



ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

UV J.S.P. 2

Module : INC



Comportement et réaction au feu

Version 3

SERVICE DÉPARTEMENTAL-MÉTROPOLITAINE D'INCENDIE ET DE SECOURS



ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

Les structures sont fragilisées par le feu et perdent leurs caractéristiques (chaleur, destruction, eaux d'extinction). Les bâtiments désaffectés, abandonnés présentent des risques d'effondrement par le manque d'entretien ou par la destruction partielle d'éléments porteurs. Les chutes de matériaux peuvent intervenir à tout moment (chute de tuiles ou pan de mur). Les bâtiments à ossatures métalliques présentent un fort risque de ruine et s'effondrer. Les intervenants doivent à nouveau rechercher les signes annonciateurs de type craquements, fléchissements ou déformation des ouvrants intéressant des grands volumes ou élément tel que conduit de cheminée.

La chaleur développée par un incendie n'agit pas de façon identique sur tous les matériaux.

Certains subissent des phénomènes de distillation, provoquant l'émission de gaz susceptibles de brûler plus ou moins vivement ;
D'autres se fragmentent ou éclatent.

Les métaux perdent progressivement de leur résistance : à 550° le fer perd la moitié de sa résistance et à 800°, il devient malléable et plie sous son propre poids. Or, dans les incendies, la température peut atteindre 1 000° voire 1 200°.

Le comportement au feu des matériaux présente deux aspects :

- ↳ Leur réaction au feu régit par l'arrêté du 30 juin 1983 ;
- ↳ Leur résistance au feu régit par l'arrêté du 21 avril 1983.

Définitions :

Réaction au feu : c'est-à-dire l'élément que les matériaux sont susceptibles d'apporter par eux-mêmes au feu et à son développement.

Résistance au feu : c'est-à-dire le temps pendant lequel les éléments de construction (planchers, murs, cloisons, poutres, parois, toiture, plafond) continuent à jouer leur rôle, malgré l'action d'un incendie.

La mesure s'effectuant dans des conditions normalisées, l'estimation de la résistance effective des éléments de construction, doit tenir compte des éventuelles altérations (travaux, chocs, explosion, ...)

I. RESISTANCE AU FEU :

Elle est définie comme le temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu, malgré l'action d'un incendie, pour :

- ↳ Limiter la propagation de l'incendie,
- ↳ Permettre l'évacuation du public,
- ↳ Faciliter l'intervention des pompiers.



ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

Pour classer les éléments de construction, la réglementation tient compte des critères d'efficacité en termes de résistance au feu :

- ↪ La résistance mécanique,
- ↪ L'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds ou inflammables,
- ↪ La non émission de gaz,
- ↪ L'isolation thermique.

Critères auxquelles le législateur viendra rajouter la durée pendant laquelle les éléments résistent en fonction du type de bâtiment et de son activité.

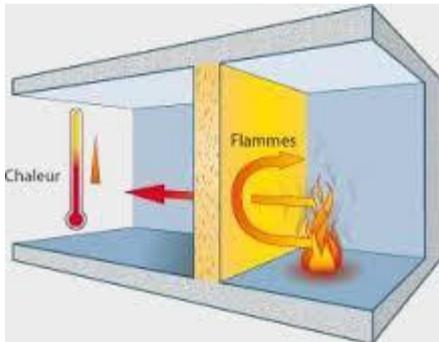
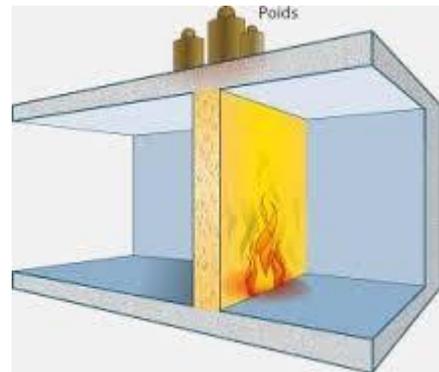
Il existe trois catégories de performances :

- ↪ Stabilité au feu,
- ↪ Pare flamme,
- ↪ Coupe-feu.

A. STABLE AU FEU (SF) :

L'élément de construction conserve, durant le temps indiqué, ses capacités de portance et d'auto-portance.

Exemple : un poteau soutenant une charpente.



B. PARE-FLAMMES (PF) :

L'élément est stable au feu et évite, durant le temps indiqué, l'avancée des flammes et des gaz chauds.

C. COUPE-FEU (CF) :

L'élément est pare-flammes et évite, durant le temps indiqué, du côté non sinistré, la propagation des gaz de combustion et des fumées ainsi que de la chaleur.

L'isolation thermique correspond à un maximum de 180 °C en un point précis, et de 140 °C sur l'ensemble de la surface.

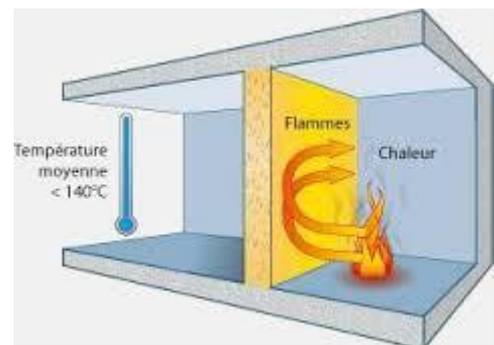




Tableau récapitulatif :

	Résistance mécanique	Étanchéité		Isolation thermique
		Flammes	Gaz chauds	
Stable au feu	X			
Pare-flammes	X	X	X	
Coupe-feu	X	X	X	X

Il est également attribué un degré de classement, selon la durée minimale de résistance au feu.

En fonction des familles de bâtiments, les exigences de stabilité au feu sont différentes.

La résistance au feu s'exprime au moyen de neuf degrés d'un quart d'heure à six heures.

¼ h ; ½ h ; ¾ h ; 1 h ; 1 h ½ ; 2 h ; 3 h ; 4 h ; 6 h.

Le classement européen :

L'arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des éléments de construction issu d'une directive européenne détaille les rôles dans une classification plus précise appelée aussi euroclasses :

- R** : capacité portante
- E** : étanchéité au feu
- I** : isolation thermique
- W** : rayonnement
- M** : action mécanique
- C** : fermeture automatique
- S** : passage des fumées
- G** : résistance à la combustion de la suie
- K** : capacité de protection contre l'incendie
- D** : durée de stabilité à température constante
- DH** : durée de stabilité sous la courbe standard température-temps
- F** : fonctionnalité des ventilateurs extracteurs
- B** : fonctionnalité des exutoires naturels

Les critères de temps s'expriment selon la norme européenne en minutes :

15 ; 20 ; 30 ; 45 ; 60 ; 90 ; 120 ; 180 ; 240 ; 360.

Pour les principaux éléments de construction, on peut faire le parallèle suivant entre le système français et le classement européen :



ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

- ↪ Stabilité au feu : R capacité portante,
- ↪ Pare-flammes : E étanchéité au feu (cloison ou porte) ou RE si fonction de portance (mur porteur).
- ↪ Coupe feu : EI isolation thermique ou REI.

Nous ne retiendrons, de la norme européenne, que ces trois critères car ils concernent plus spécifiquement les sapeurs-pompiers dans leur action de lutte contre les incendies.

Classement Français	SF	PF		CF	
Classement Européen	R	E	RE	EI	REI
Résistance mécanique	X		X		X
Etanchéité aux flammes et gaz chauds		X	X	X	X
Isolation thermique				X	X

Les matériaux d'origine minérale : les pierres de toute nature sont incombustibles. Cependant, soumis à de fortes variations de températures font que certaines ont tendance à se fissurer et à éclater.

Toutes les pierres sont concernées par le risque d'éclatement et (ou) de rupture lorsqu'elles sont soumises aux effets thermiques d'un incendie. Il ne faut donc pas limiter ces phénomènes à la seule pierre dite de « Villebois », même s'il est vrai que cette dernière a servi très largement dans notre région pour la construction notamment des escaliers dans les immeubles d'habitation. La facilité des pierres calcaires à être taillées explique pourquoi elles ont été autant utilisées en la matière.



Les autres éléments de construction qui peuvent être également élaborés à partir de ce type de pierre sont des balcons, dalles de paliers, linteaux, poteaux, ou encore des corbeaux destinés à soutenir des poutres. Ils présentent par conséquent les mêmes comportements en cas de survenue d'un incendie.

Il est à noter que l'emploi de la pierre a progressivement cessé lors de la généralisation de l'utilisation du béton armé dans la construction bâtementaire c'est-à-dire à partir des années 1930. Il y a donc une probabilité très forte dans les immeubles anciens d'être confronté à ce type d'élément de construction en pierre.



Exemple d'un escalier en pierre dans un immeuble d'habitation

La pierre est un matériau dur mais fragile qui craint les chocs mécaniques. Par conséquent, prendre garde à toute action conduisant à taper volontairement ou non sur un élément en pierre (exemple : coup de masse...), car l'éclatement ou la rupture de ce dernier est prévisible.

Les pierres calcaires sont sensibles aux chocs thermiques. Ainsi une élévation ou une diminution rapide de température (gradient), peut provoquer l'éclatement ou la rupture de l'élément de construction considéré. Par exemple, un choc thermique appliqué à un escalier pourra provoquer l'éclatement d'une ou plusieurs marches.

Exemples d'événement conduisant à une montée brutale en température :

- Feu de poubelle dans le volume d'une cage d'escalier ;
- Fuite de gaz enflammée ;
- Feu d'appartement avec destruction de porte palière.

Exemples d'actions conduisant à un refroidissement rapide :

- Projection d'un jet de lance sur une partie surchauffée ;
- Ventilation d'une cage d'escalier par temps froid (naturelle ou forcée).



Exemple d'une marche d'escalier en pierre calcaire présentant une fissure.

Celle-ci constitue un point de rupture potentiel en cas de choc thermique.

La pierre se fend fréquemment dans l'axe transversal, ce qui occasionne une perte de résistance de la marche d'escalier. Conséquence, son propre poids ou celui d'une personne peut déclencher sa chute.





A noter que l'éclatement d'une pierre peut se produire bien au-delà de l'étape du processus de l'incendie, mais aussi pendant toute la phase de refroidissement estimée à une durée de 24 heures après l'événement initial. Il n'y a pas de signe physique visible avant-coureur de l'éclatement.

Structure béton :

Les températures mesurées dans le béton montrent leur rapide décroissance en fonction de l'éloignement de la surface exposée au feu : après une heure d'exposition, 500 °C à 1,5 cm, 350 °C à 3 cm et 100 °C à 7,5 cm de profondeur.



Lorsque l'on sait que le béton dispose encore de 50 à 60 % de sa capacité de résistance à 600 °C (ce qui constitue un avantage par rapport à l'acier qui, à cette température, présente un affaiblissement de ses caractéristiques mécaniques de 75 à 80 %) on peut en conclure que la stabilité d'une structure est, dans la plupart des cas, assurée pendant une durée largement suffisante à une intervention et à l'évacuation des occupants.

En fonction de l'évolution de la température du béton (entre 100 et 1000 °C), plusieurs phénomènes physico-chimiques se succèdent. Ils correspondent à des modifications sensibles de la pâte cimentaire et des granulats à partir de 500°C, qui se traduisent par un affaiblissement du béton.

Le fer et l'acier : l'acier se dilate sous l'action de la chaleur et offre une mauvaise résistance et stabilité au feu. Les pièces d'acier se déforment et cèdent sous l'action de la chaleur.



refroidissement.

Tous les matériaux de construction voient leur résistance diminuer sous l'effet d'une augmentation de température. L'acier ne fait pas exception à la règle.

C'est un matériau incombustible qui perd tout ou partie de sa résistance quand la température augmente au-delà de 550 °C.

En revanche, il recouvre sa pleine résistance après

Il est possible de retarder les effets d'un incendie sur la perte de résistance grâce à des traitements de protection.



	<p>A éviter</p>
	<p>A éviter</p>
	<p>Conforme</p>
	<p>Conforme</p>

Extrait du Guide des vérifications des structures métalliques en cas d'incendie – CTICM 2002



Le bois : les bois durs et denses comme le chêne s'enflamment plus difficilement que les bois

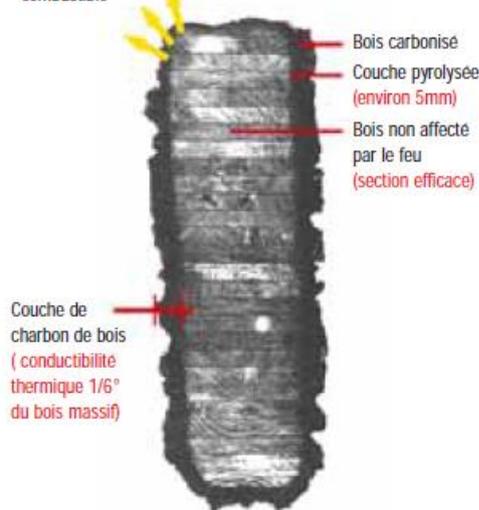


tendres comme le sapin. Les bois à fortes sections (+ de 60 mm) brûlent lentement sans se déformer et conservent plus longtemps une bonne résistance au feu.



Si le bois est certes combustible, il offre une excellente tenue au feu par rapport aux autres matériaux de construction. Il a notamment une forte capacité à conserver ses propriétés mécaniques sous les effets d'un incendie, ce qui permet d'assurer une grande stabilité des ouvrages.

- Évaporation
- CO₂ incombustible O₂ combustible



Lors de la combustion, il se forme en surface des éléments en bois une couche carbonisée qui, étant huit fois plus isolante que le bois lui-même, freine la combustion. De ce fait, le bois se consume donc lentement (0,7 mm par face et par minute).

La vitesse de combustion des éléments en bois dépend de l'essence employée (résineux, feuillus), de l'épaisseur des pièces, de leur taux d'humidité et de l'exposition au feu. Les pièces de forte section (épaisseur supérieure à 6 cm) brûlent lentement, la couche externe de charbon de bois ralentissant encore la combustion. Le bois massif ou lamellé-collé brûle à raison de 1 cm par face et par quart d'heure et les panneaux en bois à raison de 1,5 cm par face et par quart d'heure.

Différents traitements de protection :

Afin d'améliorer la résistance au feu les matériaux sont souvent associés à d'autres comme par exemple :

Les plaques de plâtre : Elles isolent thermiquement la structure contre les effets du feu. Elles permettent à celle-ci de supporter ses charges tout au long de la durée requise (de trente minutes à quatre heures). Deux types de produits doivent être différenciés : ceux de faible densité minérale (inférieur à 180 kg/m³) et ceux de forte densité à base de matériaux comme le plâtre, la vermiculite ou le silicate de calcium.

Les produits projetés : Ces produits sont utilisés sur des éléments de structure non apparents (plafonds suspendus, poutres en treillis). Réalisés à base de plâtre, de vermiculite ou de mélange, ils sont fibreux ou pâteux, et s'appliquent par projection ou comme enduit. Toutefois, l'épaisseur est difficile à contrôler.



ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

Les peintures intumescentes : Elles sont utilisées pour toutes les structures apparentes exigeant une résistance au feu raisonnable. Elles combinent, sur les formules complexes, anticorrosion et protection incendie. Certains fabricants proposent un produit résistant jusqu'à deux heures.

Association bois + plâtre : Depuis des millénaires, le plâtre, fabriqué à partir du gypse qui contient naturellement 20 % d'eau, est utilisé pour protéger les bâtiments du feu.

Outre le fait qu'il soit incombustible, le plâtre produit de la vapeur d'eau le rendant capable d'absorber une partie importante des calories dégagées par le feu et retardant ainsi l'élévation de la température.



Les plaques de plâtre associées aux structures en ossature bois permettent le plus souvent d'atteindre le niveau de protection au feu exigé. De même, du plâtre peut être projeté sur des poteaux ou autres éléments en bois.

Solutions constructives :

L'amélioration de la résistance au feu peut aussi se trouver dans les solutions constructives comme par exemple :

Les structures mixtes : Il s'agit de marier la structure acier au béton. Par exemple : un tube enrobé ou rempli de béton, une poutrelle enrobée sur l'aile.

Selon la réalisation et le choix de la géométrie, on obtient une protection au feu comprise entre trente minutes et quatre heures.

Les systèmes planchers à poutres intégrées : Ce genre de dalles est utilisé depuis plusieurs années en Scandinavie. Il arrive en France. Ces systèmes sont constitués de profilés métalliques dont l'aile inférieure sert de support à des dalles de béton préfabriquées ou à des tôles nervurées de grande hauteur statique.

Ces systèmes ne sont pas encore normalisés au niveau national.

A noter : les dispositions constructives des entrepôts en structure métalliques doivent atteindre 2 objectifs en cas d'incendie d'une cellule :

- ↳ La structure ne doit pas s'effondrer vers l'extérieur.
- ↳ L'effondrement d'une cellule ne doit pas entraîner la ruine des structures adjacentes.



Porter une attention particulière sur la stabilité des bardages
Les constructions anciennes ne tiennent pas compte de ces effets (photo ci-dessus).
Une attention particulière doit être portée sur le cheminement des SP à proximité.

II. REACTION AU FEU :

La réaction au feu représente la manière dont va réagir le matériau lors de l'incendie soit en le limitant, soit en le favorisant. Cette réaction est définie après des essais normalisés au sein de centres agréés.

C'est la façon dont le matériau se comporte en tant qu'aliment du feu.

Les matériaux d'aménagement sont classés en fonction des critères suivants :

- ↪ **Inflammabilité,**
- ↪ **Combustibilité.**

A. LE CLASSEMENT FRANÇAIS :

Il comporte 5 catégories repérées par la lettre M assortie d'un chiffre de 0 à 4 (du plus performant au moins performant) :

	Combustibilité	Inflammabilité	Exemples
M 0	Incombustible	Ininflammable	pierre, brique, ciment, tuiles, acier, plâtre, béton, verre, laine de roche,
M 1	Combustible	Ininflammable	matériaux composites, PVC rigide,



	Combustibilité	Inflammabilité	Exemples
M 2	Combustible	Difficilement inflammable	moquette murale, panneau de particules
M 3	Combustible	Moyennement inflammable	bois revêtement sol caoutchouc, moquette polyamide, laine
M 4	Combustible	Facilement inflammable	papier, polyester, tapis fibres mélangées
NC	Matériaux n'ayant pas subi d'essais en laboratoire ou n'entrant pas dans les catégories.		

Exemples de réaction au feu exigée par la réglementation dans un ERP :

(Etablissement recevant du public)

Escalier protégé



Circulations horizontales protégées et locaux



B. CLASSIFICATION EUROPEENNE :

L'arrêté du 21 novembre 2002 (modifié) relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement, introduit les « euroclasses » de réaction au feu.

Celles-ci sont plus complètes que l'ancien classement français, prenant en compte les fumées dégagées ainsi que d'éventuelles gouttelettes projetées.

Cette classification n'est valable toutefois que pour les produits de construction avec trois distinguos :

- Les matériaux de sols (indice fl pour « floorings »),
- Les matériaux longilignes (indice "l")
- Les autres produits de construction.

Les euroclasses, définies dans la norme européenne EN 13501-1+A1, sont un système de classement en cinq catégories d'exigence : A1, A2, B, C, D, E, F (F correspondant au NC du classement M).



Ils tiennent aussi compte de deux autres critères essentiels (après tests en laboratoire) :

- L'opacité des fumées (quantité et vitesse) notée "s" pour « smoke »
 - s1 : Quantité et vitesse de dégagement faible,
 - s2 : Quantité et vitesse de dégagement moyenne,
 - s3 : Quantité et vitesse de dégagement haute.

- Les gouttelettes et débris enflammés notées "d" pour « droplets »
 - d0 : aucun débris,
 - d1 : aucun débris dont la combustion ne dure pas plus de 10 secondes,
 - d2 : ni d0 ni d1.

Les annexes de cet arrêté donnent les tableaux d'EUROCLASSES admissibles au regard des catégories M mentionnées dans les règlements de sécurité contre l'incendie (valable tant que la réglementation française n'a pas été révisée pour intégrer directement les euroclasses).

1. Les sols :

Ils sont accompagnés de la lettre S pour les dégagements de fumées.

Euroclasses	Fumée	Définition	Classement M exigibles
A₁fl		Incombustible sans fumée	M 0
A₂fl	S1	Incombustible avec très peu de fumée	M 0
	S2	Moyennement inflammable avec dégagement de fumée	M 1
B fl	S1 S2	Moyennement inflammable avec dégagement de fumée plus ou moins dense	M 1
C fl	S1 S2	Plus ou moins moyennement inflammable, avec dégagement de fumée plus ou moins dense	M 2
D fl	S1 S2	Facilement inflammable avec fumée	M 4
E fl F fl		Facilement inflammable avec fumée	M 4



2. Les autres produits de constructions :

Ils sont accompagnés de la lettre S pour les dégagements de fumées, mais également de la lettre d qui correspond aux gouttelettes et débris enflammés dégagés :

Euroclasses	Fumée	Gouttelette débris	Définition	Classement M exigibles
A1			Incombustible sans fumée	M 0
A2	S1	d0	Incombustible avec très peu de fumée	
A2	S1	d1	Ininflammable ; dégagement de fumée,	M 1
A2	S2 S3	d0 d1	Ininflammable ; beaucoup de fumée,	
B	S1 S2 S3	d0 d1	Ininflammable, différentes phases de fumée,	
C	S1 S2 S3	d0 d1	Difficilement inflammable avec différentes phases de fumée	M 2
D	S1	d0 d1	Moyennement voire facilement inflammable avec différentes phases de fumée,	M 3
D	S2 S3	d0 d1		M 4 (non gouttant)

