ce dépassement a pour objet d'une part, d'éviter que sous l'action directe des flammes et/ou de leur rayonnement, le feu ne « franchisse » le mur, d'autre part de créer un écran derrière lequel les services de secours peuvent s'abriter pour arroser efficacement la partie sinistrée.

Toutefois, lorsque la différence des hauteurs des bâtiments n'excède pas 15 m, il est admis que le dépassement soit compté à partir du nu extérieur de la couverture du bâtiment le plus bas, sous réserve que le mur séparatif coupe-feu soit implanté à plus de 7 m de toute façade du bâtiment le plus haut (voir la figure ci-dessous).



## Dépassement sur les côtés du bâtiment

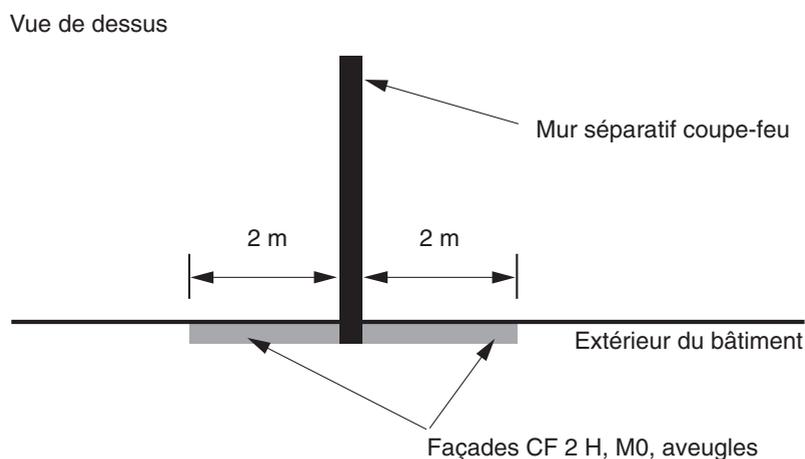
Sur les côtés du bâtiment, le mur séparatif coupe-feu doit déborder de 0,50 m par rapport au nu extérieur de la façade (voir la figure ci-dessous).



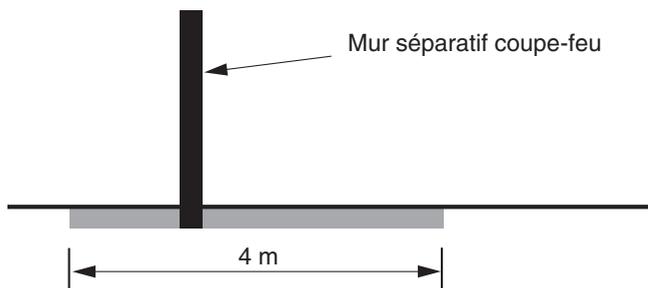
## Cas particuliers de la règle R15

Des exceptions sont possibles si, sur toute la hauteur du bâtiment, on observe les particularités suivantes.

► Il existe de part et d'autre du mur, une bande de façade d'au moins 2 m de large en matériaux classés M0, coupe-feu 2 h et ne comportant aucune ouverture (voir la figure ci-dessous).



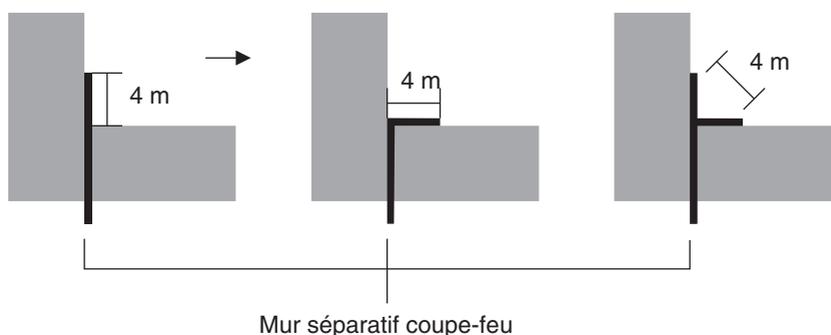
» Soit le mur séparatif coupe-feu comporte sur une longueur totalisée de 4 m, un ou deux « retours » ne comportant aucune ouverture et présentant les mêmes caractéristiques que le mur séparatif coupe-feu.



Dans le cas de bâtiments faisant un angle de 90° et lorsque l'extrémité du mur passe par l'arête ou à moins de 4 m de l'arête formée par la jonction des façades, le mur doit être prolongé d'au moins 4 m, soit d'un côté ou de l'autre de cette arête, soit des deux côtés de telle sorte que la distance entre les extrémités des deux prolongements soit au minimum de 4 m (voir croquis ci-dessous). Pour un angle différent, une expertise technique de l'assureur doit être établie.



Façade en béton CF 2 h  
(pas d'obligation de  
dépassement du MSCF).



À la demande de l'assureur, cette distance minimum de 4 m peut être augmentée en fonction de l'activité pratiquée dans le bâtiment.

## 2.2.2 - Ouvertures et passages traversant un mur coupe-feu

On entend par

**Ouverture**: une baie libre permettant le passage de personnes, de véhicules et/ou d'engins de manutention.

**Passage**: une traversée de câbles électriques, de tuyauteries, de conduits de ventilation, de convoyeurs et de bandes transporteuses.

En théorie aucune ouverture et aucun passage ne devraient être pratiqués au travers d'un mur séparatif coupe-feu.

Si pour des contraintes techniques et d'exploitation, le percement du mur devient obligatoire, le nombre de ces ouvertures ou passages pratiqués doit être limité au strict minimum.

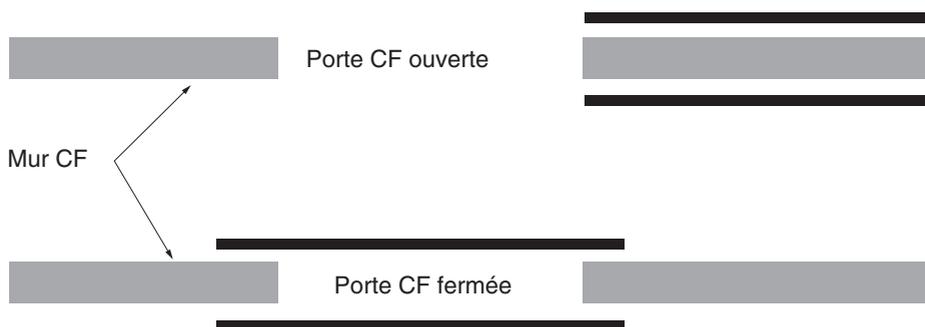
Leur équipement doit être conçu de façon à ce que soient préservées toutes les qualités de comportement au feu du mur séparatif coupe-feu.

### **Les ouvertures**

Les dimensions des ouvertures ne doivent pas dépasser 3,80 m pour la largeur et 4,40 m pour la hauteur.

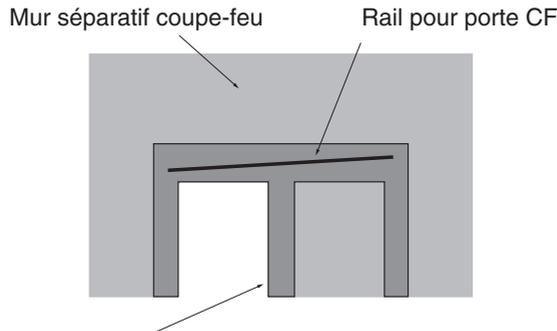
Les ouvertures doivent être équipées de portes doubles coupe-feu 1 h 30 et pare-flamme 2 h, à fermeture automatique. La conception et la pose de ces portes doivent répondre aux prescriptions définies dans le document APSAD R 16 (voir le croquis ci-dessous).

Coupe horizontale :



Lorsqu'une pollution des matériels, matériaux, marchandises, est jugée possible par les fumées dégagées lors d'un incendie, il est recommandé d'asservir la fermeture des portes à une installation de détection ou à des détecteurs autonomes.

Le support des portes doit être suffisamment résistant, pour supporter le poids des portes et absorber les chocs dus aux manœuvres répétées. Lorsque le mur est constitué d'un matériau insuffisamment résistant, il devra être réalisé un portique en béton armé pour recevoir la fixation des portes coupe-feu (voir le croquis ci-dessous).



### Portique en béton armé, stable au feu

(Calcul suivant DTU feu, béton - logiciel CIM feu)

Portique en béton armé, stable au feu  
(calcul suivant DTU feu, béton -logiciel Cimfeu)  
(Voir principe de calcul dans le paragraphe  
« Notes de calcul chaînage et poteaux »)



Toutes les prescriptions de conception et de pose des portes coupe-feu sont définies dans la règle APSAD R 16.

## Passage

### ▶▶ Câbles électriques

Le passage des câbles électriques se fera de préférence dans un caniveau garni de sable passant sous le mur séparatif coupe-feu.

Lorsque le câble traverse le mur séparatif coupe-feu, la réservation doit être alors, parfaitement obturée à l'aide de matériaux présentant une résistance au feu au moins égale à celle du mur.

Les matériaux de bourrage, autres que le plâtre et le mortier de ciment appliqués sur l'épaisseur du mur, devront faire l'objet d'un essai permettant de vérifier la résistance au feu du matériau mis en place.

### ▶▶ Canalisations

Les canalisations ne doivent pas traverser les murs coupe-feu. Seul le passage dans un caniveau rempli de sable est toléré.

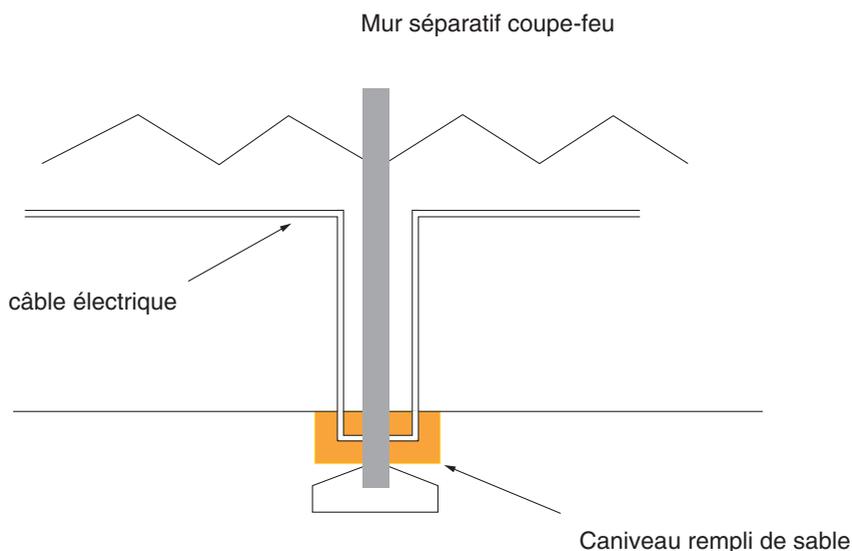
### ▶▶ Conduits de ventilation et de climatisation

Le passage des conduits de ventilation et de climatisation n'est pas admis au travers d'un mur coupe-feu.

### ▶▶ Convoyeurs et bandes transporteuses

La règle APSAD R 16 définit les exigences pour le passage des convoyeurs et des bandes transporteuses au travers des murs coupe-feu.

### Dispositif de passage en caniveau (rempli de sable) sous mur CF





*Mur séparatif coupe feu et son système de porte coupe-feu.*



Chapitre

# 3

## Dimensionnement des murs coupe-feu

**3.1 - Les références de calcul**

**3.2 - Logiciel de calcul**

## 3.1 - Les références de calcul

La méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des ouvrages en béton est actuellement régie en France par un document qui définit les justificatifs ou vérifications complémentaires à effectuer pour tenir compte de l'action du feu sur ces ouvrages (ces ouvrages sont en béton armé ou précontraint confectionnés avec des granulats normaux).

Ce document est la **norme française P 92-701** appelé plus communément DTU Feu-Béton.

Cette norme, pour la détermination des températures dans le béton, propose trois approches possibles :

- une approche de type analytique, consistant à appliquer les lois de la chaleur (propagation de la chaleur en milieu continu) dite loi de Fourier (chapitre 4 de la norme) ;
- une approche de type simplifiée, appelée « règles simples » dans la norme, consistant à s'affranchir de tout calcul de température, moyennant l'adoption de dispositifs constructifs précisés pour chaque type d'élément (chapitre 7 de la norme) ;
- une approche type numérique, faisant appel à un programme de calcul (annexe 1 de la norme).

Un logiciel de calcul CIM'feu, édité par Cimbéton permet de dimensionner au feu les dalles, les poutres et les poteaux.

**Nota**

*La norme française va rapidement être remplacée par l'Eurocode 2 parties 1 et 2 (calcul du comportement au feu)*

### 3.1.1 - Principe de justifications par le calcul

---

Les principes de justifications et évaluation des sollicitations, sont définis au chapitre 5 de la norme. Selon l'article 5.1, la sollicitation totale à considérer dans le calcul général est définie par une relation du type E.L.U. accidentel.

Dans ce qui suit, on désigne par :

- **(G)** l'ensemble des actions permanentes ;
- **(Q)** l'ensemble des charges d'exploitation (majoration éventuelle pour effet dynamique non comprise) ;
- **(W)** l'action du vent ;
- **(S<sub>n</sub>)** l'action de la neige ;
- **(T<sub>1</sub>)** les effets de dilatation d'ensemble dus à l'échauffement durant l'incendie ;
- **(γ)** les effets à prendre en compte dans les phénomènes d'instabilité (par exemple l'introduction d'une flèche fictive pour le calcul des poteaux).

La sollicitation totale à considérer est définie symboliquement par la combinaison suivante :

$$(G) + (Q) + 0,8 [(W) \text{ et/ou } (S_n)] + (T_1) + (\gamma)$$

Les matériaux servant à la confection du béton, leurs dosages respectifs et les procédés de mise en œuvre doivent être choisis de manière à éviter les éclatements prématurés du béton, afin qu'ils n'aient pas de conséquences préjudiciables à la tenue des ouvrages.

C'est pourquoi la norme prend en compte ce phénomène d'éclatement, sauf pour le cas de poutres comportant plus de huit barres à mi-travée et dans celui des dalles. La résistance d'une section droite est justifiée en supprimant l'acier de plus grande capacité parmi ceux placés au voisinage du contour.

La sollicitation agissante de calcul à considérer est la suivante :

$$(G_1) - 0,05(G_2) + 0,8(Q) + (T_1) + 0,8[(W) \text{ et/ou } (S_n)] + (\gamma)$$

avec :

- **(G<sub>1</sub>)** ensemble des charges permanentes ;
- **(G<sub>2</sub>)** poids propre du plancher concerné lorsque l'élément vérifié est un élément fléchi.

Les autres notations sont les mêmes que celles définies ci-dessus.

### **Résistances des matériaux béton et acier**

La norme considère, dans les calculs, pour le béton, la résistance caractéristique  $f_{cj}$  obtenue à long terme soit,  $f_{cj} = 1,1 f_{C28}$   
avec  $f_{C28}$  = Résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours.

Les coefficients de sécurité (DTU feu béton) affectés au béton et à l'acier sont :

- béton :  $\gamma_m = 1,3$
- acier :  $\gamma_m = 1,0$

### Affaiblissement des caractéristiques à chaud

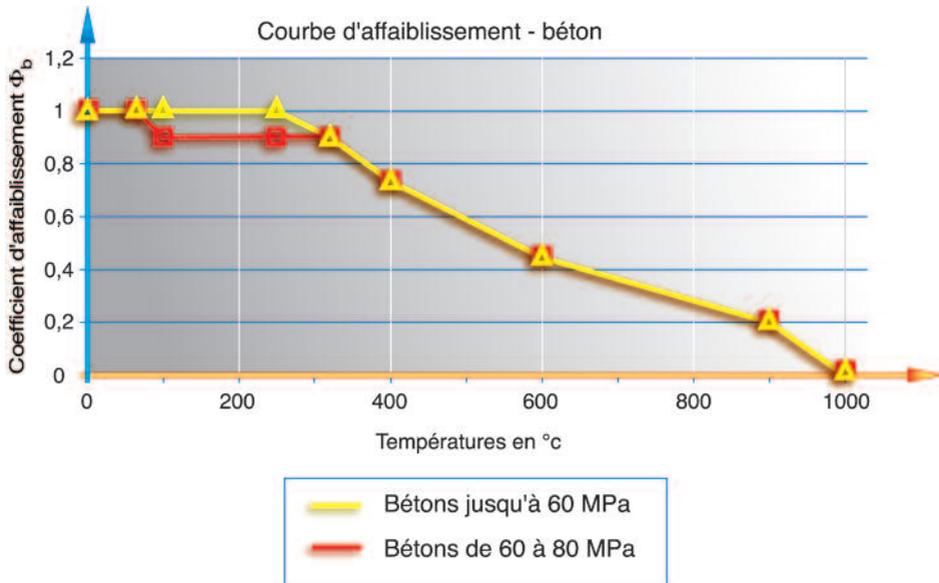
La résistance à la compression du béton décroît lorsque la température augmente. Dans le calcul, il faut donc considérer les éléments suivants :

- les variations des paramètres thermophysiques ;
- les affaiblissements de résistance suivant les valeurs du coefficient d'affaiblissement  $\Phi_b$  données ci-dessous.

**Tableau n° 18 : affaiblissements de résistance suivant les valeurs du coefficient d'affaiblissement  $\Phi_b$  pour le béton**

Béton	Température (en °C)								
	0	60	100	250	314	400	600	900	1000
$\Phi_b$ (DTU feu béton)	1	1	1	1	0.9	0.75	0.45	0.1	0
$\Phi_b$ (EC2)	1	1	1	0.9	0.86	0.8	0.5	0	0
$\Phi_b$ pour BHP*	1	1	0.9	0.9	0.9	0.75	0.45	0.1	0

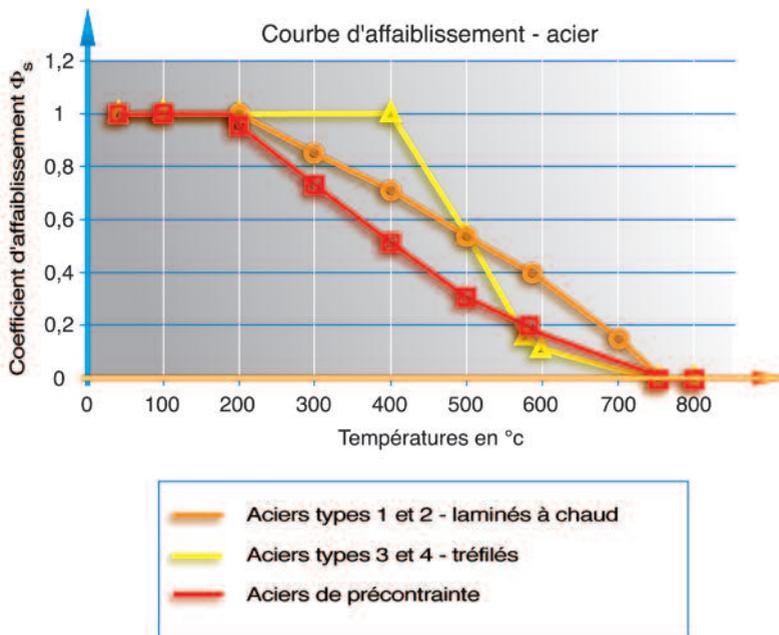
\*BHP = Béton Haute Performance



Pour l'acier, les coefficients sont donnés en fonction du type d'acier utilisé. Les valeurs du coefficient d'affaiblissement  $\Phi_s$  sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 19: affaiblissements de résistance suivant les valeurs du coefficient d'affaiblissement $\Phi_s$ pour l'acier																	
Type d'acier	Température (en °C)																
	0	20	100	175	200	300	400	500	580	600	700	750	800	900	1000	1100	1200
Acier types 1 et 2	1	1	1	1	1	0.85	0.69	0.54	0.42	0.37	0.12	0	0	0	0	0	0
Acier types 3 et 4	1	1	1	1	1	1	1	0.53	0.15	0.13	0.04	0	0	0	0	0	0
Acier de précontrainte	1	1	1	1	0.94	0.73	0.52	0.3	0.20	0.18	0.06	0	0	0	0	0	0

- Types 1 et 2: armature HA obtenue par laminage à chaud d'un acier naturellement dur.
- Types 3 et 4: armature HA obtenue par laminage à chaud suivi d'un écouissage par tréfilage et/ou laminage à froid entraînant une forte réduction de section.



### 3.1.2 - Les règles simples

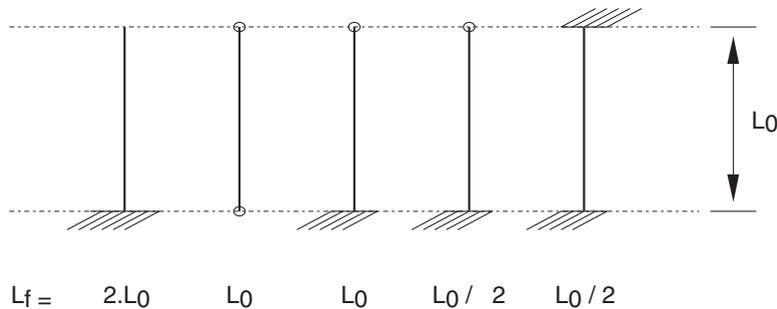
Les règles simples permettent au projeteur de se dispenser de tout calcul à chaud, en définissant les hypothèses de calcul et les dispositions constructives qui doivent être respectées pour cela lors du calcul à froid de l'ouvrage.

Outre les dispositifs constructifs (joints de dilatation, liaisons plancher/poutres, etc.) définis dans le chapitre Murs séparatifs coupe-feu et façades écran thermique, des dimensionnements minimaux sont donnés dans les tableaux ci-dessous.

#### Règles simples pour les poteaux

Ces règles simples concernent les poteaux soumis à une compression simple dont l'élanement mécanique  $\lambda$  ( $\lambda = (\sqrt{12}) \times L_f/a$ ) est au plus égal à 35 et pour lesquels les aciers n'ont pas été pris en compte pour la charge ultime dans le calcul à froid.

avec  $L_f$  longueur de flambement et  $a$  l'épaisseur du mur.



Les dimensions minimales  $a$  (en cm), du côté du poteau, sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 20							
Durée en heures		1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 h	4 h
$a$ (en cm) 	<b>Poteau carré</b>	15	20	24	30	36	45
	<b>Poteau carré exposé 1 face</b>	10	12	14	16	20	26
	<b>Poteau <math>b = 5a</math></b>	10	12	14	16	20	26

Pour les valeurs du rapport  $b/a$  comprises entre 1 et 5, la section de béton minimale admissible, en fonction de la durée de résistance au feu recherchée, est déterminée par interpolation linéaire.

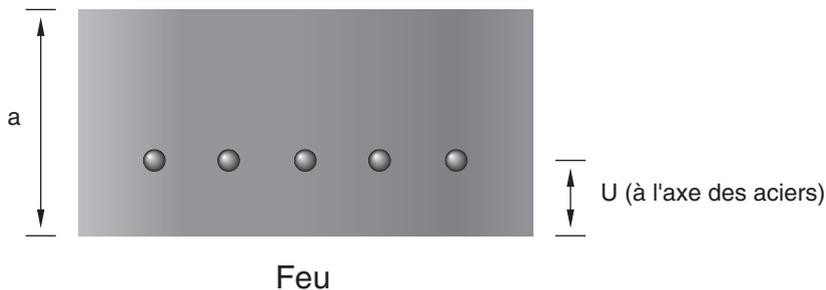
## Règles simples pour les murs porteurs

Ces règles simples ne s'appliquent qu'aux locaux pour lesquels la norme NF P 06-001 définit les charges d'exploitation ou donne des indications permettant de les définir. Cela concerne les éléments porteurs dont la grande dimension excède de plus de cinq fois la petite dimension ( $b \geq 5a$ ) (voir définition relative aux poteaux).

Les règles ci-après concernent les murs porteurs d'élanement au plus égal à 50 et sont valables pour un feu d'un ou des deux côtés du mur. Les valeurs minimales de  $a$  et  $u$  données dans le tableau ci-dessous doivent être respectées.

Tableau n° 21						
Durée en heures	1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 h	4 h
$a$ (en cm)	10	11	13	15	20	25
$U$ (en cm)	1	2	3	4	6	7

$U$  (en cm) = position du centre de gravité des aciers par rapport à la face extérieure du mur.



## Règles simples pour les murs non porteurs

Ces règles simples ne s'appliquent qu'aux locaux pour lesquels la norme NF P 06-001 définit les charges d'exploitation ou donne des indications permettant de les définir.

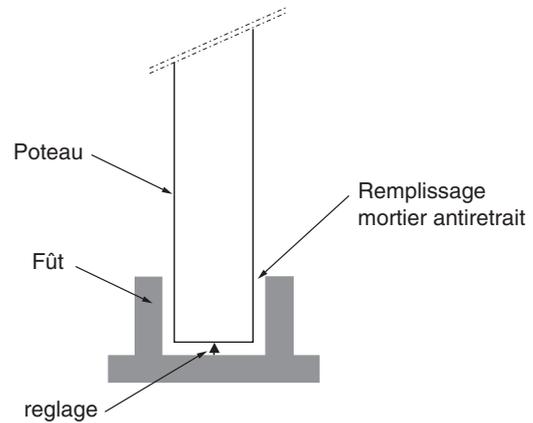
Tableau n° 22						
Durée de résistance au feu	1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 h	4 h
Épaisseur minimale $e$ (en cm)	6	7	9	11	15	17,5
$U$ (en cm)	1	2	3	4	6	8

### 3.1.3 - Dispositions constructives relatives aux poteaux de structure en béton

L'utilisation de poteaux en béton armé ou précontraint dans les murs coupe-feu présente les avantages suivants :

- la possibilité de centrer les torons dans le poteau afin de réduire l'influence de l'exposition au feu pour les grandes durées (enrobage important des torons) ;
- un moment intéressant amené par la précontrainte axiale de la précontrainte ;
- une plus grande rigidité de la structure vis-à-vis des efforts horizontaux ;
- une fissuration quasi inexistante.

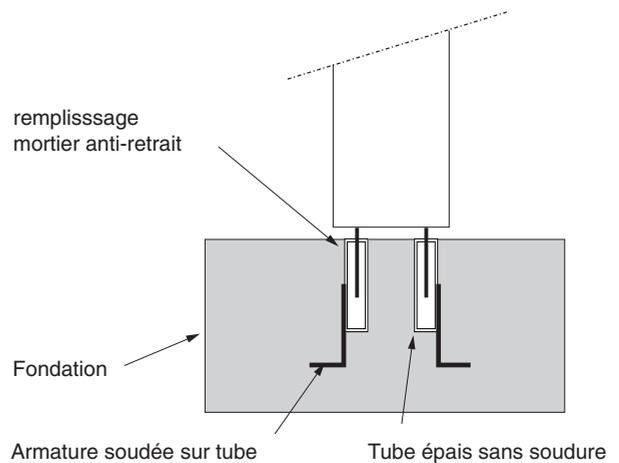
Pour bénéficier pleinement des avantages de la précontrainte, il est recommandé de sceller les poteaux dans des fûts avec une longueur d'encastrement supérieure à la longueur de scellement des torons.



Liaison dans un fût

#### Liaison par système armature

Dans le cas contraire le poteau fonctionne suivant un mécanisme de type béton armé dans la section d'encastrement et sur la zone d'établissement de la précontrainte (c'est le cas des liaisons par système armature).



## 3.2 - Logiciel de calcul

Réalisé par le CSTB, le logiciel de prévision par le calcul de la résistance au feu des structures en béton, **CIM'feu**, permet un calcul facile et rapide.

Le traitement proposé met en œuvre :

- **pour le calcul des températures**, l'approche analytique définie au chapitre 4 du DTU feu-béton ;
- **pour le calcul mécanique**, les principes définis au chapitre 5 du DTU (exception faite des règles simples) ;
- **le recours à la méthode de calcul proposée dans l'EC2 – 1 et 2 (DAN) CIM'feu version 1.0.6.**

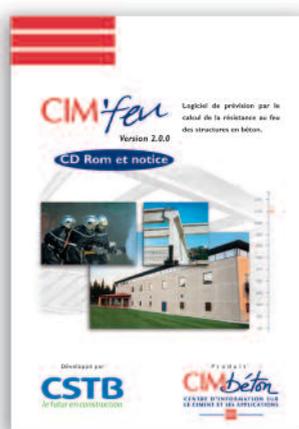
Les justificatifs peuvent être conduits, au choix de l'utilisateur, selon le DTU Feu Béton ou selon l'Eurocode 2 parties 1 et 2. Les structures considérées sont supposées avoir été préalablement dimensionnées et vérifiées à froid.

CIM'feu vise les éléments de structure suivants :

- **les dalles appuyées sur deux ou quatre côtés**, simples ou continues, chargées uniformément ;
- **les poutres simples et continues**, à section rectangulaire ou en T, chargées uniformément ;
- **les poteaux à section rectangulaire**, sollicité en compression centrée ou en flexion composée ;
- **poutres en I (CIM'feu version 2).**



*CIM'feu version 1.0.6*



*CIM'feu version 2.0.0*



Chapitre

# 4

## Les murs séparatifs coupe-feu en béton

**4.1 - Système constructif poteaux,  
poutres et panneaux**

**4.2 - Murs de maçonnerie**

Les murs séparatifs coupe-feu peuvent être réalisés suivant trois systèmes constructifs.

### 4.1 - Système constructif poteaux, poutres et panneaux

- 4.1.1 - Murs constitués de panneaux préfabriqués en béton
- 4.1.2 - Panneaux préfabriqués en béton allégé
- 4.1.3 - Système de panneaux précontraints rotulés
- 4.1.4 - Dalles alvéolées en béton
- 4.1.5 - Panneaux de béton cellulaire
- 4.1.6 - Utilisation du prémur

### 4.2 - Murs de maçonnerie

- 4.2.1 - Blocs de béton (différents types)
- 4.2.2 - Blocs de béton cellulaire



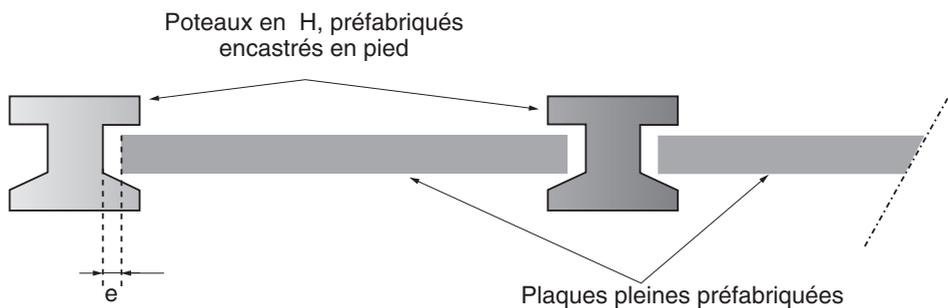
*MSCF 2 h du hall d'assemblage du A 380 à Toulouse (260 m par 35 m de hauteur).*

*Poteaux de 5 m par 3 m, voile béton de 25 cm.*

# 4.1 - Système constructif poteaux, poutres et panneaux

## 4.1.1 - Murs constitués de panneaux préfabriqués en béton

Les panneaux préfabriqués sont associés ou non à des éléments de structure en béton (poteaux et poutres). Les éléments de structure, s'ils existent, assurent la stabilité du mur ainsi constitué. C'est le cas par exemple des plaques pleines ou nervurées préfabriquées, insérées entre poteaux béton préfabriqués (section en H). Les poteaux assurent alors la stabilité du mur sous l'action des forces extérieures (vent, dilatations, etc.) (voir le croquis ci-dessous).



Attention : la longueur (e) d'emboîtement du panneau dans la feuillure du poteau doit être dimensionnée en fonction des actions thermiques.

Les caractéristiques et la mise en œuvre des éléments de murs sont définies dans le DTU 22.1 et les prescriptions techniques des procédés de murs ou gros œuvre (Avis Techniques du GS1). L'emploi de ces éléments est également précisé dans le guide Cimbéton : *Architecture : construire en béton préfabriqué*.

Pour la tenue au feu des éléments préfabriqués, le degré coupe-feu des murs type plaques pleines peut se déduire des règles simplifiées issues du DTU Feu (Règles FB, voir le paragraphe 3.2.2).

La tenue au feu des murs sandwichs peut également être déterminée à partir d'une étude thermique particulière permettant de déterminer la répartition des températures au sein de l'élément. Cette étude peut s'envisager à l'aide d'un logiciel de calcul par éléments finis (logiciels CASTEM 2000, Cosmos, etc.) ou par expérimentation.

La vérification de la tenue mécanique d'un mur en béton armé fait intervenir deux calculs :

- un dimensionnement **à froid** de la section sous sollicitations ultimes et de service ;
- un dimensionnement **à chaud** sous sollicitations accidentelles pour vérifier la stabilité au feu de la structure.

Ces calculs peuvent être réalisés à l'aide du logiciel CIM'feu (voir Références de calcul).



## Exemples de systèmes constructifs

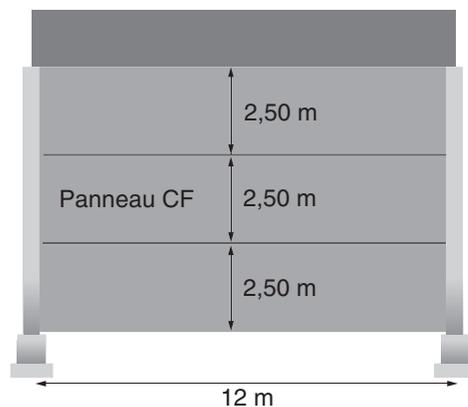
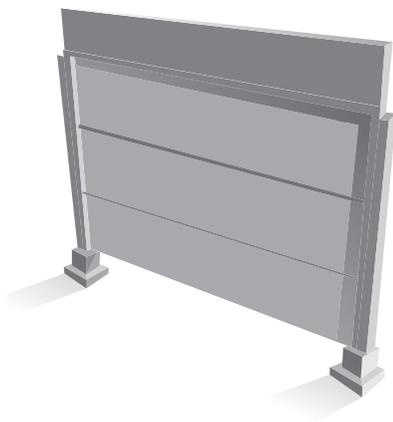
### ▶ Assemblage avec panneaux de grande Longueur



Stabilité au feu : de 1/2 h à 4 h.

Caractéristiques dimensionnelles du panneau :

- épaisseur du panneau : 16 cm ;
- longueur maxi : 12,50 m ;
- largeur standard : 2,50 m ;
- liaison des panneaux : tenon mortaise ;
- suppression des longrines (panneaux posés sur fûts).



### 4.1.2 - Panneaux préfabriqués en béton allégé

**Nature du produit :**

Panneaux préfabriqués en béton d'argile expansée.

**Concept :**

Mur séparatif coupe-feu anti-effraction, résistant aux chocs, monté en complément d'une charpente béton.

Le moulage vertical assure deux faces lisses brutes de coffrage.

**Caractéristiques dimensionnelles du panneau :**

- hauteur : 2,40 m ;
- longueur maximum : 8,00 m ;
- épaisseur : 14 cm pour un degré coupe-feu jusqu'à 4 h.

**Coupe-feu 2 à 4 h  
avec une épaisseur unique de 14 cm**

L'emploi du béton lors de la construction de bâtiments industriels est idéal compte tenu de ses performances mécaniques et sa résistance au feu.

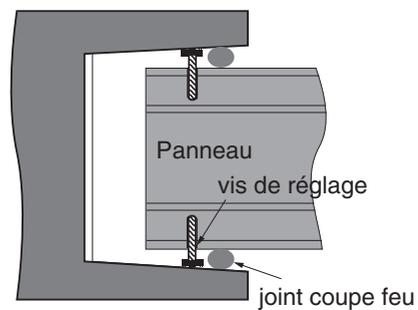
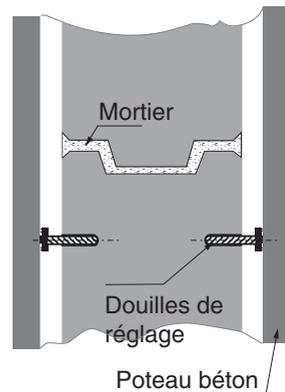
Ces panneaux sont conçus pour un degré coupe-feu de 2 à 4 h avec une épaisseur unique de 14 cm.

Un système d'emboîtement et de jointoiment entre panneaux et poteaux permet d'obtenir la continuité du degré coupe-feu.

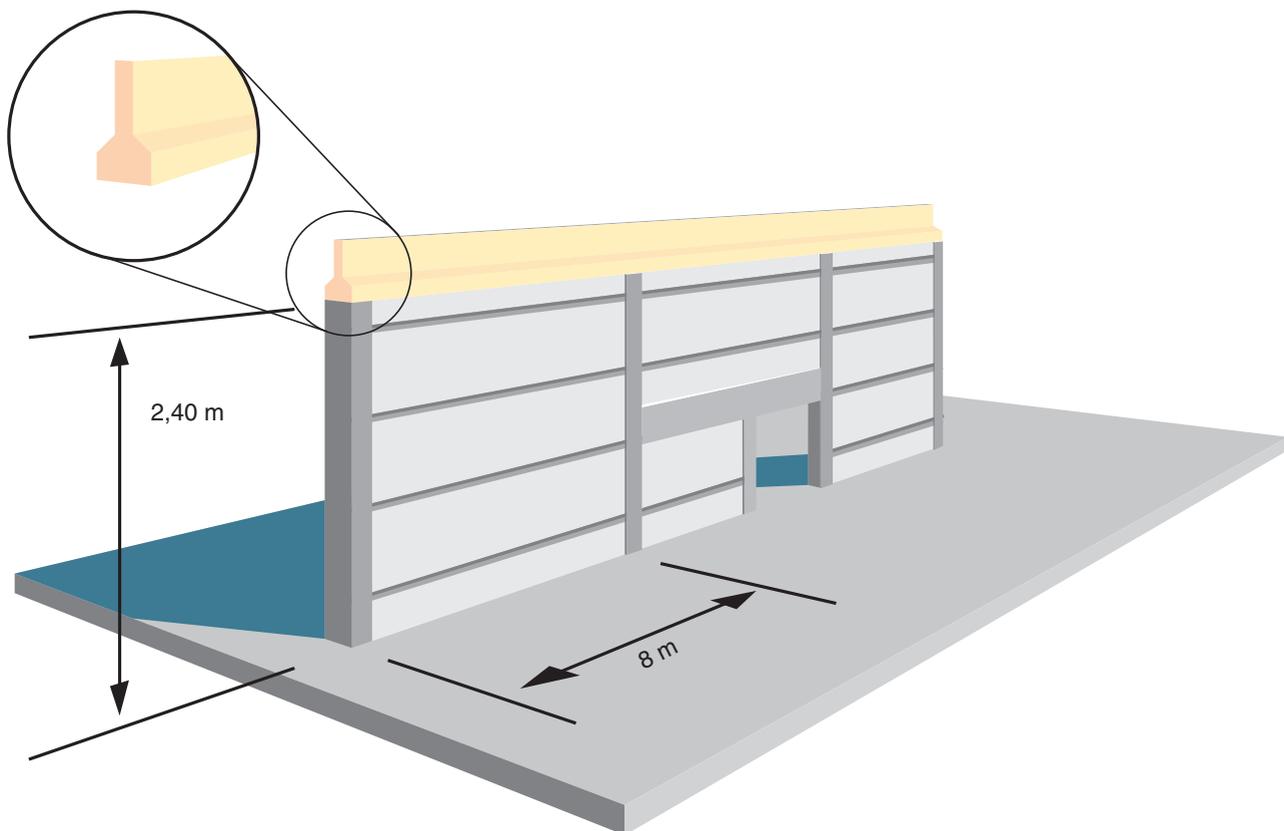
**Trame de 8 mètres pour un allègement optimum de la structure.**

De par sa robustesse, le système permet de réaliser des trames économiques de 8 m de portée entre poteaux.

Détail joint entre panneaux

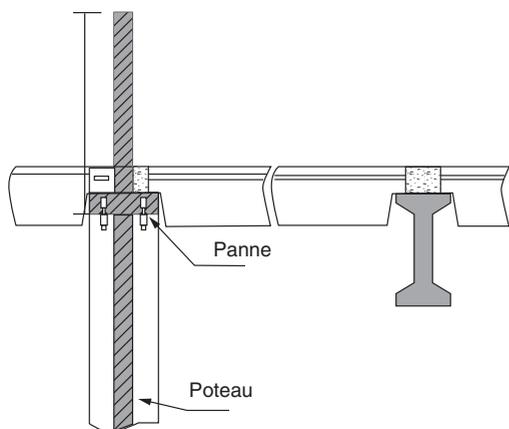


Détail joint sur poteau

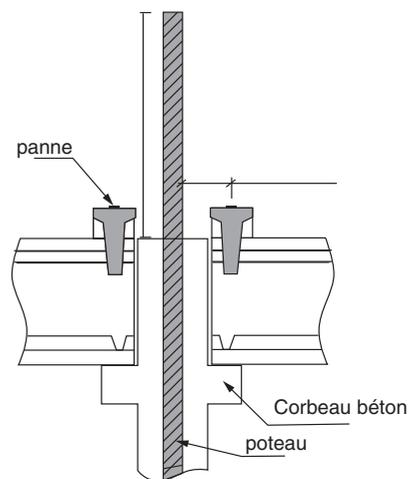


### Intégration des sorties en toiture

La robustesse des panneaux permet d'intégrer les sorties en toiture. Sur un mur coupe-feu parallèle aux pannes, la sortie en toiture est réalisée par le panneau. Dans le cas de murs perpendiculaires, des corbeaux latéraux sur les panneaux permettent d'appuyer les pannes.



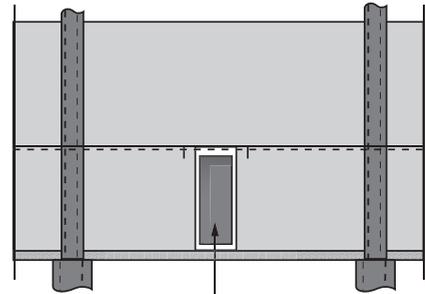
Mur CF porteur de pannes



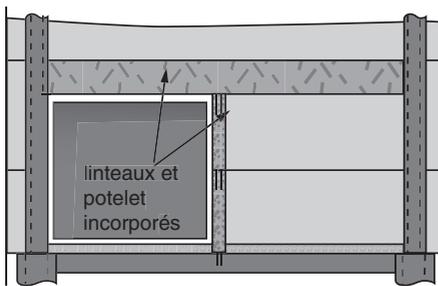
Mur CF non porteur

### Intégration des chevêtres de portes sectionnelles

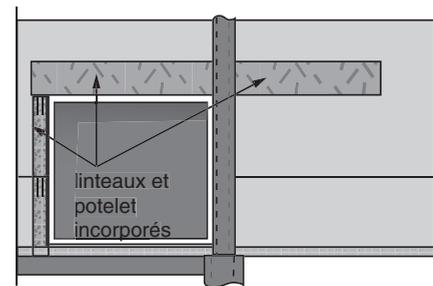
Porte simple ou porte sectionnelle coulissante, ce système permet l'implantation de portes coupe-feu.



Porte simple

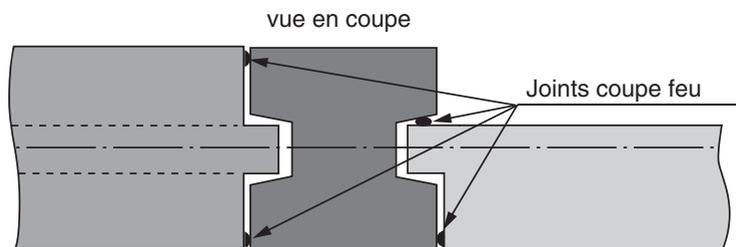


Porte sectionnelle sur une travée



Porte sectionnelle sur deux travées

Les panneaux intègrent les linteaux sur la largeur de la porte en position ouverte et fermée, sur une face ou deux selon le degré coupe-feu du mur.



Coupe feu 4 H

Poteau

Coupe feu 2 H

De plus, une forme de potelet permet l'étanchéité au feu en position fermée sur une ou deux faces, selon la réglementation en vigueur.

### 4.1.3 - Système déposé de panneaux précontraints « rotulés »

---

#### **Nature du produit**

Panneaux et poutres en béton lourd précontraint.

#### **Concept**

Le système est constitué de trois composants :

- un panneau précontraint vertical ;
- une longrine de rotule ;
- deux files de poutres précontraintes.

#### **Caractéristiques dimensionnelles des panneaux :**

- largeur: Ce panneau plein en béton précontraint, est disponible en 2,00 m et 2,40 m ;
- les hauteurs standard sont 6,00 m, 9,00 m et 13,50 m ;
- les épaisseurs 11 cm pour un degré coupe-feu de 2 h  
17,5 cm pour 4 h.

#### **Descriptif**

Le pied du panneau est doté d'une rotule mâle qui se conjugue avec une longrine femelle.

Le panneau assure le dépassement en toiture avec une découpe droite.

Le panneau vertical est disposé entre deux files de poutres en béton qui prennent appui sur les corbeaux des poteaux béton, ce qui assure la stabilité à froid.

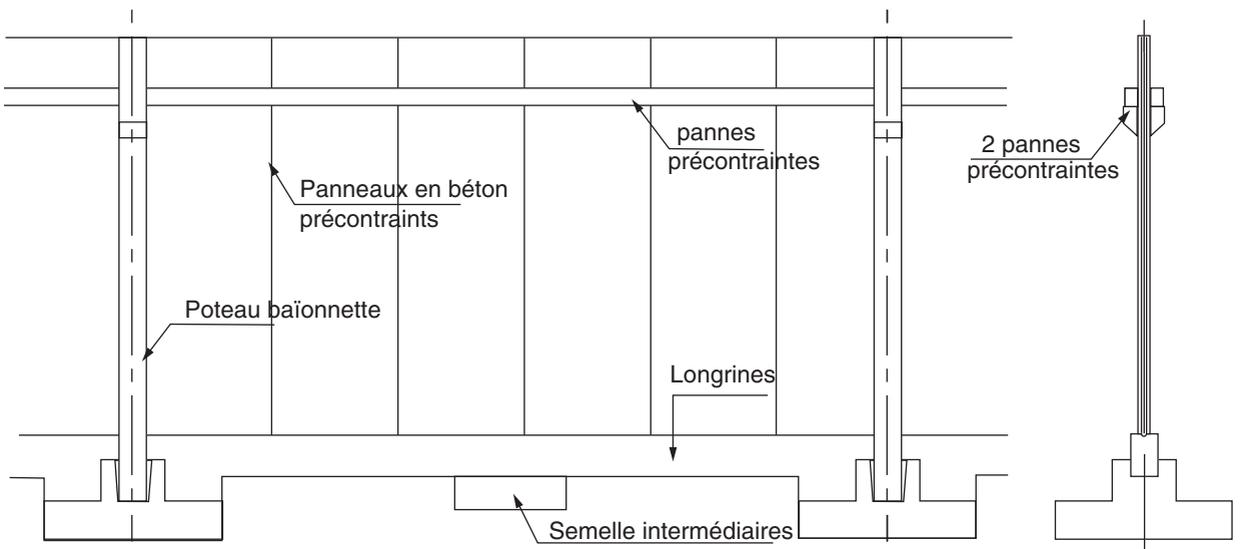
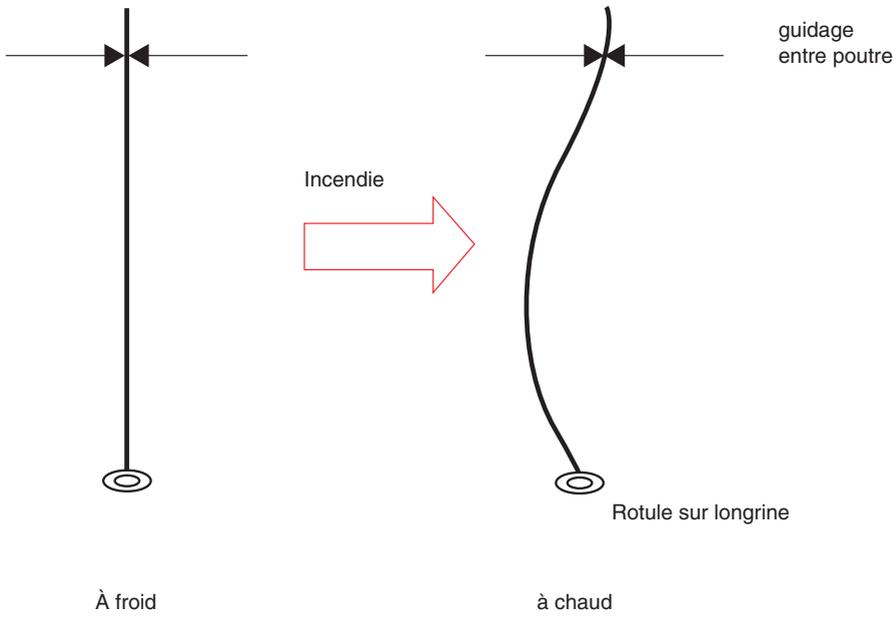
Les liaisons poteau/panneau et panneau/panneau sont assurées par une conjugaison mâle/femelle verticale.

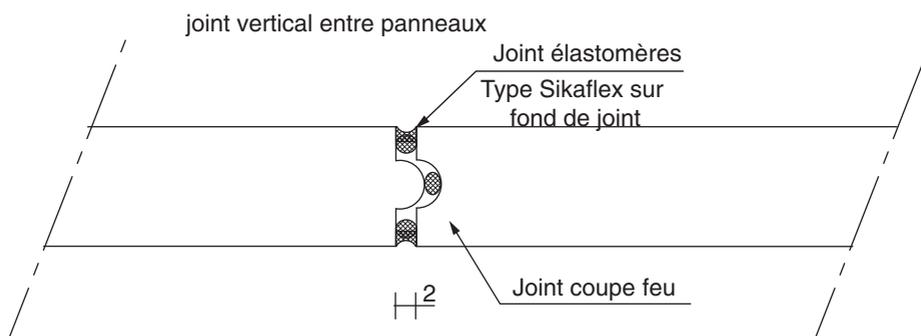
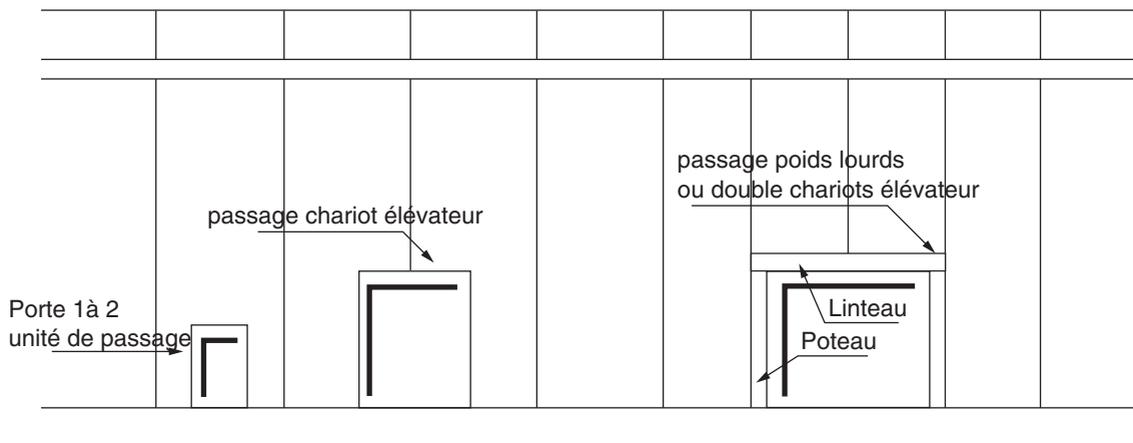
Trois types d'ouvertures sont disponibles :

- passage piétons ;
- chariot élévateur ;
- poids lourd.

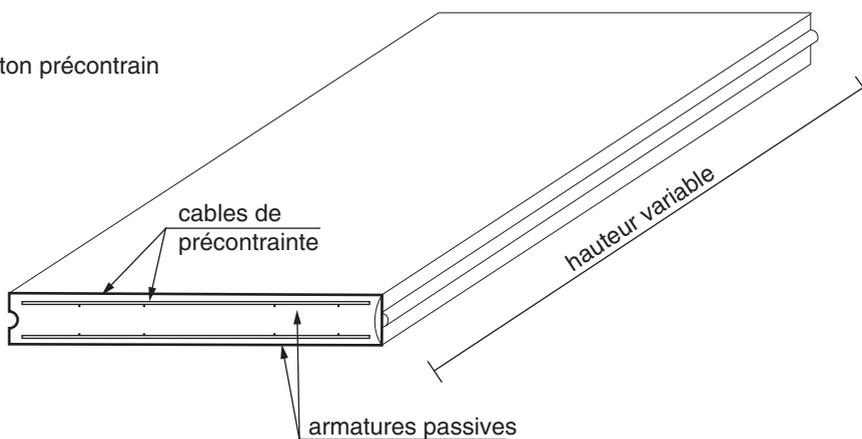
## Chapitre 4 • Les murs séparatifs coupe-feu en béton

Principe de fonctionnement :





Panneau plein en béton précontrain

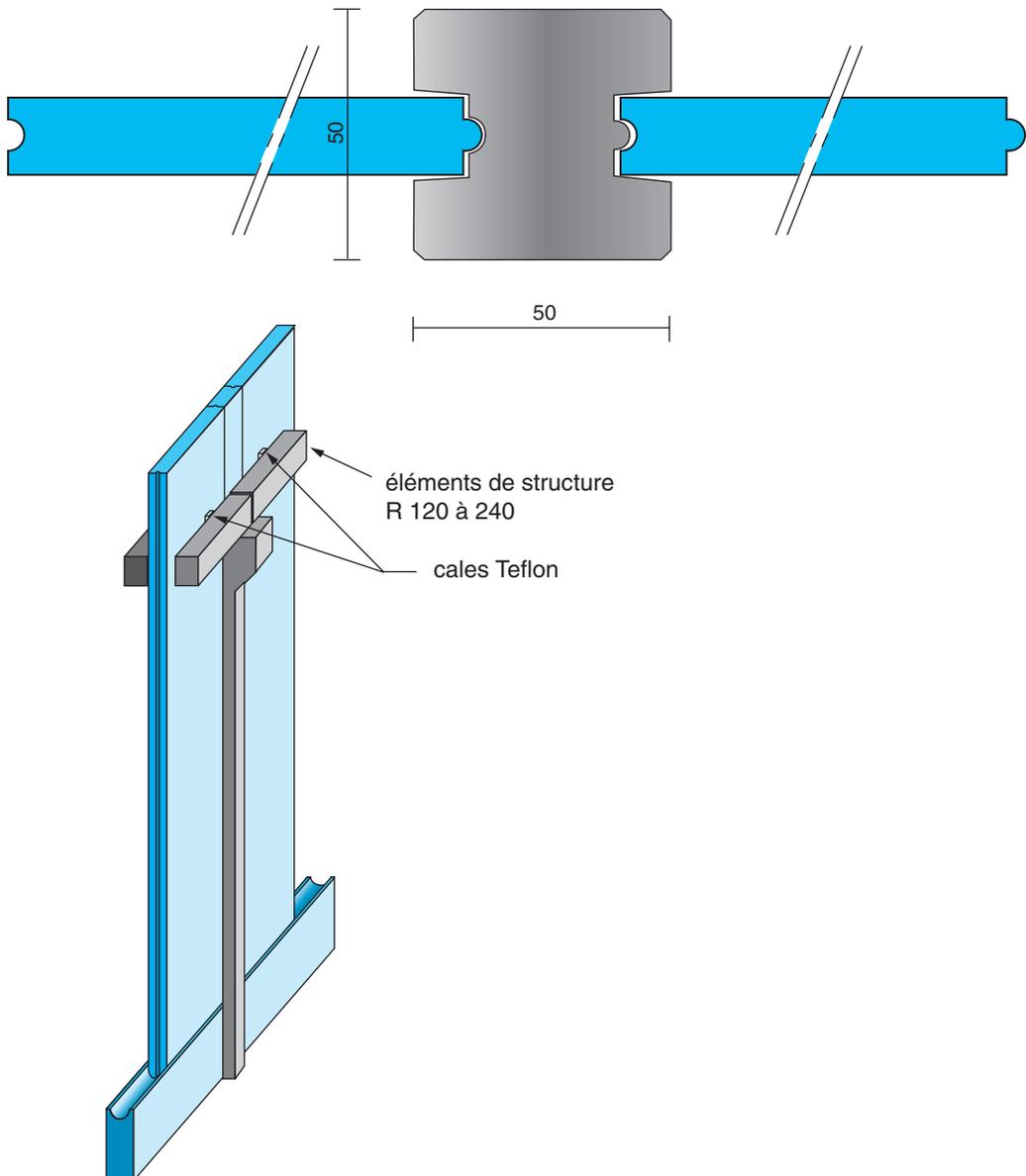


## Chapitre 4 • Les murs séparatifs coupe-feu en béton

Gamme de hauteur et de largeur

	épaisseur : 12/15 cm	épaisseur : 18/20 cm
L x ht	2,00 X 6,00	2,00 X 6,00
	2,00 X 9,00	2,00 X 9,00
	2,00 X 13,50	2,00 X 13,50

Détail de jonction Poteau / Panneaux



## 4.1.4 - Les dalles alvéolées préfabriquées en béton

Les panneaux en dalles alvéolées précontraintes peuvent permettre de réaliser des murs séparatifs coupe-feu.

Il faut pour cela adapter l'épaisseur d'enrobage des torons en fonction du degré coupe-feu requis.

Les panneaux sont habituellement posés verticalement sur une ossature porteuse



## 4.1.5 - Panneaux de béton cellulaire

**Tableau n° 26: caractéristiques techniques des panneaux de béton cellulaire**

<b>Épaisseur</b>	<b>cm</b>	<b>15</b>	<b>17.5</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
<b>Longueur standard</b>	cm	600	600	600	600	600
<b>Longueur maxi</b>	cm	630	670	670	750	750
<b>Largeur</b>	cm	Standard 60 et 62,5 – sur commande 75				
<b>Masse volumique</b>	kg/m <sup>3</sup>	450 à 600				
<b>Résistance à la compression</b>	MPa	3,5 à 5,4				
<b>Armatures</b>		FeE 500				
<b>Poids propre de calcul</b>	kg/m <sup>2</sup>	90	105	120	150	180

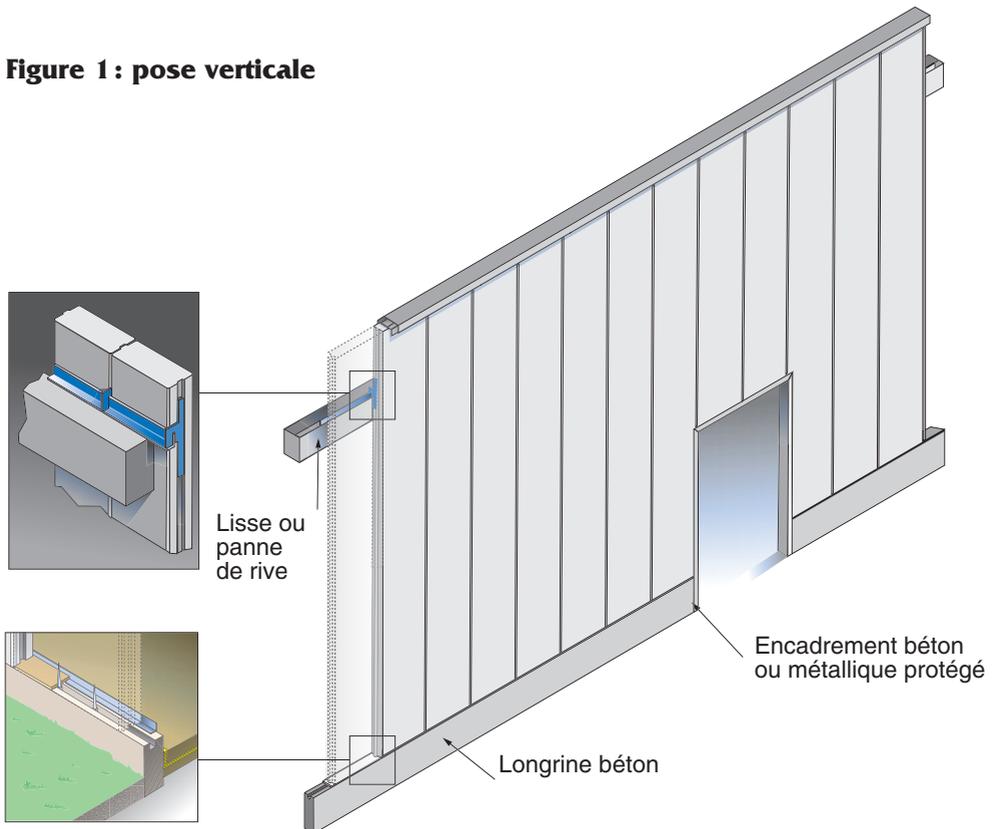
Les panneaux de béton cellulaire sont des éléments autoporteurs armés utilisés en façades, en murs intérieurs ou en murs coupe-feu.

La pose aussi bien à l'horizontale qu'en vertical, se réalise sur une structure porteuse.

La pose des panneaux est faite par emboîtement conformément à un cahier des charges. L'appui minimum des panneaux sur l'ossature est de 4 cm. Les panneaux reposent en pied sur une longrine en béton armé.

En pose verticale, l'accrochage en pied se fera à l'aide de clous spéciaux enfoncés à mi-épaisseur du panneau et dont les têtes sont scellées dans une engravure de la longrine. En tête et en partie intermédiaire, l'accrochage se fait à l'aide de fixations métalliques (protégées dans le cas de murs coupe-feu).

**Figure 1 : pose verticale**



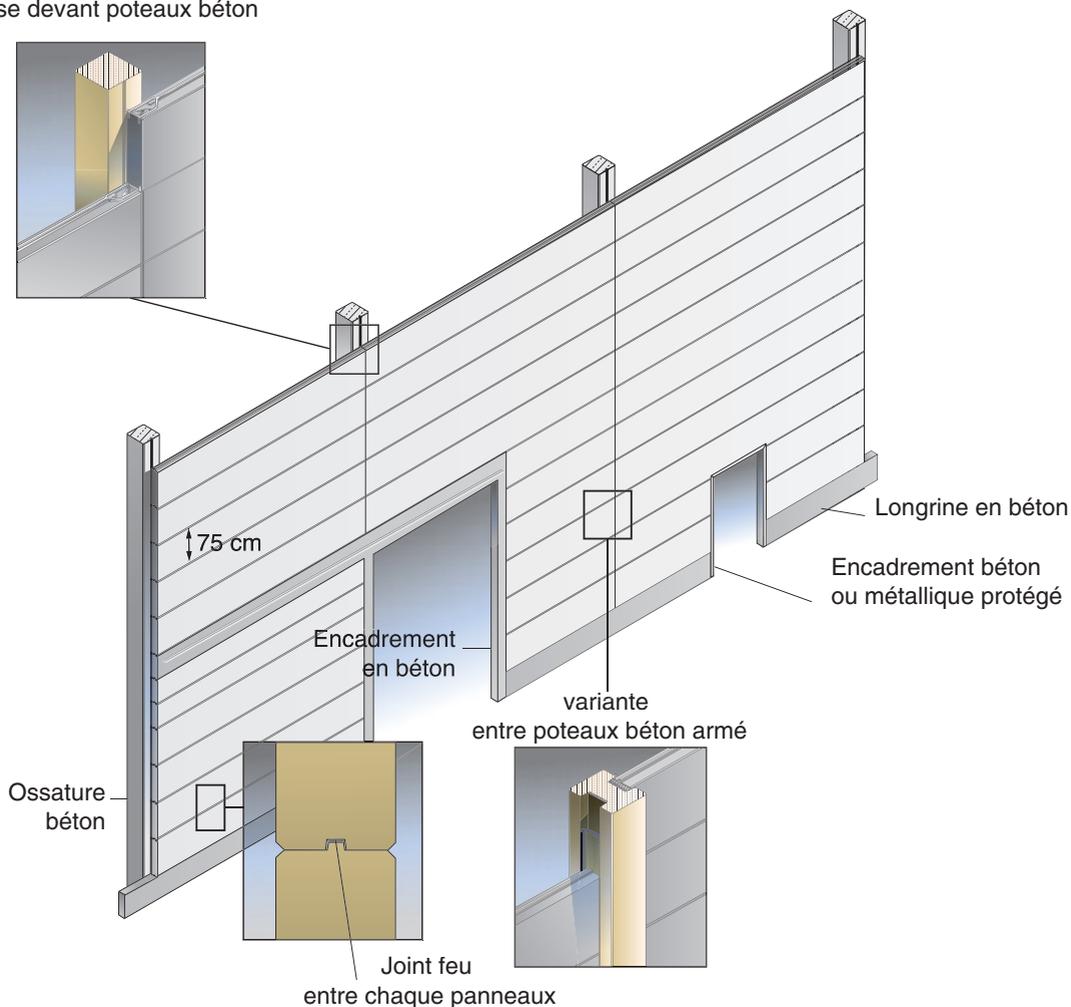
La pose des anneaux doit être conforme au cahier des charges Socotec FX 3039.

Le traitement des joints verticaux se fait à l'aide d'un mastic plastique label SNJF (dans le cas de mur CF le joint est réalisé avec un joint en fibres minérales, voir figure 1).

En pose horizontale, les dalles peuvent être posées devant poteaux ou entre poteaux (c'est la solution la plus fréquente pour les murs séparatifs CF, les poteaux en béton ont une section en H).

## Figure 2 : pose horizontale

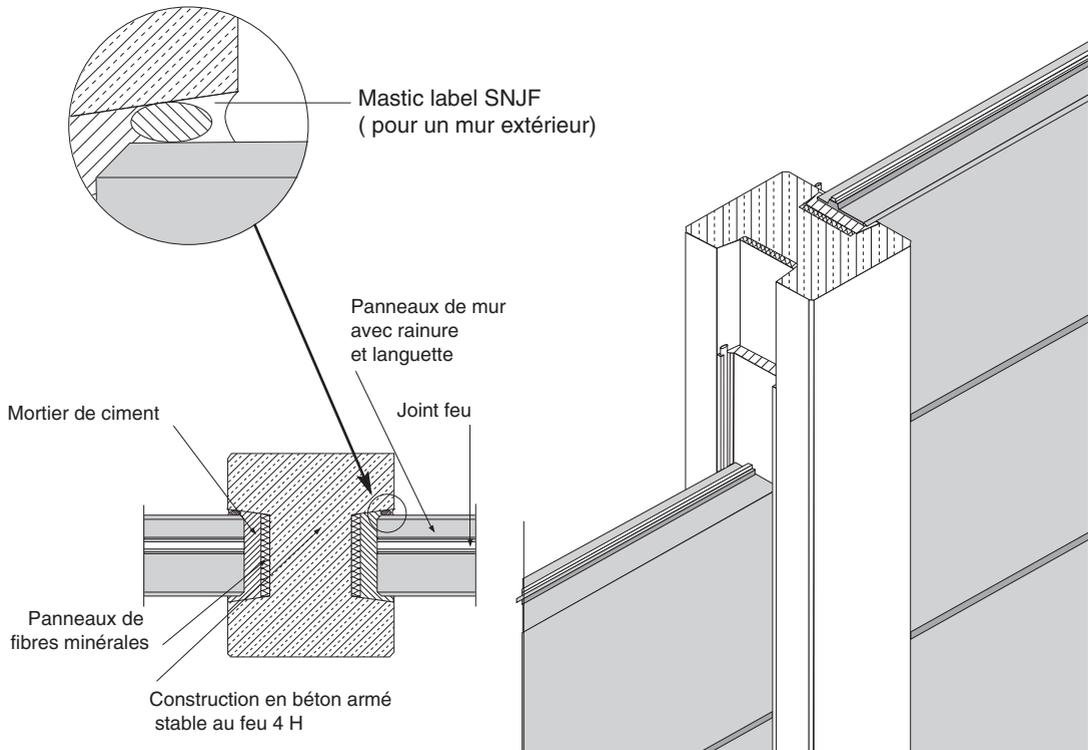
Pose devant poteaux béton



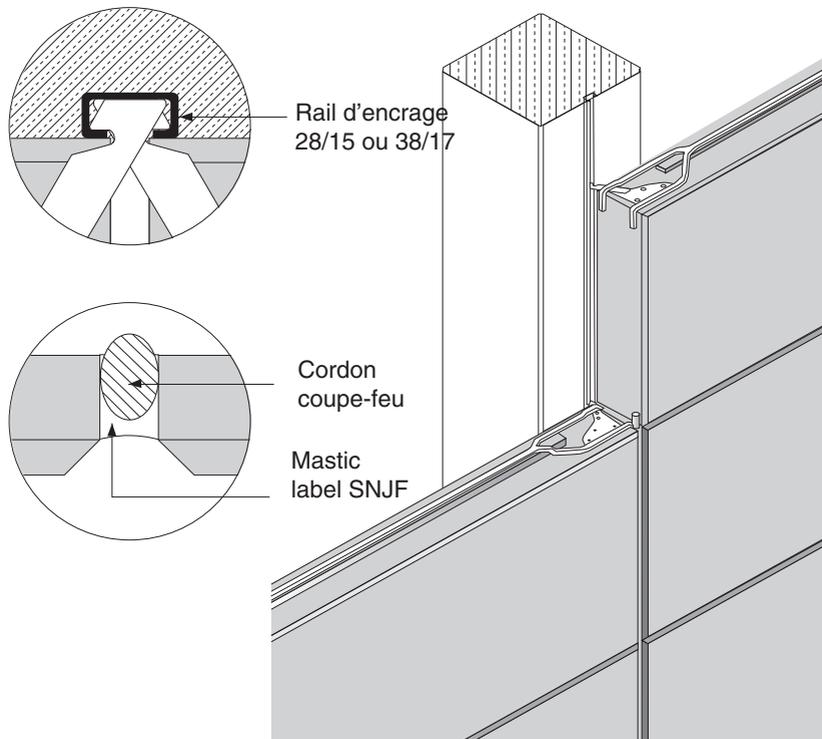
Le joint horizontal entre dalles est réalisé avec un joint mastic ou avec un cordon de mousse ignifugée dans le cas des murs CF (voir figure 2).

**Détails de liaisons avec les poteaux**

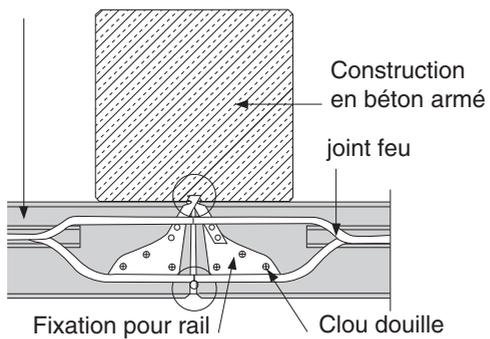
**Entre poteaux**



## Sur poteaux



Panneaux de mur  
avec rainure et languette



La tenue au feu est déterminée expérimentalement suivant des essais réalisés en laboratoires agréés qui délivrent des PV.

**Tableau n° 27**

<b>Produit</b>	<b>Type de montage</b>	<b>Degré coupe-feu</b>	<b>N° du PV</b>
<b>MUR EN PANNEAUX DE 15 cm</b>	POSE HORIZONTALE Entre et devant poteaux	6 h Hauteur du mur 24 mètres	PV N° RS 00-204
<b>MUR EN PANNEAUX DE 15 cm</b>	POSE VERTICALE Devant ossature	3 à 6 h Suivant joint entre panneaux et extension	PV N° 97-U-040
<b>PANNEAUX DE TOITURE</b>	Pose en dalle de plancher ou de toiture	2 à 4 h Suivant enrobage des aciers	PV N° RS 01-166

### 4.1.6 - Utilisation de prémur

#### **Nature du produit**

Ce système est constitué de deux parois de 5 à 7 cm espacés et reliés par des raidisseurs. Il cumule les avantages de la préfabrication et des méthodes traditionnelles en préservant un noyau coulé en place permettant de simplifier et d'optimiser les clavetages.

#### **Caractéristiques dimensionnelles :**

- L x H ou H x L : jusqu'à 3,70 m x 12,40 m ;
- épaisseur de 18 à 40 cm ;
- poids de l'ordre de 280 à 300 kg/m<sup>2</sup> ;
- CF de 2 h à 4 h en standard.

#### **Principe de dimensionnement**

Le système est considéré comme un mur à coffrage intégré, de ce fait, il se calcule à froid et à chaud suivant les règlements usuels de calcul et suivant sa section complète.

## Descriptif

La réalisation de murs coupe-feu à l'aide de prémur peut se concevoir suivant trois types de structures :

Type 1 prémurs horizontaux associés à une structure porteuse type poteaux/poutres béton qui assure la stabilité globale de l'ouvrage. Ce procédé est essentiellement utilisé pour des constructions neuves ;

Type 2 prémurs verticaux rotulés en pied sur une fondation filante et rotulé en tête par des goujons fusibles fixés sur un chaînage intégré aux prémurs. Ce procédé est plus couramment utilisé sur des extensions de bâtiment existant ;

Type 3 prémurs verticaux en console encastrés en pied et indépendant des structures avoisinantes.

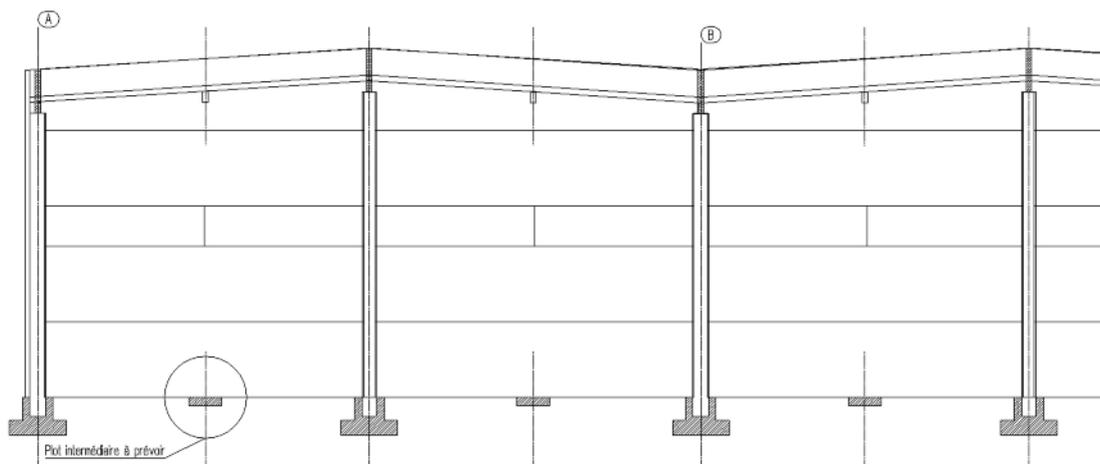
## Illustration des différents types de structures

### Type 1 Trame de 12 m

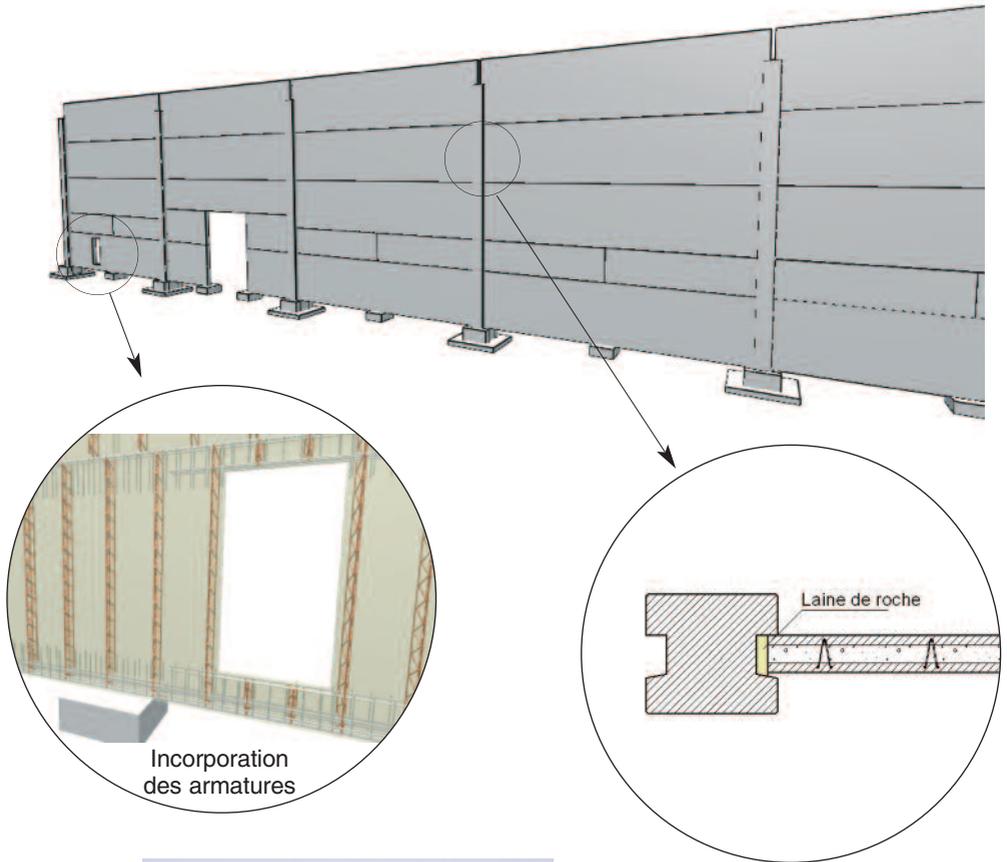
Épaisseur courante de 20 cm pour CF 2 h

Caractéristiques :

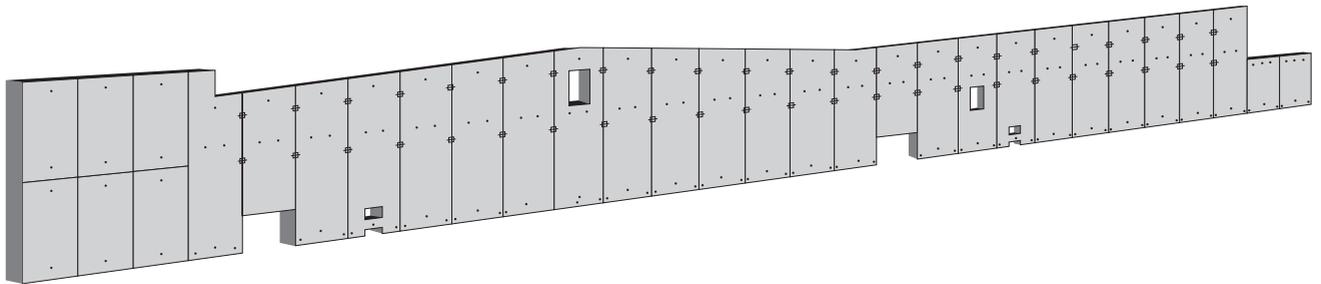
- parement lisse 2 faces ;
- suppression de la longrine ;
- intégrations complètes des renforts liés aux points spécifiques (portes, linteaux, etc.) ;
- suppression des traitements de joints entre prémurs grâce à la présence du noyau coulé en place.



Trame de 12 m

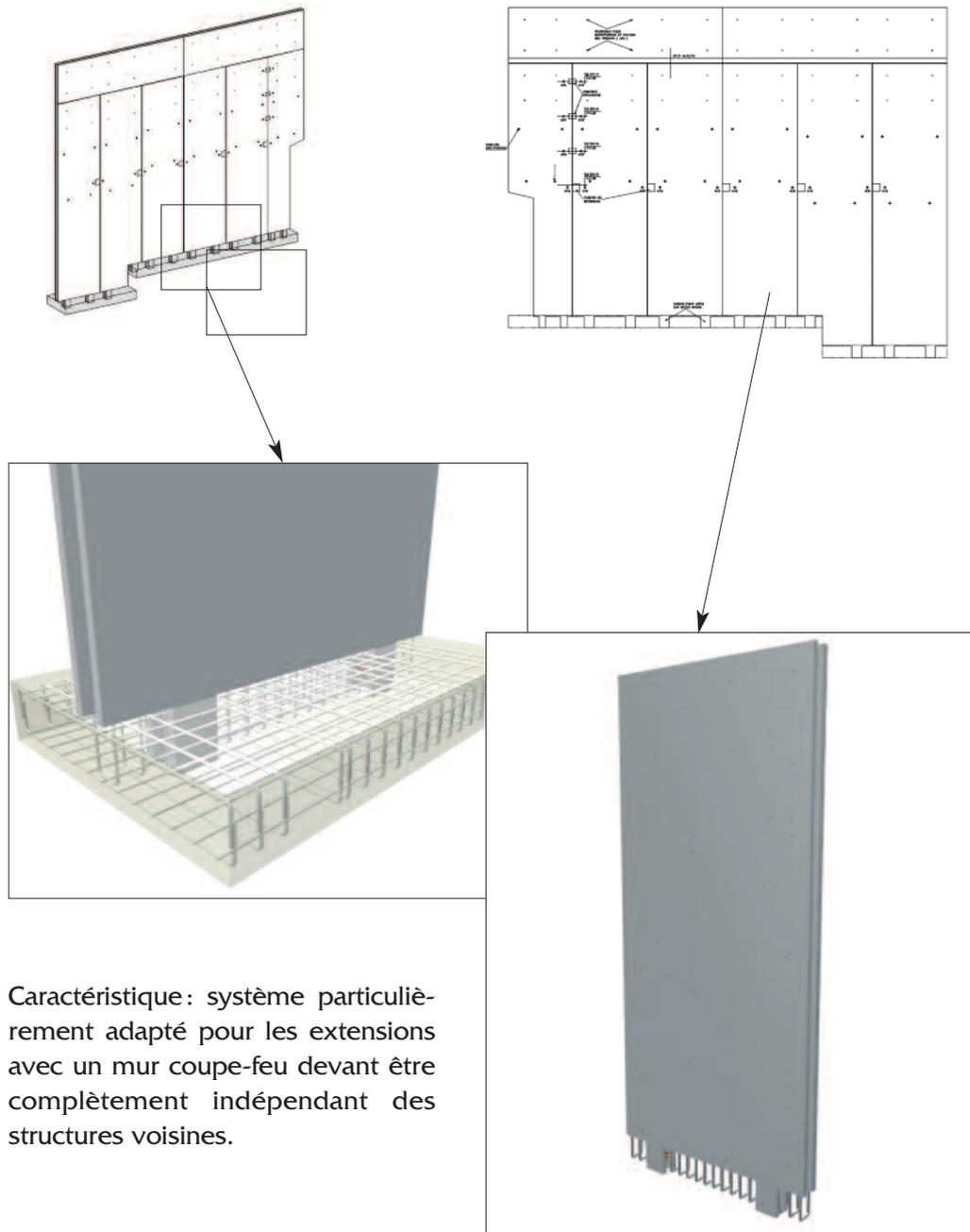


**Type 2**  
Épaisseur courante de 20 cm  
pour CF 2 h.



**Type 3**

Épaisseur courante de 25 à 36 cm pour CF 2 h en fonction de la hauteur du voile



# 4.2 - Murs de maçonnerie

## 4.2.1- Les blocs de béton

Les blocs (pour mur et cloison), généralement parallélépipédiques, sont produits industriellement en béton homogène, non armé, pour être montés sur chantier à l'aide de joints de mortier.

Les blocs les plus couramment utilisés sont estampillés d'une marque NF. Ils sont dits « de granulats courants » lorsque la masse volumique réelle du béton est supérieure à 1 700 kg/m<sup>3</sup>, « de granulats légers » autrement.

On distingue trois catégories de blocs, selon l'importance de la surface d'alvéoles :

- blocs pleins (sans alvéoles) ;
- blocs perforés (section nette > 80 % section brute) ;
- blocs creux (section nette > 60 % section brute).

Classification des blocs suivant leur résistance minimale garantie R, rapportée à la section brute suivant le tableau ci-dessous.

**Tableau n° 28 : classification des blocs suivant leur résistance minimale garantie R**

Caractéristiques mécaniques		Blocs creux			Blocs pleins et perforés		
		B40	B60	B80	B80	B120	B160
<b>Granulats Courants</b>	Classe	B40	B60	B80	B80	B120	B160
	R (MPa)	4	6	8	8	12	16
<b>Granulats légers</b>	Classe	L25	L40	-	L35	L45	70
	R (MPa)	2.5	4	-	3.5	4.5	7

### Références normatives des blocs traditionnels

- NF P 14-100 : blocs en béton pour murs et cloisons : définitions ;
- NF P 14-1-402 : blocs en béton pour murs et cloisons : dimensions ;
- NF P 14-301 : blocs en béton de granulats courants ;
- NF P 14-304 : blocs en béton de granulats légers ;
- NF P 14-102 : blocs en béton destinés à rester apparents.

Les dimensions sont définies par la norme NF P 14-402. Cette norme fixe pour l'ensemble des blocs en béton montés à joints épais de mortier ou à joints minces en mortier colle et destinés à être enduits.

1. Les dimensions de coordination modulaire (en application des normes NF P 01-001 et NF P 01-101).
2. Les dimensions de fabrication qui diffèrent des précédentes de l'épaisseur des joints et des enduits.
3. Les dimensions effectives (qui tiennent compte des tolérances de fabrication).

**Tableau n° 29: hauteur maximale libre du mur H (m) en fonction de l'élançement ( $\lambda$ )**

Élançement $\lambda$ H/e	Épaisseur e des blocs (cm)						
	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30
15	2.25	2.63	3.00	3.38	3.75	4.13	4.50
16	2.40	2.80	3.20	3.60	4.00	4.40	4.80
17	2.55	2.98	3.40	3.83	4.25	4.68	5.20
18	2.70	3.15	3.60	4.05	4.50	4.95	5.40
19	2.85	3.33	3.80	4.28	4.75	5.23	5.70
20	2.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00

### Dimensionnement et stabilité mécanique

L'épaisseur et la classe des blocs à utiliser dépendent de deux facteurs :

- le type de maçonnerie et ses dimensions ;
- les sollicitations mécaniques (descente de charges).

Ces caractéristiques étant déterminées, on peut calculer les contraintes en partie courante pour les comparer aux contraintes admissibles ou à la portance de la paroi.

La stabilité mécanique dépend de deux facteurs.

- L'élançement  $\lambda$  (rapport de la hauteur libre entre plancher (H) sur l'épaisseur brute du mur porteur (e) suivant tableau ci-dessous) limité à 20 pour les murs porteurs (limité à 30 dans le cas de mur de remplissage, avec une hauteur maximum de 4,5 m entre raidisseurs. Pour les hauteurs > 4,50 m une vérification au vent doit être faite).
- La nature du cas de charge :
  - centré (murs de refend intérieurs, etc.) ;
  - excentré (murs de façade, etc.).

La contrainte admissible C, supposée uniforme en partie courante pour une paroi porteuse, vaut :  $C = R/N$

avec :

**R**: résistance nominale à l'écrasement du matériau constitutif

**N** coefficient de sécurité (différent selon le type de maçonnerie)

**Tableau n° 30: Contraintes normales admissibles**

Élancement $\lambda = H/e$	Coefficient de sécurité pour charges		L35 Granulats légers		B40 Granulats normaux	
			Valeurs admissibles			
	Centrées	excentrées	MPa e = 15	KN/m	MPa e = 20	KN/m
15	6.0	8.0	0.58 0.44	87.5 65.6	0.67 0.50	133.3 100.0
16	6.4	8.6	0.55 0.41	81.8 61.3	0.62 0.47	124.6 93.5
17	6.8	9.0	0.52 0.39	77.4 58.1	0.59 0.44	118.0 88.5
18	7.2	9.6	0.49 0.36	72.9 54.7	0.56 0.42	111.1 83.3
19	7.6	10.2	0.46 0.34	68.9 51.7	0.52 0.39	105.0 78.7
20	8.0	10.6	0.44 0.32	65.8 49.3	0.50 0.38	100.3 75.2

La tenue au feu des maçonneries est généralement déterminée expérimentalement. Les essais suivants, dont le CERIB est détenteur des procès verbaux, ont été réalisés par le CSTB selon les dispositions de l'arrêté du 03/08/1999. Ils donnent pour les maçonneries non enduites, les différents degrés de résistance au feu utilisables.

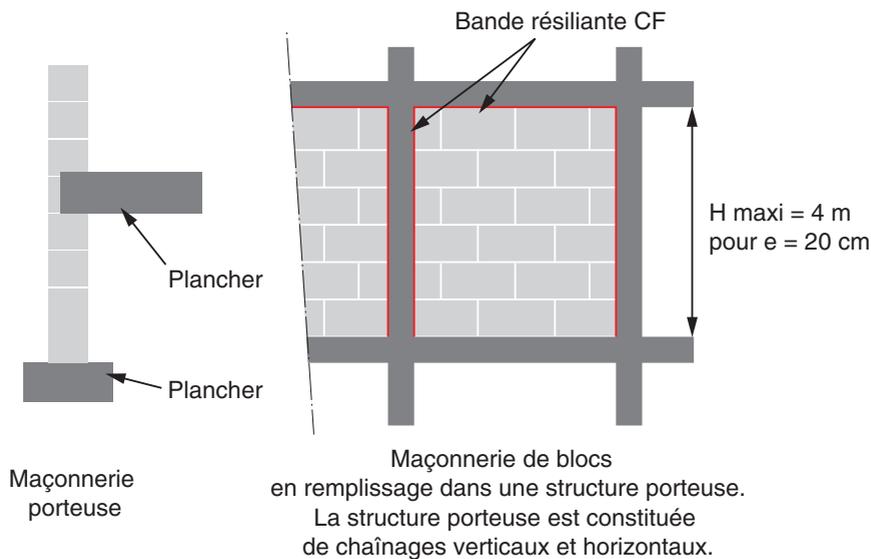
**Tableau n° 31: tenue au feu des maçonneries**

	dimensions des blocs	type de bloc	classe de résistance	degré CF	degré PF	degré SF	n° du PV d'essai
<b>Murs non porteurs</b>	10 x 20 x 50	creux	B 40	0h30	1 h	-	CSTB RS 99.050
	10 x 20 x 50	plein	B 80	1 h 30	6 h	-	CSTB 92.33.345
	20 x 20 x 50	creux 2 rangées d'alvéoles	B 40	1 h 30	4 h	-	CSTB RS 01.095
	20 x 20 x 40	Creux apparent <sup>(1)</sup>	P 60	2 h	6 h	-	CSTB RS 01.096
<b>Murs porteurs</b>	15 x 20 x 50	Creux 1 rangée d'alvéoles	B 40	1 h 30	3 h	4 h	CSTB 85.22776
	15 x 20 x 50	creux 2 rangées d'alvéoles	B 40	2 h	6 h	6 h	CSTB 85.22030
	20 x 20 x 50	creux 2 rangées d'alvéoles (parois épaisses)	B 40	2 h	4 h	4 h	CSTB 2002
	20 x 25 x 50	creux à emboîtement <sup>(2)</sup>	B 40	2 h	6 h	6 h	CSTB 91.31532
	15 x 20 x 50	perforé	B 80	3 h	6 h	6 h	CSTB 86.24014
	20 x 25 x 50	perforé	B 80	3 h	6 h	6 h	CSTB 90.30453
	17,5 x 20 x 50	perforé	B 80	4 h	6 h	6 h	CSTB 86.24013
	20 x 20 x 50	perforé	B 120	6 h	6 h	6 h	CSTB RS 97.023
20 x 20 x 40	plein	B 160	6 h	6 h	6 h	CSTB 93.35280	

1 : avec voile de pose (alvéoles non débouchantes)  
2 : avec joint vertical central rempli

### **Maçonneries de blocs utilisés comme paroi coupe-feu**

La paroi coupe-feu peut-être constituée d'une maçonnerie porteuse ou autoporteuse, associée ou non à la structure. Elle peut par exemple être constituée d'un panneau de remplissage inséré entre différents éléments structuraux (poteaux et poutres). Dans ce cas la maçonnerie doit être montée sur bandes résilientes coupe-feu pour permettre sa libre dilatation.



Le dimensionnement et la mise en œuvre de ces éléments se font conformément aux règles DTU 20.1 (le DTU 20.1 ne vise pas le feu).

Des joints de dilatation et de retrait sont nécessaires dans les maçonneries de grande surface.

#### **Pour les murs porteurs**

La distance entre deux joints successifs, ou entre l'extrémité du bâtiment et le premier joint, est de :

- 20 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température ;
- 35 m dans les régions humides et tempérées.

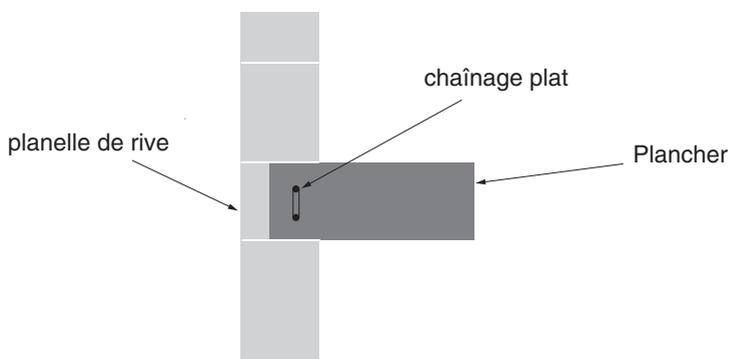
#### **Pour les constructions en bloc de remplissage**

L'espacement des joints de dilatation et de retrait est de :

- 20 à 35 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température ;
- 30 à 35 m dans les régions humides et tempérées.

## Les chaînages

Un chaînage horizontal, continu, en béton armé, ceinture la construction à chaque plancher ainsi qu'en couronnement, reliant la façade aux refends. Sa section transversale est restreinte pour limiter des désordres éventuels. Une planelle, de même nature que la maçonnerie est souhaitable en rive.



Un chaînage vertical est réalisé à chaque angle des maçonneries, dans la hauteur du dernier étage quand le dernier plancher est en béton armé ou précontraint.



Des recouvrements des chaînages horizontaux entre eux et avec les chaînages verticaux sont impératifs (recouvrement des armatures par des barres en équerre).

Il existe des blocs spéciaux dits blocs d'angle ou bloc d'about de plancher qui facilitent la mise en œuvre de ces chaînages.

Les joints verticaux entre blocs doivent être remplis (dérogation possible avec justification du comportement au feu par essai).

L'enduit peut améliorer la tenue au feu. Dans ce cas il faut calculer le degré CF équivalent. À titre d'exemple, 2,5 cm de mortier correspondent à un complément de tenue au feu d'environ un quart d'heure.

### 4.2.2 - Les blocs et carreaux de béton cellulaire

---

Les blocs sont destinés à la réalisation de murs porteurs ou de remplissage coupe-feu.

**Tableau n° 32 : caractéristiques techniques**

Masse volumique nominale kg/m <sup>3</sup>	400	450	500	600
Résistance caractéristique nominale à la compression MPa Suivant NF P 14-306	3	3,5	4	5

Des éléments de chaînage verticaux et horizontaux participent à la stabilité de l'ouvrage et permettent de réaliser des murs coupe-feu de grande hauteur et de grande longueur.

Pour les blocs les chaînages horizontaux doivent être distants au maximum de 3 m et la longueur entre les raidisseurs verticaux doit être inférieure ou égale à 40 fois l'épaisseur.

L'élanement L (rapport de la hauteur libre sur l'épaisseur du mur) peut varier de 15 à 20. Au-delà de 20 pour les murs porteurs une justification est à prévoir.

Suivant le DTU 20-1 pour les murs assemblés avec un mortier colle certifié, les coefficients de sécurité sont les suivants :

- charges centrées :  $\delta = 6$
- charges excentrées :  $\delta = 5,5$

**Tableau n° 33 : charges admissibles sur mur porteur de 20 cm en béton cellulaire**

Élanement $L = H/ép.$	Coefficient de sécurité		$R_c = 3 \text{ MPa}; M_v = 400 \text{ kg/m}^3$		$R_c = 5 \text{ MPa}; M_v = 600 \text{ kg/m}^3$	
			Charge admissible T/ml		Charge admissible T/ml	
15	6		10		16,66	
		5,5		10,90		18,20
18	6		8,30		13,90	
		5,5		9,10		15,10
20	6		7,50		12,50	
		5,5		8,20		13,70

Les carreaux sont destinés à la réalisation de cloisons de distribution (locaux sensibles au feu) ou d'habillage coupe-feu (gaines techniques, cages d'ascenseur ou d'escalier, etc.) et réhabilitation.

Les dimensions maximales des cloisons sont indiquées dans le tableau suivant.

La pose des blocs et des carreaux de béton cellulaire doit être conforme au DTU 20.1.

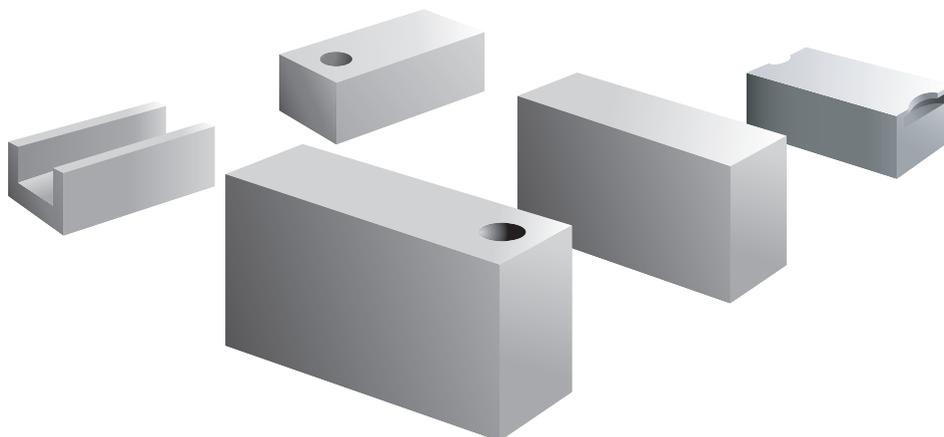
**Tableau n° 34: dimensions maximales des cloisons**

Épaisseur (cm)	Hauteur (m)	Longueur (m)	Surface (m <sup>2</sup> )
7	2,60	5,00	10
10	3,20	6,00	15
12,5	3,80	7,00	20
15	4,40	8,00	22,5

La tenue au feu est déterminée expérimentalement suivant des essais réalisés au CSTB.

**Tableau n° 35: tenue au feu**

	Hauteur (cm)	Longueur (cm)	Épaisseur (cm)	Degré CF	PV d'essai
<b>Murs en bloc</b>	25	62.5	15	6 h	CSTB RS 01.104
	25	62.5	20	6 h	CSTB RS 01.105
<b>Cloisons en carreaux</b>	25	50	7	1 h30	CSTB RS 00.096
	25	50	10	3 h	CSTB RS 00.097
<b>Panneaux de toiture</b>	Pose en dalle de plancher ou de toiture			2 à 4 h suivant enrobage des aciers	CSTB RS 01-166





Chapitre

5

Les façades  
à fonction  
d'écran thermique

La façade écran thermique est stable au feu et doit respecter les critères d'isolation thermique (limitation du flux radiatif) défini dans l'arrêté type 1510 (Z1 ; Z2).

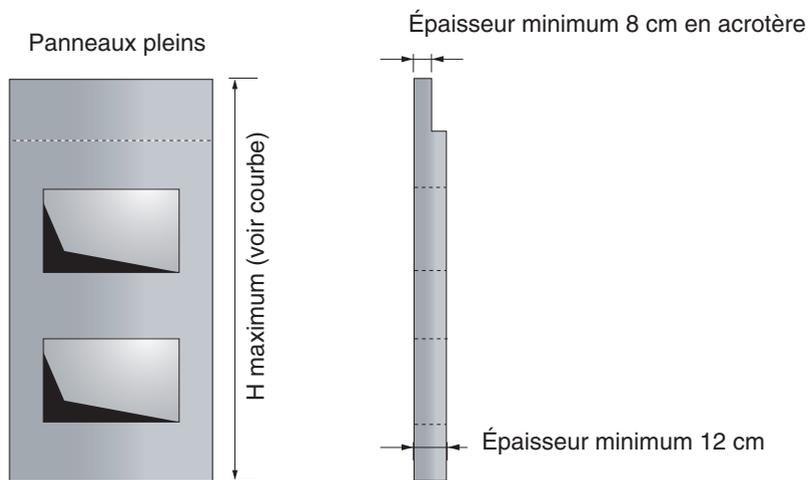
En complément des éléments décrits pour les murs coupe-feu, il faut ajouter les panneaux suivants.

### ▶ **Les panneaux architectoniques (panneaux du type plaque pleine ou nervurée conforme au DTU 22.1)**

Ce sont des panneaux dont la face extérieure assure l'aspect fini de la façade. L'aspect fini est obtenu soit par moulage sur une peau coffrante structurée, soit par traitement du béton avant ou après durcissement de ce dernier.

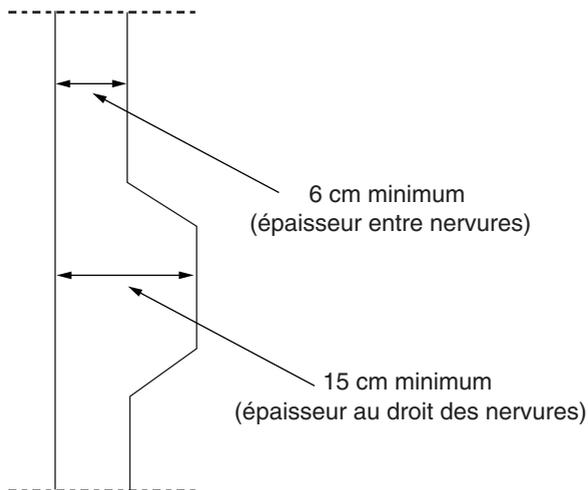
Leurs largeurs courantes vont de 6 à 8 m pour une hauteur d'étage de bâtiment (des hauteurs plus importantes peuvent être réalisées).

### Panneaux pleins



Exemple d'un panneau avec deux ouvertures

## Panneaux nervurés



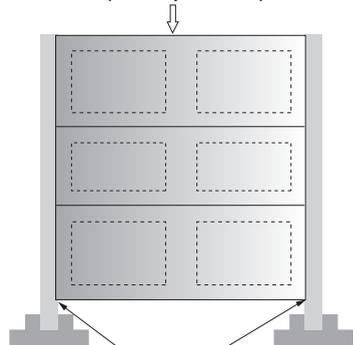
Les épaisseurs doivent être adaptées en fonction du degré coupe-feu recherché.

Les nervures permettent d'augmenter la raideur des panneaux sans en augmenter considérablement le poids.

Les panneaux nervurés s'utilisent aussi bien verticalement qu'horizontalement :

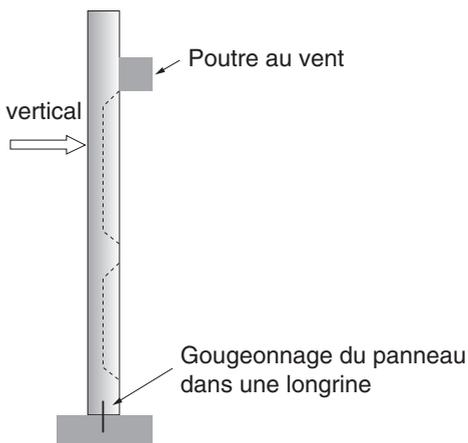
- horizontalement entre poteaux préfabriqués, encastés en pied, pour les murs coupe-feu (voir croquis précédent avec poteaux en H) ;
- verticalement, reposant sur une longrine et appuyés en tête sur une poutre pour les façades coupe-feu.

Panneaux nervurés horizontaux  
(entre poteaux)

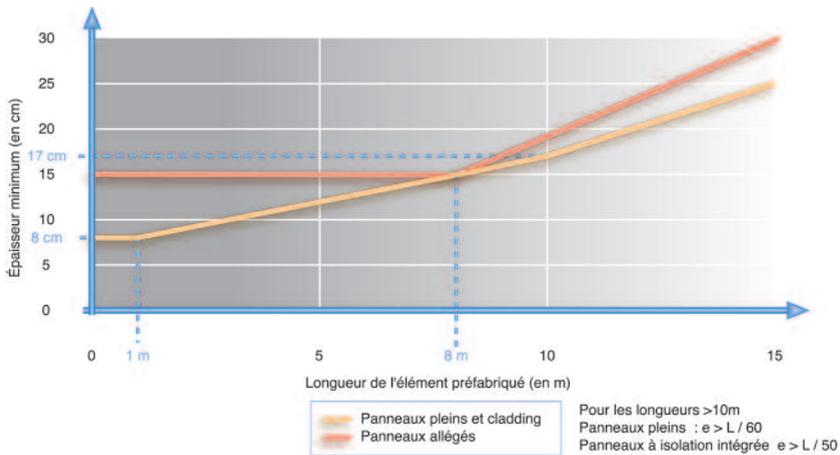


Poteaux en H, encastés en pied

Panneau nervuré vertical  
pour façade



Les dimensions maximales de fabrication conseillées pour ces éléments sont indiquées sur le graphique ci-dessous.

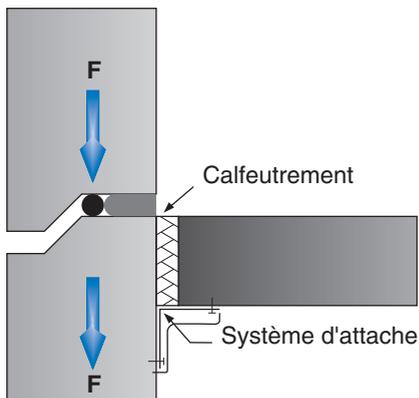


Les éléments préfabriqués peuvent être porteurs, autoporteurs, portés ou suspendus à la structure (voir les figures ci-dessous) :

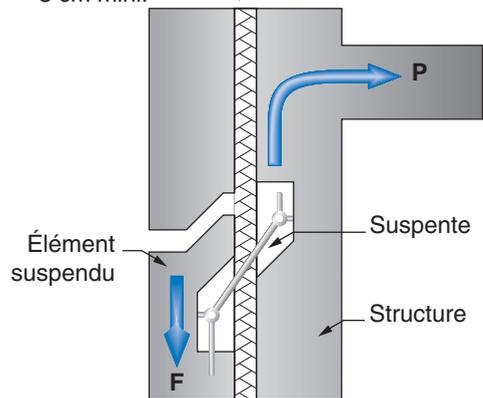
- **porteurs**, Ils supportent alors, en plus de leur poids propre, les charges verticales d'exploitation venant des planchers ainsi que les charges horizontales (comme par exemple le vent) ;
- **autoporteurs**, Ils reprennent leur poids propre et les charges horizontales ;
- **portés ou suspendus**, Leur poids propre est alors supporté par la structure.

Dans tous les cas ils sont assemblés entre eux et à la structure au moyen de liaisons bétonnées sur chantier ou mécaniques (boulonnage et soudage).

Élément autoporteur (façade) avec protection au feu



Calfeutrement 8 cm mini.



### » Les panneaux pour murs et façades à isolation intégrée

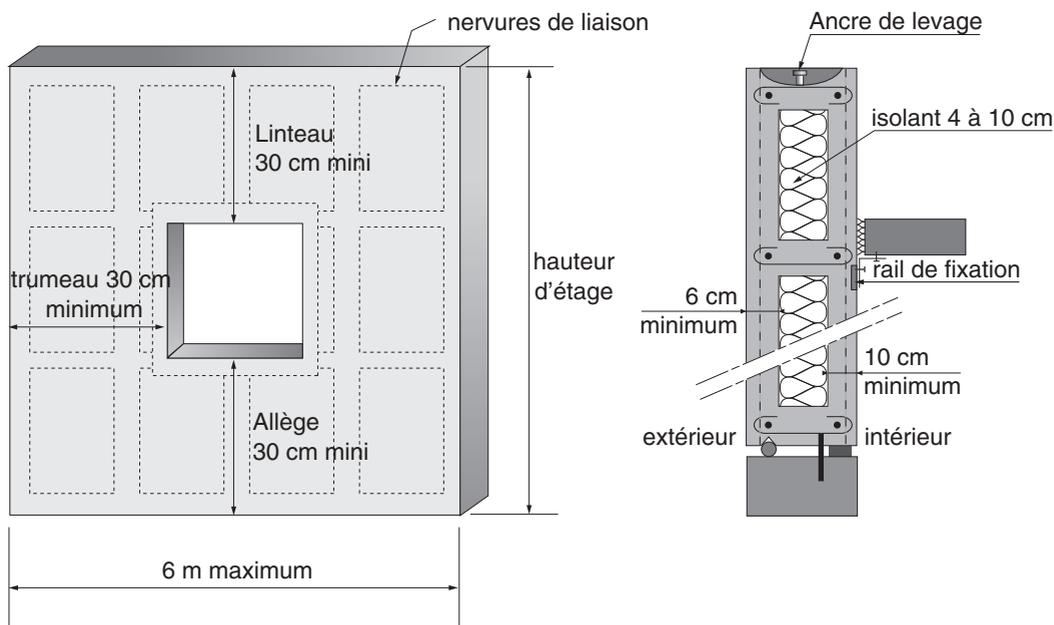
Ils renferment un élément léger utilisé le plus souvent comme isolant thermique. Les voiles sont solidarités par des nervures ou des plots béton armés, les nervures en béton peuvent également être remplacées par des épingles de liaisons métalliques ou en matériau composite. Ces dernières solutions sont intéressantes car elles réduisent de manière importante les ponts thermiques régnant au droit des nervures. Les panneaux sandwichs à voile extérieur librement dilatable comportent un dispositif d'accrochage du voile extérieur, qui permet de supprimer les ponts thermiques.

### » Panneaux à isolation discontinue

Panneaux portant dans le sens horizontal ou dans le sens vertical.

Dans ce cas l'isolant joue le rôle d'allègement pour le panneau utilisé comme mur coupe-feu.

Du fait des ponts thermiques au droit des connexions béton ce dispositif est réservé aux façades de certains bâtiments industriels.

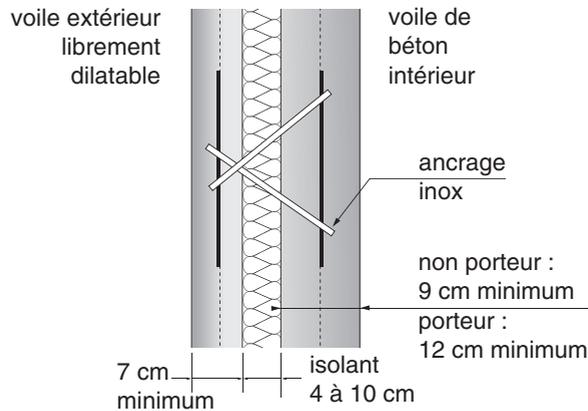


### » Panneaux à isolation continue

Le voile intérieur supporte la peau extérieure et assure la stabilité au feu du mur.

Les connexions devront avoir la même stabilité au feu que le panneau afin d'assurer le support de la peau extérieure en cas d'incendie.

Ce type de panneau est utilisé exclusivement en façade, et la peau extérieure peut être en béton architectonique.



### ► Les panneaux en béton cellulaire

Les panneaux en béton cellulaire de largeur 60 ou 75 cm ont une longueur de 600 à 750 cm et différentes épaisseurs de 15 à 30 cm.

Ces panneaux sont isolants thermiques et coupe-feu de 3 h à 6 h.

Leur armature intégrée leur permet de reprendre une charge au vent de 80 à 250 kg/m<sup>2</sup>.

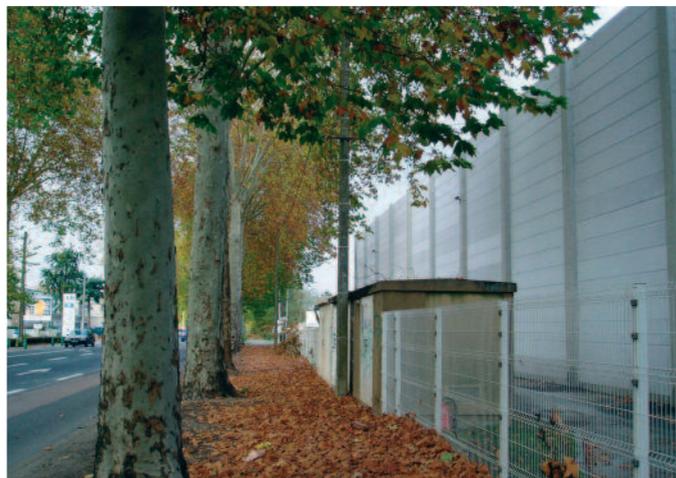
En pose horizontale, le mur peut être monté à 24 m de hauteur avec une épaisseur de 15 à 20 cm et à 28 m avec une épaisseur de 25 cm ; (CF 6 h minimum).

Ces panneaux se posent en applique sur les poteaux béton et coupent ainsi tous les flux thermiques.

## Protection d'un bâtiment existant par une façade écran thermique rapportée



*Pour protéger les tiers d'un éventuel incendie du bâtiment, un mur coupe-feu autostable (façade à fonction d'écran thermique), a été construit entre le bâtiment et la clôture.*





Chapitre

# 6

# Annexes

## **Annexe 1**

**Les produits de jointoiment coupe-feu**

## **Annexe 2**

**Étude sur les flux thermiques**

## **Annexe 3**

**Textes réglementaires  
et bibliographie**

# Annexe 1

## Les produits de jointoiment coupe-feu

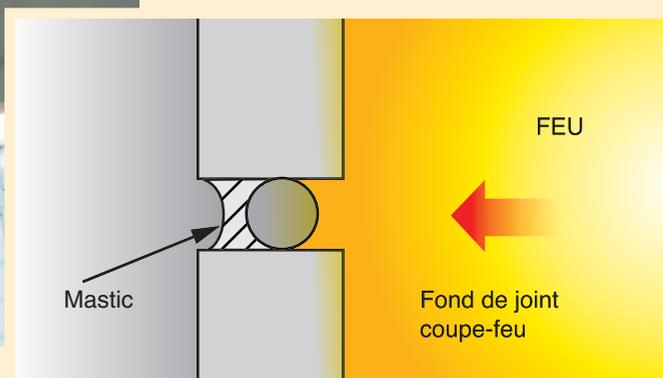
Comme nous avons pu le voir, pour les différentes technologies de construction des murs séparatifs Coupe-feu, il y a nécessité d'interposer entre les différents éléments constitutifs du mur, des joints d'étanchéité aux flammes, évitant la propagation du feu au travers des joints.

Ces joints devront avoir un degré Coupe-feu au moins égal au degré Coupe-feu du mur.

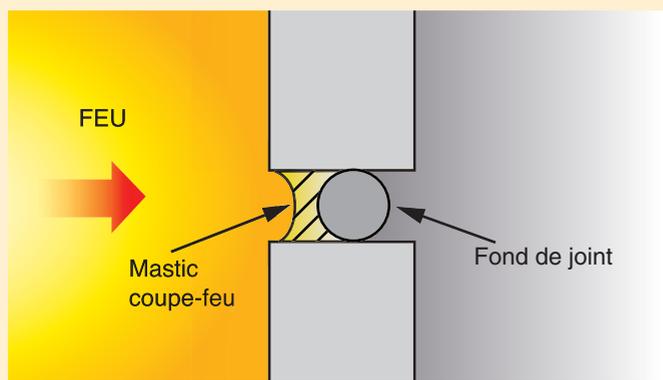
De même pour le calfeutrement des percements des murs coupes feu, il faut interposer un système de calfeutrement entre le mur et la canalisation (ou gaine) empêchant la transmission du feu par les canalisations.

Il existe un grand nombre de produits, dont nous énumérerons ici les principales technologies :

- mastic polyuréthane monocomposant, associé à un fond de joint coupe-feu, composé d'un cordon en laine de verre pour les joints d'une largeur comprise entre 20 et 60 mm ou en fibre céramique pour les largeurs comprises entre 60 et 120 mm. La tenue au feu de ce type de joint est supérieure à 4 heures ;



- mastic élastomère polyuréthane étanche aux flammes et aux gaz en cas d'incendie. Le mastic s'applique après mise en place d'un fond de joint incombustible;



- joint souple intumescent, qui au contact de la chaleur se transforme en une masse réfractaire et spongieuse, obstruant ainsi la cavité où il est placé et empêche ainsi la propagation des flammes, de la fumée et des gaz.

Ce type de joint se présente en rouleaux

adhésifs, et s'utilise comme joint CF dans les feuillures des portes coupe-feu, le passage de conduites d'évacuation, etc. ;

- colliers coupe-feu intumescents permettant d'éviter la transmission de l'incendie par les tuyaux PVC – CF 2 h ;
- enduits et mortiers coupe-feu, sans retrait et étanche à l'eau pour le calfeutrement de passages de câbles électriques dans le passage des voiles. Degré CF jusqu'à 4 h ;
- bouchons coupe-feu pour le calfeutrement de passages de câbles pour ouvertures circulaires ;
- sacs coupe-feu pour le passage de câbles et chemins de câbles pour grandes et moyennes ouvertures. Ce système est principalement utilisé pour les calfeuttements provisoires ;
- joint en mousse minérale, compressible, pour joint CF compris entre 15 et 50 mm, utilisé pour la protection des appuis élastomères, la protection des joints de dilatation et la protection des joints de grande largeur en zone sismique. Degré CF jusqu'à 4 h ;
- mortier de joint pour les murs en bloc béton<sup>(1)</sup> ;
- mortier colle pour les murs en bloc de béton cellulaire<sup>(1)</sup>.

1. Les PV d'essais au feu des maçonneries sont donnés sur murs montés au mortier ou au mortier colle.

# Annexe 2

## Influence des murs coupe-feu sur les effets de flux thermique d'un incendie

### 2.1 - Champs de l'étude

---

Le dossier d'étude ci après concerne les effets du compartimentage et des murs coupe-feu en matière d'émission de flux thermique lors d'un incendie d'entrepôt.

Le document rappelle les règles et détermine les flux thermiques susceptibles d'être émis lors d'un incendie de grande ampleur dans les bâtiments théoriques étudiés.

Ne sont pas abordés :

- les volumes d'eaux d'extinction ;
- les effets liés aux fumées (dispersion, opacité, etc.).

#### **Avertissement**

Les résultats des différentes modélisations donnés ici ne sont pas transposables directement à des cas concrets qui doivent faire l'objet d'une étude plus fine pour fixer les paramètres à prendre en compte dans les calculs. La géométrie des zones en feu, l'état de division des matériaux peuvent entraîner des résultats très différents de ceux calculés ici qui ne s'intéressent qu'à des cas théoriques. L'utilisation de la présente étude comme référence directe est interdite pour un autre objet que celui de la demande de CIMBÉTON à Industries Environnement.

## 2.2 - L'incendie d'un entrepôt

---

Rappelons que l'énergie thermique dissipée par un incendie de solides est répartie selon trois types de propagation :

- convection de gaz chauds au-dessus des flammes ;
- conduction dans les solides proches du foyer ou contenus dans celui-ci ;
- transmission dans l'air d'un rayonnement appelé flux thermique.

Il a été démontré par l'étude thermodynamique des incendies de solides, que seulement 10 % de l'énergie thermique dissipée lors d'un incendie participait aux effets de rayonnement thermique, l'essentiel étant dissipé par convection et marginalement par conduction.

L'énergie thermique dissipée lors d'un incendie va être émise de manière hétérogène pendant toute la durée de l'incendie. Un incendie de solides est caractérisé par plusieurs phases :

- allumage, latence ;
- montée en puissance de l'incendie ;
- embrasement généralisé s'il est possible ;
- pallier d'embrasement généralisé tant que le foyer dispose de combustible ;
- phase de décroissance par raréfaction du combustible ;
- extinction par manque de combustible.

La phase de montée en puissance obéit à une loi de Poisson, elle n'est pas instantanée et dépend de la vitesse surfacique de progression de l'incendie et de la surface maximale qui peut être en feu. Elle est fortement conditionnée par l'état de division des matériaux et par leur niveau d'aération lié à la taille des objets pris dans l'incendie et à leur mode de conditionnement et de stockage.

Dans un entrepôt de produits majoritairement solides, on observe en plus des phases décrites plus avant des étapes complémentaires liées à la spécificité de ces installations.



» **Phase de feu interne, désenfumage encore fermé**

La durée de cette phase dépend de la présence ou non de personnel qui, s'il est présent et actionne le désenfumage à double commande, y met fin rapidement. Les écrans de cantonnement en limitant à 1 600 m<sup>2</sup> les zones sous toiture permettent d'éviter que les gaz de combustion ne s'étalent sous la couverture, évitent leur refroidissement et les retombées de gaz refroidis dans le volume. Ils favorisent donc une ouverture précoce du dispositif de désenfumage à commande fusible. En attendant cette ouverture, si le feu a une importante vitesse de combustion et une importante vitesse de propagation, il a consommé l'essentiel de l'oxygène disponible dans le local qui est en état d'anoxie, réduisant la puissance du foyer par manque de comburant, la combustion est incomplète, il se produit du monoxyde de carbone (gaz explosif au contact de l'air).

» **Phase avec ouverture du désenfumage**

Le désenfumage s'ouvrant, les fumées de l'incendie vont pouvoir s'évacuer par la toiture, il s'agit alors souvent de fumées saturées en combustibles, au contact de l'air ces gaz s'enflamment et l'on constate d'importantes flammes qui se développent à partir des ouvertures.

Ce phénomène sera d'autant plus important que les apports d'air neuf par les façades du bâtiment seront importants. Cette phase correspond à une accélération de l'intensité de l'incendie et de sa propagation. Le but principal du désenfumage étant la sauvegarde des personnels par rapport au risque d'intoxication pendant la phase d'évacuation et d'éviter la stagnation des fumées dans l'entrepôt risquant de provoquer la formation d'un mélange de vapeurs explosives (risque de flash-over).

» **Phase avec effondrement de la couverture**

La tenue au feu des éléments de couverture dans les entrepôts est de l'ordre d'une demi-heure pour un feu de grande ampleur. Il s'en suit que lors du déroulement de l'incendie, des pans de couverture s'effondrent et encombrant l'espace. Ceci a pour effet d'une part de gêner la progression de l'incendie, mais d'autre part d'empêcher que l'eau envoyée par les pompiers n'atteigne les parties ainsi protégées des jets de lances. Il est ici essentiel que l'effondrement même partiel de la couverture n'entraîne pas de dommage aux murs coupe-feu s'ils existent. Les éléments de charpente ne doivent pas être mécaniquement solidaires lors des efforts de traction de la couverture qui s'effondre, et leur chute doit être orientée vers le centre de la cellule en feu.



## **2.3 - Détermination des hypothèses, définition de scénarios majorants**

---

Dans le cadre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement, l'étude des dangers d'une installation doit contenir une analyse des risques conduisant à définir des scénarios d'accident.

Ces scénarios doivent être établis de manière majorante et déterministe. C'est-à-dire que pour chaque événement indésirable, le scénario le plus grave qui peut se produire doit être étudié.

Les probabilités d'occurrence peuvent être évoquées, mais pas pour écarter un scénario au prétexte qu'il serait peu probable. Si un scénario est possible, il est retenu et étudié.

L'objectif de cette étude est de déterminer des scénarios enveloppe qui correspondent aux effets les plus importants qui peuvent être générés dans le cas le plus défavorable.

Pour le cas du calcul des effets de flux thermique, nous nous situons dans le cadre de l'incendie généralisé impliquant la totalité de la surface de la zone en feu étudiée à plein régime de combustion.

Le feu se propage dans la cellule concernée selon un front de flammes en progression suivi d'une zone de plein débit de combustion puis d'une zone où vont prédominer les braises avec une émission massive de fumées, mais peu de flammes énergétiques. Le phénomène d'embrasement généralisé à plein régime est peu probable et rarement constaté. Il ne peut physiquement se produire que dans des cellules aux tailles modestes ou sans intervention des pompiers.

Pour l'incendie de deux cellules contiguës, la modélisation ne doit pas être réalisée sur la base d'une nouvelle cellule ayant la surface des deux cellules de départ. Il faut tenir compte du fait que l'embrasement n'est pas simultané dans les deux cellules concernées et que la montée en puissance des deux incendies n'est pas identique. Il faut aussi retenir que l'incendie à plein régime de toute la surface d'une grande cellule est un phénomène extrêmement rare, *a fortiori* pour deux cellules. Ceci n'empêche pas que localement dans les deux cellules des zones soient simultanément en proie à une phase d'incendie violente.

Les effets de flux thermique de ce type d'incendie de deux cellules ne correspondent pas à l'effet d'une cellule unique de surface équivalente à plein régime. Les majorations retenues pour le scénario d'une seule cellule permettent de penser que la courbe enveloppe des effets de l'embrasement généralisé de chaque cellule comprend la courbe correspondant aux effets de l'incendie de deux cellules voisines.

La surface des zones en feu retenue est celle contenue entre les parois extérieures et les murs coupe-feu répondant aux définitions des règles des assurances. Afin de maintenir une approche majorante, nous considérons que les parois qui ne sont pas des murs coupe-feu ne font pas obstacle à la propagation du flux thermique. Aussi lorsque la paroi extérieure d'un local est en bardage, même double peau, nous considérons qu'elle ne fait pas obstacle et que le flux thermique se propage comme si elle n'était pas présente.

## 2.4 - Méthodologie de calcul

---

La méthode de modélisation des flux thermiques que nous proposons d'utiliser ici est basée sur la prise en compte de la cinétique de l'incendie et sur les principes thermodynamiques d'émissivité et de propagation d'un flux thermique à partir d'un corps virtuel constitué par les flammes de l'incendie vers une cible réceptrice.

Les modèles de calcul ont été développés et validés dans le cadre des feux de flaques d'hydrocarbures ou de flammes de gaz pilotées. L'INERIS, le CNPP, TNO et de nombreux organismes internationaux ont travaillé pour adapter ces modèles aux feux de solides discontinus.

Le modèle qui fait actuellement consensus consiste à assimiler le volume en feu soit à un cône, soit à un parallélépipède. Il s'agit du modèle dit de la flamme solide. Dans le cas de cellules rectangulaires dont la longueur est très supérieure à la largeur, le parallélépipède est plus représentatif que le cône.

Il est réalisé en première approche trois approximations :

- le panneau radiant de flammes a une puissance émissive homogène, ou une température homogène<sup>(1)</sup> ;
- la flamme est monochromatique ;
- l'air est isotrope.

Le parallélépipède modèle a pour base celle de la zone en feu étudiée, la hauteur étant celle des flammes produites par l'incendie.

La hauteur des flammes est calculée avec la corrélation de Thomas. Cette corrélation mise au point à partir de campagnes d'essais et validée par le retour d'expérience prend en compte les paramètres pertinents de vitesse de combustion du produit concerné et les caractéristiques géométriques de la zone en feu.

Dans le cas des entrepôts, pour des produits à vitesse de combustion élevée ou pour des cellules de grande surface, elle peut conduire à définir des hauteurs de flamme trop importantes non corrélées par le retour d'expérience. Dans ce cas, les différents organismes cités pratiquent un écrêtage de la hauteur calculée qui est alors limitée à trois fois la hauteur maximale théorique de stockage dans la cellule étudiée ou à trois fois la hauteur du bâtiment.

Du fait de la prise en compte des particularités de chaque produit et de chaque cellule, le calcul de hauteur de flamme doit être réalisé pour chaque cas.

Une fois la hauteur de flamme déterminée, pour pouvoir envisager le calcul d'émission du flux thermique, il faut connaître le flux surfacique moyen des façades du parallélépipède.

*1. La modélisation réalisée actuellement prend en compte une variation du flux surfacique émis entre le pied et le sommet des flammes, par tranches horizontales homogènes.*

Ce flux est repris à partir des éléments disponibles dans la littérature technique ou mesuré à partir d'essais réalisés par l'INERIS, le LNE...

L'état de division des produits stockés a un effet important sur leur vitesse de combustion et sur l'émissivité des flammes lors de leur combustion. Plus un même produit est finement divisé, plus il brûle vite et plus ses flammes sont émissives.

Une fois le flux émissif surfacique déterminé, on va étudier les façades du parallélépipède une à une, on les considère comme des radiateurs émettant le flux thermique, on peut alors calculer les facteurs de forme que subit le flux que reçoit une cible située sur la médiatrice de la façade radiante étudiée.

Le flux maximal reçu par cette cible placée sur la médiatrice de la façade en feu peut être déterminé selon les lois de conservation de l'énergie.

Dès que l'on s'éloigne de cette médiatrice, le flux tend à être moins important, le calcul de courbure correspondant peut être réalisé.

Une fois les hypothèses de vitesse de combustion fixées, il est possible de vérifier si les durées théoriques d'incendie qui en découlent sont réalistes en les comparant avec la durée d'apparition de l'embrasement généralisé de la cellule étudiée. Une adaptation des vitesses de combustion peut le cas échéant être nécessaire si les durées sont trop inférieures au délai de survenue de l'incendie généralisé.

### **Évaluation des conséquences dommageables**

L'intensité du flux thermique qu'un récepteur (homme, bâtiment, cuve, etc.) est à même de supporter dépend naturellement de la résistance du récepteur et de la durée d'exposition.

En ce qui concerne les effets sur l'homme, les valeurs moyennes retenues admissibles pour des temps d'exposition d'une minute, sont :

- 5 kW/m<sup>2</sup> pour le seuil léthal ;
- 3 kW/m<sup>2</sup> pour le seuil des douleurs et premières brûlures.

Pour chaque façade de cellule étudiée on retiendra la distance calculée à la médiatrice, puis celle obtenue par le calcul de courbure, le terrain étant assez peu accidenté, l'incidence de la prise en compte de la topographie sur les distances calculées ne justifie pas ici de développement complémentaire.

La distance calculée correspond au flux maximal reçu par un sujet situé à la perpendiculaire dans l'axe de la façade concernée (la médiatrice). Cette approche est

majorante car le flux reçu diminue en fonction de l'angle à la normale du plan de symétrie de la façade.

Les distances d'effets des flux de 3 et 5 kW/m<sup>2</sup> sont calculées pour chacun des côtés des cellules (longueur et largeur).

Les hypothèses prises dans le cadre de la présente étude reposent sur un stock maximal dans la cellule étudiée.

La cellule étant définie comme étant un local ou un ensemble de locaux délimité par les parois extérieures du bâtiment ou vis-à-vis des autres locaux adjacents par des murs coupe-feu de degré 2 h, nous faisons varier la taille des cellules par tranches de 1 000 m<sup>2</sup>, de 1 000 à 10 000 m<sup>2</sup>.

Afin de tenir compte de la discontinuité du stockage, la vitesse moyenne de combustion peut dans ce cas d'école être prise à la valeur médiane généralement retenue de 30 g/m<sup>2</sup>s.

Cette valeur très conservatrice peut être ajustée le cas échéant pour tenir compte de la charge calorifique de l'entrepôt si les produits sont connus, en déterminant la durée théorique de combustion.

La puissance radiative ou émittance de la flamme est à la surface des flammes visibles d'un feu sec de l'ordre de 50 à 60 kW/m<sup>2</sup>, avec des zones pouvant localement atteindre et dépasser 100 kW/m<sup>2</sup>. Afin de tenir compte de la discontinuité du foyer et de l'opacité possible des fumées, la valeur d'émittance est en général minorée à 30 kW/m<sup>2</sup> à la source.

Le rayonnement émis par les flammes est très dispersé sur le plan chromatique et une partie du rayonnement est absorbée par les fumées et suies qui le ré émettent dans l'infrarouge. Le front de flammes constitue un système émissif également très hétérogène sur le plan de l'intensité surfacique du rayonnement émis. Le pied de flamme est très nettement plus émissif que le sommet.

Pour la modélisation, nous considérons que les rayonnements émis par les flammes se comportent de manière homogène tant sur le plan chromatique qu'au niveau de l'intensité surfacique de l'émission. Il est considéré une température homogène de paroi émissive vers une source extérieure.

Un mur coupe-feu va présenter deux effets réducteurs sur l'émission du flux thermique, d'une part, il constitue un écran qui réduit la surface du panneau de flammes radiant, d'autre part, il masque la partie la plus radiative de la flamme, conduisant à réduire la puissance émissive moyenne du panneau de flammes émergeant.

Pour tenir compte de l'effet réducteur des murs coupe-feu lorsqu'ils existent, on procède à une évaluation du flux moyen des flammes émergeant au-dessus du mur (le cas échéant).

La modélisation ne sait pas prendre en compte la présence de systèmes d'extinction automatique, ni l'intervention des pompiers. Les scénarios sont développés en considérant un échec total du système d'extinction automatique s'il existe et une absence d'intervention des services de secours.

Dans ces considérations, le flux thermique sera calculé selon deux variantes, avec et sans écran, puis en variante avec un écran coupe-feu haut de 12 mètres (mur coupe-feu).

Nous étudierons aussi l'incidence de la hauteur de l'écran thermique sur la distance d'effet du flux thermique.

Nous n'appelons pas les murs périphériques coupe-feu afin de ne pas leur imposer les règles relatives à ces murs qui sont en partie inutiles pour la fonction d'écran thermique. En effet, pour les murs périphériques, il est indifférent qu'ils soient étanches à la fumée et même partiellement aux flammes.

Ce qui est recherché, c'est une stabilité au feu qui permette au mur de résister à la phase d'embrassement généralisé, sa ruine éventuelle en phase finale de sinistre représenterait un risque pour les personnels intervenants, mais pas pour la propagation de l'incendie par les flux.

Ainsi, lorsqu'il est parlé de murs coupe-feu dans la présente étude, il s'agit de murs répondant aux définitions de l'APSAD dépassant en toiture et en façade (ou avec retour selon APSAD).

La vitesse de propagation des incendies d'entrepôt est telle que l'embrassement généralisé à la totalité de la surface est atteint en moins d'une heure après l'allumage dans la majorité des cas.

Le scénario de base sera donc pour chaque cellule étudiée :

- embrassement généralisé de la cellule ;
- avec et sans écrans limitant la propagation du flux ;
- vitesse de combustion moyenne de 30 g/m<sup>2</sup>s ;
- émittance du foyer 30 kW/m<sup>2</sup>s.

Nous ferons varier la surface des cellules par tranches de 1 000 m<sup>2</sup>. La hauteur du bâtiment est fixée à 12 m, donnant 10 m de stockage utile sous ferme.

Dans nos calculs, nous recherchons ici uniquement le flux maximal qui peut être reçu par une cible placée sur la médiatrice de la paroi en feu. Le calcul est réalisé pas à pas, en s'éloignant de la façade rayonnante.

Les approximations de la méthode utilisée considérant un flux émissif homogène et monochromatique font que pour des faibles distances, les résultats sont assez peu fiables. En effet, aux abords immédiats de la façade, l'hétérogénéité des émissions est telle que les valeurs du calcul ne sont pas représentatives de la réalité. En s'éloignant de la façade, le flux reçu devient plus proche de la moyenne globale proposée et les résultats deviennent bien représentatifs du phénomène.

## **2.5 - Résultats de la modélisation**

---

### ***2.5.1 - Cellule de 1 000 à 10 000 m<sup>2</sup>, façade avec et sans écran thermique***

Pour faciliter la comparaison, nous donnons en parallèle les résultats des différentes hypothèses, avec et sans écran thermique. Nous n'étudions que les scénarios unitaires, considérant la cellule isolée des tiers, sans envisager les éventuelles propagations aux cellules voisines.

Pour les cellules de moins de 3 000 m<sup>2</sup>, nous retenons une profondeur de cellule de 50 m, à partir de 3 000 m<sup>2</sup>, nous retenons une profondeur de cellule de 100 m.

Les cellules étudiées ont les dimensions :

- 1 000 m<sup>2</sup> : longueur 50 m, largeur 20 m ;
- 2 000 m<sup>2</sup> : longueur 50 m, largeur 40 m ;
- 3 000 m<sup>2</sup> : longueur 100 m, largeur 30 m ;
- 4 000 m<sup>2</sup> : longueur 100 m, largeur 40 m ;
- 5 000 m<sup>2</sup> : longueur 100 m, largeur 50 m ;
- 6 000 m<sup>2</sup> : longueur 100 m, largeur 60 m ;
- 7 000 m<sup>2</sup> : longueur 100 m, largeur 70 m ;
- 8 000 m<sup>2</sup> : longueur 100 m, largeur 80 m ;
- 9 000 m<sup>2</sup> : longueur 100 m, largeur 90 m ;
- 10 000 m<sup>2</sup> : côté de 100 m.

**Tableau n° 36: des distances maximales d'effet à la médiatrice en fonction de la surface des cellules.**

Surface de la cellule	Hauteur de flamme	Côté étudié	Sans écran thermique		Avec écran thermique	
			5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>
1.000 m <sup>2</sup>	25,3 m	50 m	34 m	48 m	16 m	26 m
		20 m	20 m	30 m	11 m	17 m
2.000 m <sup>2</sup>	30,8 m	50 m	37 m	52 m	21 m	32 m
		40 m	32 m	47 m	19 m	30 m
3.000 m <sup>2</sup>	38,5 m(*)	100 m	49 m	72 m	25 m	42 m
		30 m	27 m	40 m	16 m	25 m
4.000 m <sup>2</sup>	41,2 m(*)	100 m	49 m	72 m	25 m	42 m
		40 m	32 m	47 m	19 m	30 m
5.000 m <sup>2</sup>	43,6 m(*)	100 m	49 m	72 m	25 m	42 m
		50 m	37 m	52 m	21 m	32 m
6.000 m <sup>2</sup>	45,8 m(*)	100 m	49 m	72 m	25 m	42 m
		60 m	40 m	58 m	22 m	35 m
7.000 m <sup>2</sup>	48,0 m(*)	100 m	49 m	72 m	25 m	42 m
		70 m	43 m	62 m	23 m	38 m
8.000 m <sup>2</sup>	50,0 m(*)	100 m	49 m	72 m	25 m	42 m
		80 m	45 m	66 m	24 m	39 m
9.000 m <sup>2</sup>	52,1 m(*)	100 m	49 m	72 m	25 m	42 m
		90 m	48 m	70 m	25 m	42 m
10.000 m <sup>2</sup>	53,9 m (*)	100 m	49 m	72 m	25 m	42 m

\* Valeur écrêtée à 36 m.

Comme la logique permet de le prévoir, plus une cellule est grande, pour une longueur de façade donnée, plus elle projette loin les effets de flux thermique en cas d'incendie. De même, les écrans thermiques ont un effet réducteur significatif sur les distances d'effet.

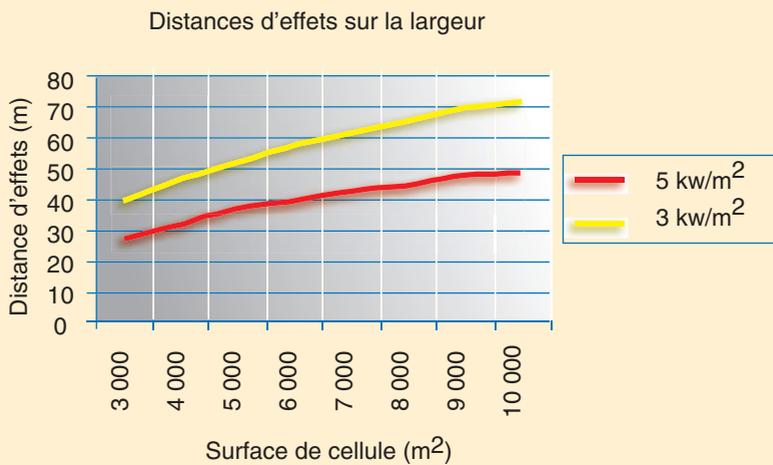
Le plafonnement de la hauteur de flamme a tendance à lisser les distances d'effet pour des cellules plus de 3 000 m<sup>2</sup>, les distances sont quasi inchangées sur la longueur des cellules pour une même hypothèse de base.

Ceci s'explique par le fait que la façade ayant une longueur fixée ici à 100 mètres, la flamme étant écrêtée à trois fois la hauteur du bâtiment, à partir du moment où la hauteur de flamme atteint trois fois la hauteur du bâtiment, la distance d'effets ne varie plus si la valeur du flux surfacique initial ne varie pas.

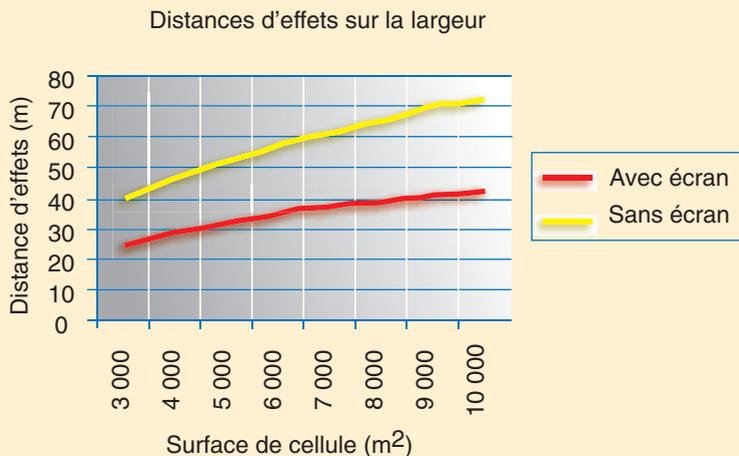
Les distances d'effet sur la largeur croissent du fait que la surface du panneau radiant grandit en proportion au fur et à mesure de cet accroissement de la largeur.

L'hypothèse généralement retenue de  $30 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}$  de vitesse de combustion amène à plafonner les hauteurs de flammes dès  $3\,000 \text{ m}^2$ .

Influence de la surface d'une cellule sur les distances d'effet concernant la largeur des cellules de plus de  $3\,000 \text{ m}^2$ .



Influence des distances d'effet avec un écran thermique, sur le flux de  $3 \text{ kW/m}^2$ .



### 2.5.2 - Influence des données d'entrée sur une cellule de 5 000 m<sup>2</sup>

#### Influence de la vitesse de combustion

La vitesse de combustion a une influence évidente au regard du débit calorifique instantané lorsque l'incendie est à plein régime. Pour une cellule de 5 000 m<sup>2</sup>, nous allons tester l'évolution des distances d'effet en fonction de la vitesse de combustion.

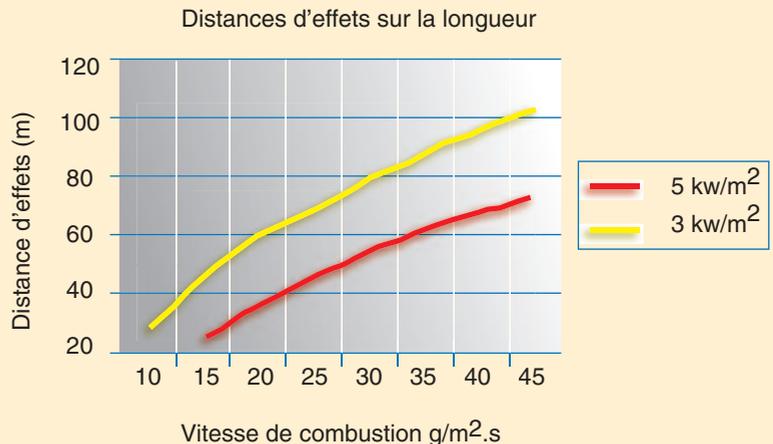
Cellule de 5 000 m<sup>2</sup>, longueur 100 m, largeur 50 m, hauteur du bâtiment 12 m, émissivité de la flamme 30 kW/m<sup>2</sup>.

Tableau n° 37					
Vitesse de combustion	Hauteur de flamme	Longueur 100 m		Largeur 50 m	
		5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>
10 g/m <sup>2</sup> .s	22,5 m	40 m	62 m	32 m	46 m
15 g/m <sup>2</sup> .s	28,8 m	45 m	70 m	36 m	52 m
20 g/m <sup>2</sup> .s	34,6 m	53 m	78 m	39 m	56 m
25 g/m <sup>2</sup> .s	39,1 m*	55 m	80 m	39 m	57 m
30 g/m <sup>2</sup> .s	43,6 m*	55 m	80 m	39 m	57 m

\* Écrêtage à 36 m (3 fois la hauteur du bâtiment)

Pour les grandes cellules l'incidence de la vitesse de combustion est rapidement neutralisée par le plafonnement de la hauteur de flamme. Pour les plus petites cellules quand la hauteur de flamme devient inférieure aux seuils d'écrêtage, l'incidence est très importante.

Dans le cas d'une cellule de 5 000 m<sup>2</sup>, entre 30 et 10 g/m<sup>2</sup>.s, l'incidence est une minoration de 40 % de la distance Z1 qui passe de 55 à 40 m à la médiatrice de la façade.



## Influence de la valeur d'émissivité de la flamme

L'émissivité de la flamme a une influence évidente au regard du flux thermique émis dans l'environnement lorsque l'incendie est à plein régime. Pour une cellule de 5 000 m<sup>2</sup>, nous allons tester l'évolution des distances d'effet en fonction de différentes valeurs d'émissivité de flamme.

Cellule de 5 000 m<sup>2</sup>, longueur 100 m, largeur 50 m, hauteur du bâtiment 12 m, vitesse de combustion 30 g/m<sup>2</sup>.s. Écrêtage de flammes à 36 m de hauteur (3 fois la hauteur du bâtiment).

Il est évident que plus la source est radiative, plus son flux surfacique est élevé, plus les distances d'effet sont grandes.

**Tableau n° 38**

Émissivité de flamme	Longueur 100 m		Largeur 50 m	
	5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>
10 kW/m <sup>2</sup>	NA	28 m	NA	17 m
15 kW/m <sup>2</sup>	26 m	46 m	14 m	29 m
20 kW/m <sup>2</sup>	36 m	60 m	22 m	38 m
25 kW/m <sup>2</sup>	46 m	70 m	29 m	44 m
30 kW/m <sup>2</sup>	55 m	80 m	34 m	50 m
35 kW/m <sup>2</sup>	62 m	88 m	39 m	56 m
40 kW/m <sup>2</sup>	68 m	96 m	43 m	60 m
45 kW/m <sup>2</sup>	74 m	102 m	47 m	65 m

NA : non atteint

## Influence de la hauteur de l'écran thermique

L'écran thermique destiné à limiter la propagation des flux thermiques vers l'extérieur du site est dans sa conception proche d'un mur coupe-feu dont il aura les principales caractéristiques constructives. Cependant, il est inutile d'ajouter des contraintes liées à l'appellation « mur coupe-feu » qui correspond à une définition bien précise et à des exigences techniques. En particulier pour ce qui est du degré coupe-feu des ouvertures et de l'étanchéité à la fumée qui n'ont pas besoin de répondre aux règles de l'APSAD pour que le mur remplisse sa fonction d'obstacle efficace contre la propagation des flux thermiques.

Le mur écran devra avoir les qualités de stabilité au feu requises au niveau de sollicitation correspondant à la phase d'incendie d'ampleur maximale dans la cellule dont l'environnement est à protéger.

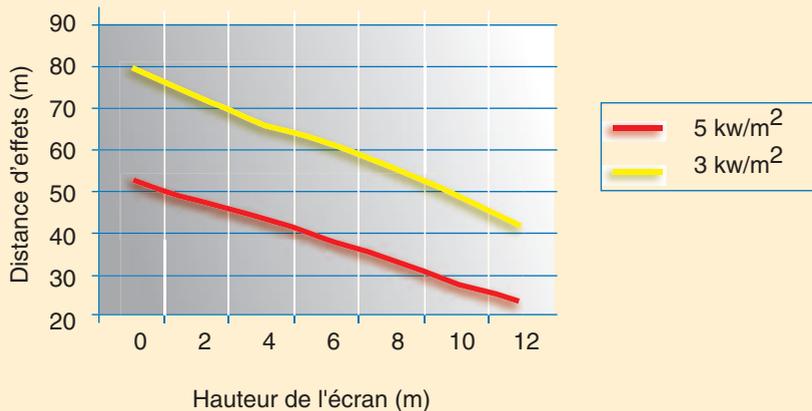
Cellule de 5 000 m<sup>2</sup>, longueur 100 m, largeur 50 m, hauteur du bâtiment 12 m, vitesse de combustion 30 g/m<sup>2</sup>.s, émissivité de la flamme 30 kW/m<sup>2</sup>. Écrêtage de flammes à 36 m de hauteur (3 fois la hauteur du bâtiment).

**Tableau n° 39**

Hauteur de l'écran	Longueur 100 m		Largeur 50 m	
	5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>
0 m	53 m	80 m	39 m	57 m
2 m	48 m	73 m	34 m	52 m
4 m	44 m	66 m	32 m	48 m
6 m	39 m	62 m	28 m	44 m
8 m	34 m	56 m	24 m	40 m
10 m	28 m	49 m	21 m	36 m
12 m	24 m	42 m	19 m	32 m

Un écran de protection thermique toute hauteur permet dans le cas d'une cellule de 5 000 m<sup>2</sup> de réduire dans la pratique de moitié les distances d'effet de flux thermique.

Distances d'effets sur la longueur



Dans le calcul des effets de flux thermiques liés à l'incendie, nous prenons en compte les flammes qui émergent au-dessus de l'écran, il est bien évident que le degré coupe-feu de cet écran est sans incidence sur le résultat, seule sa hauteur compte puisqu'il n'empêche pas les flammes de se développer, il ne fait obstacle qu'à la propagation du flux qu'il masque par sa propre surface et n'a pas d'influence au-dessus de lui.

L'effet de la réduction des distances d'effet liée aux murs écran thermique périphériques sur le foncier est très important, en prenant l'exemple de deux bâtiments, l'un de 5 000 m<sup>2</sup>, l'autre de 20 000 m<sup>2</sup> constitués de cellules de 5 000 m<sup>2</sup> (100 m x 50 m), avec comme hypothèse vitesse de combustion 30 g/m<sup>2</sup>.s et flux surfacique 30 kW/m<sup>2</sup>.

**Tableau n° 40 : sans écran thermique**

Surface du bâtiment	5 000 m <sup>2</sup>	20 000 m <sup>2</sup>
Longueur bâtiment	100 m	200 m
Largeur bâtiment	50 m	100 m
Limite 5 kW/m <sup>2</sup> longueur	53	39*
Limite 3 kW/m <sup>2</sup> largeur	39	53
Longueur mini terrain	178 m	306 m
Largeur mini terrain	156 m	178 m
Surface mini terrain	27 768 m <sup>2</sup>	54 468 m <sup>2</sup>

\* Incendie limité à une seule cellule en cours d'embrassement généralisé au maximum d'émissivité.

**Tableau n° 41 : avec écran thermique**

Surface du bâtiment	5 000 m <sup>2</sup>	20 000 m <sup>2</sup>
Longueur bâtiment	100 m	200 m
Largeur bâtiment	50 m	100 m
Limite 5 kW/m <sup>2</sup> longueur	24	19 et 39*
Limite 3 kW/m <sup>2</sup> largeur	19 et 39*	24
Longueur mini terrain	158 m	248 m
Largeur mini terrain	98 m	158 m
Surface mini terrain	15 484 m <sup>2</sup>	39 184 m <sup>2</sup>

\* La façade des quais n'est pas considérée comme écran thermique, en effet, il est nécessaire que la cour à camions ait une profondeur d'au moins 34 mètres, ce qui est proche de la distance d'effet sans écran.

Pour un bâtiment de 5 000 m<sup>2</sup>, le recours à des écrans thermiques sur trois façades (hors quais) permet de réduire le terrain de 12 285 m<sup>2</sup>, soit de 44 %.

Pour un bâtiment de 20 000 m<sup>2</sup>, le recours à des écrans thermiques sur trois façades permet de réduire le terrain de 15 284 m<sup>2</sup>, soit de 28 %.



En première approximation, pour un bâtiment de 5 000 m<sup>2</sup>, pour constituer un écran sur trois façades, il faut construire 200 m de mur écran thermique sur 12 m de haut, soit 2 400 m<sup>2</sup>. Le prix (novembre 2003) d'un écran de ce type est d'environ 60 Euros/m<sup>2</sup>, soit 144 000 euros. Cette solution est compétitive pour un terrain dont le coût est supérieur 11,7 Euros/m<sup>2</sup>.

Pour un bâtiment de 20 000 m<sup>2</sup>, il faut mettre en place 400 m d'écran, soit 288 000 euros, la solution devient compétitive pour un terrain dont le coût est supérieur à 18,8 Euros.

## 2.6 - Commentaires

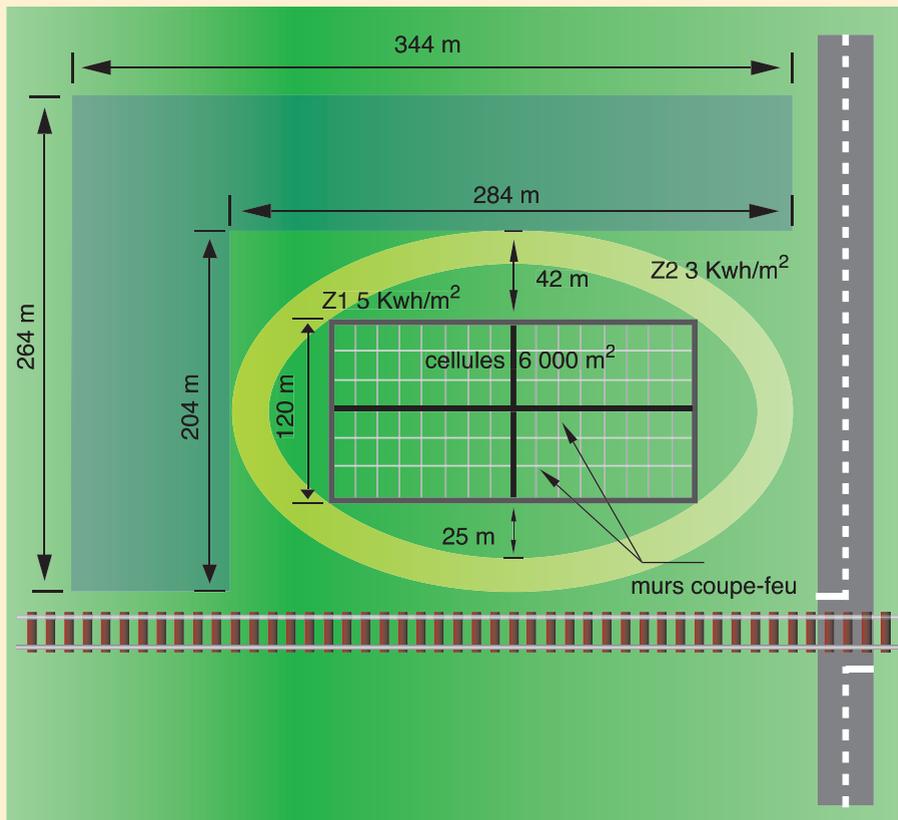
---

Nous avons étudié ici des cas théoriques, non transposables directement sur le terrain. Ces cas donnent cependant la tendance des phénomènes en jeu, à savoir que le choix la vitesse de combustion et la puissance radiative des flammes a une influence prépondérante sur les résultats.

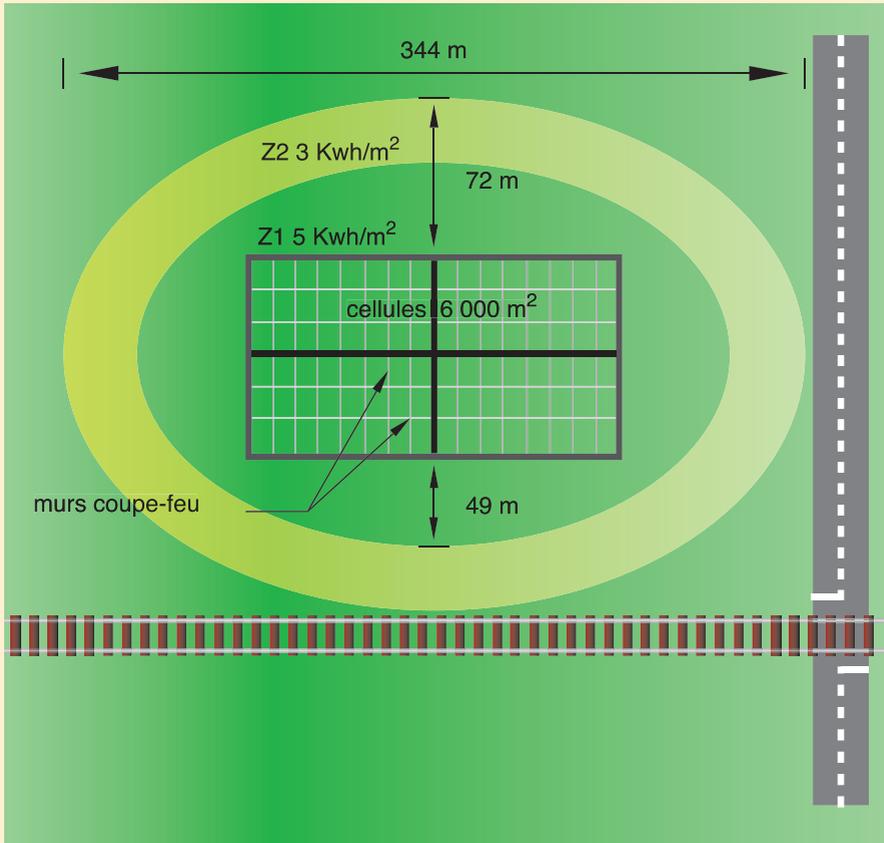
Le plafonnement des hauteurs de flammes à trois fois la hauteur du bâtiment conduit à uniformiser les distances d'effet des flux thermiques émis sur la longueur des cellules pour des surfaces supérieures à 3 000 m<sup>2</sup> (longueur prise constante et égale à 100 m).

Si on considère qu'en l'absence de mur périphérique stable au feu (mur et structure), les éléments de façade ne font pas obstacle à la dispersion du flux thermique, la présence d'un mur écran toute hauteur permet de réduire au moins de moitié les distances d'effet au sol et d'être très proche du seuil de 20 m de distance entre la clôture et les parois des entrepôts.

En fonction du prix du foncier, dans le cadre d'une structure et charpente en béton, le coût des écrans thermiques par rapport au foncier économisé peut être intéressant.



Modélisation du gain de terrain en application des calculs de flux thermique.



Modélisation du gain de terrain en application des calculs de flux thermique.

# Annexe 3

## Textes réglementaires et bibliographie

**Tableau n° 42 : textes réglementaires et bibliographie**

<b>Référence document</b>	<b>Objet</b>	<b>Établissements visés</b>
<b>A 05/08/92</b>	Prévention des incendies et désenfumage	EIC
<b>A 18/10/77</b>	Règlement de sécurité pour les IGH	IGH
<b>A 22/03/04</b>	Résistance au feu des éléments de construction	Tout bâtiment
<b>A 25/06/80</b>	Règlement de sécurité contre l'incendie pour les ERP	ERP
<b>A 21/11/02</b>	Réaction au feu (méthodes d'essai)	Tout bâtiment
<b>A 31/01/86</b>	Sécurité contre l'incendie des bâtiments d'habitation	HAB
<b>A 31/05/94</b>	Classement minimal des matériaux de revêtement	EIC
<b>Brochure 1477</b>	Sécurité contre l'incendie nouvelle réglementation pour les ERP	ERP
<b>Brochure 1603</b>	Sécurité contre l'incendie des bâtiments d'habitation	HAB
<b>C 03/03/75</b>	Parcs de stationnement couverts	PARC
<b>C 03/03/82 (IT 246)</b>	Désenfumage dans les ERP	ERP
<b>C 04/11/87</b>	Parcs de 6000 à 20000 m <sup>2</sup>	PARC
<b>C 07/06/74</b>	Désenfumage dans les IGH du travail et du règlement ERP	IGH
<b>C 23/11/83</b>	Mise en harmonie du code	EIC, ERP
<b>Code du travail</b>	Aménagement des lieux de travail au feu des structures béton	EIC sauf IGH, ERP
<b>DTU – feu béton (P92-701)</b>	Règles FB ; calcul du comportement	Tout bâtiment

---

Réalisation et fabrication :  
Amprincipe, Paris  
Mise en page : E. Vallecillo  
Photogravure :  
Atelier André Michel

**Crédit photographique :**  
AGF, CIMbéton, Environnement Industrie,  
SAFEGE, SPURGIN,  
Syndicat du Béton cellulaire

**Impression :** Mame, Tours

---

Édition, juin 2007

---



**CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS**

7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10  
E-mail : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net) • internet : [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)