



Résistance au feu





Table des matières

Introduction.....	3
Définition et classement	3
Degré de combustibilité.....	3
Densité de fumée	3
Indice d'incendie	3
Matériaux de construction	4
Murs et cloisons.....	4
Planchers	6
Piliers, poutres et poteaux	7
Le comportement au feu des structures métalliques	8
Parties de construction.....	11
Classification selon EN 13501-2, EN 13501-3	11
Sources d'informations	12

Notification

Bien que ce document ait été élaboré avec soin à partir de sources reconnues comme fiables, *Swiss Firefighters*, ses administrateurs, son personnel ainsi que les personnes et organismes qui ont collaboré à cette élaboration n'assument aucune responsabilité concernant ce document. Ce dernier ne remplace en aucun cas les documents officiels de la *Fédération Suisse des Sapeurs-Pompiers* (F.S.S.P.) ou d'autres organismes officiels. Ce document a été réalisé à titre informatif.

Dans le cas où il y apparaîtrait la mention d'un produit ou d'un service, cette mention ne doit en aucun cas être interprétée comme une adhésion de *Swiss Firefighters*, de ses administrateurs, de son personnel ou de tout collaborateur individuel ou corporatif, ni comme leur recommandation de tel produit ou de tel service.

Toute reproduction, distribution, modification, retransmission ou publication (sur Internet ou sur papier), même partielle, de ces différents éléments est strictement interdite sans l'accord écrit de *Swiss Firefighters*. Pour de plus amples informations, référez-vous aux conditions générales présentes sur le site.

Swiss Firefighters (www.swiss-firefighters.ch) est un site Internet privé et non-officiel sur les sapeurs-pompiers suisses et ne dépend en aucun cas à un corps de sapeurs-pompiers ou autres.



Introduction

La résistance au feu des éléments de construction est définie comme le temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu malgré l'action de l'incendie.

Appréciation qualitative :

- matériau stable au feu (SF) : le matériau n'est pas déformé par le feu.
- matériau pare-flamme (PF) : le matériau est stable au feu, étanche aux flammes et il n'y a pas d'émission de gaz inflammables.
- matériau coupe-feu (CF) : le matériau est non seulement pare-flamme mais de plus il est isolant thermique.

Appréciation quantitative : c'est le temps pendant lequel le matériau résiste au feu (1/4 h, 1/2 h, 1 h, 1h ½, 2 h).

Définition et classement

Degré de combustibilité

Les matériaux de construction sont classés selon leur combustibilité dans les degrés 3 à 6.

Les matières qui s'enflamment très facilement et se consomment très rapidement (degrés de combustibilité 1 et 2) ne sont pas classées comme matériaux de construction.

L'inflammabilité et la vitesse de combustion déterminent l'indice d'incendie.

Classification :

- | | |
|-------------|-----------------------------------|
| ▪ 3 | facilement combustible |
| ▪ 4 | moyennement combustible |
| ▪ 5 | difficilement combustible |
| ▪ 5 (200°C) | difficilement combustible à 200°C |
| ▪ 6q | quasi incombustible |
| ▪ 6 | incombustible |

Densité de fumée

Les matériaux de construction sont classés dans les degrés 1 à 3, selon la densité de fumée.

L'absorption lumineuse détermine le degré de densité de fumée.

Classification :

- | | | |
|-----|---------|---|
| ▪ 1 | forte | absorption max. de lumière de plus de 90% |
| ▪ 2 | moyenne | absorption max. de lumière de 50% à 90% |
| ▪ 3 | faible | absorption max. de lumière de 0% à 50% |

Indice d'incendie

L'indice d'incendie (I-I) est déterminé par les degrés de combustibilité (premier chiffre) et de densité de fumée (second chiffre) établis lors des essais (par ex. I-I 4.3).



Matériaux de construction

Les matériaux sont classés selon leur réaction au feu, c'est à dire s'il sont incombustibles, non inflammable, etc.

Classes de matériaux	Réaction au feu	Mode de combustion
M 0	Incombustible	Pas de modification.
M 1	Non inflammable	La décomposition se fait sans flamme, ni chaleur, ni gaz.
M 2	Difficilement inflammable	La combustion ou incandescence cesse dès la suppression de la source de chaleur.
M 3	Moyennement inflammable	La combustion ou incandescence continue après suppression de la source de chaleur puis cesse.
M 4	Facilement inflammable	La combustion ou incandescence se poursuit jusqu'à la destruction totale.

Murs et cloisons

Matériaux	Epaisseur (cm)	Protection	Résistance au feu	
			PF	CF
Briques pleines	6	Nu	6 h	½ h
		1 cm de plâtre	6 h	1 h 30
	11	Nu	6 h	2 h
		1 cm de plâtre	6 h	3 h
Briques creuses	15	Nu	6 h	2 h
		1 cm plâtre 1 face	6 h	3 h
		1 cm plâtre 2 faces	6 h	4 h
Parpaings pleins	10	Nu	5 h	2
	15	Nu	5 h	4
	20	Nu	6 h	6
Pleinclam	7	-	4 h	4 h
Carreaux de plâtre	5		3 h	2 h
	6		4 h	3 h
	7		4 h	4 h
	10		6 h	6 h
Parpaings creux	10	Nu	4 h	1 h
	15	Nu	6 h	3 h
		1,5 cm plâtre 1 face	6 h	4 h
	20	Nu	6 h	6 h

Note : PF = Pare Flamme

CF = Coupe feu



Parois résistantes au feu en matériaux incombustibles, sans crépi, hauteur de la paroi env. 3.00 m	Epaisseurs minimales de la paroi en cm				
	F30	F60	F90	F120	F180
Briques terre cuite, briques silicocalcaires, briques de ciment maçonnées à plein jointolement, sans crépi	7.5	10	12	15	25
Briques terre cuite Swissmodul ¹⁾ crépi de 5 mm d'épaisseur au minimum sur les deux côtés (joints de bout: briques placées bout à bout sans mortier)	-	7.5	10	12.5	17.5
Briques et panneaux légers, PS min. 600 kg/m ³ (béton cellulaire, béton argile expansée), joints de bout et joints d'assise au mortier, à plein jointolement	7.5	7.5	10	12.5	24
Briques de ciment de laitier (briques creuses) Briques creuses en ciment	12	17	25	-	-
Carreaux isolants en terre cuite	7.5	-	-	-	-
Carreaux de plâtre	5	6	8	10	14
Béton porteur ²⁾	12	14	17	22	30
Béton non porteur	8	8	10	-	-
Plots pour murs en matériau léger, composé de copeaux de bois liés au ciment, bétonnés, recouverts d'un crépi sur les deux faces	-	-	15	20	25
Parois résistantes au feu en matériaux combustibles, hauteur de la paroi env. 3 m					
Constructions en bois	3)	-	-	-	-

¹⁾ A l'exception des briques spéciales telles que briques creuses, briques de coffrage ou d'armature

²⁾ Recouvrement du ferrailage selon norme SIA 162, édition 1989

³⁾ F 30 bb, min. 8 cm pour constructions massives en bois; construction/preuve selon documentation SIA/Lignum 84 (1998)



Planchers

Planchers résistants au feu (sans revêtement/sans crépi)	Epaisseurs minimales en cm				
	F30	F60	F90	F120	F180
Plaques en béton armé ⁴⁾	6	8	10	15	20
Planchers mixtes: <ul style="list-style-type: none">tôle d'acier profilé/plaques en béton armé⁵⁾plaques préfabriquées en béton précontraint/chape en béton avec ferrailage à joints verticaux, épaisseur totale	8 -	10 -	12 16 ⁴⁾	- -	- -
Plaques en béton cellulaire armé ⁴⁾	-	-	10 ⁴⁾	12.5 ⁴⁾	15 ⁴⁾
Planchers en terre cuite/planchers en poutres de béton armé, chape en béton 4 cm, épaisseur totale	-	16 ⁴⁾	19 ⁴⁾	-	-
Planchers en poutres d'acier	6)	-	-	-	-

⁴⁾ Recouvrement du ferrailage selon norme SIA 162, édition 1989

⁵⁾ Procédé de calcul pour planchers plus minces voir publication SZS E2 «Résistance au feu des dalles mixtes avec tôles profilées» (1987)

⁶⁾ Résistance au feu calculée selon un procédé reconnu

⁷⁾ F 30 bb, min. 8 cm pour construction massive en bois; construction/preuve selon documentation SIA/Lignum 84 (1998)



Piliers, poutres et poteaux

Caractéristiques	Charge	Protection	Stabilité au Feu
Chêne 0,15 x 0,15 - 2,30 m	10 t	Nu 1 cm plâtre sur grillage	1/2 h 1 h
Bois lamellé collé (sapin) 10 planchers 0,18 x 0,02 - 2,30 m	18 t	Nu	1/2 h
Béton armé 0,15 x 0,15 - 2,30 m	26 t	Nu 1 cm plâtre sur grillage 2 cm plâtre sur grillage	1 h 30 2 h 3 h
0,20 x 0,20	26 t	Nu	2 h
0,225 x 0,225	26 t	Nu	3 h
Métallique Heb 140 - 2,30 m	50 t	Nu Plâtre 2 cm Plâtre 3 cm Plâtre 4 cm	non classé 1/2 h 1 h 2 h

Les poteaux en acier nu ne résistent généralement au feu que très peu de temps (HN 140mm - charge 20 tonnes - SF 13mm) car le métal perd une grande partie de sa résistance à partir de 550°-600°C.

Une protection (peinture intumescente, projection de plâtre, habillage) est indispensable pour obtenir une certaine stabilité au feu.

Le D.T.U. "Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en acier" permet de justifier par le calcul une éventuelle stabilité au feu d'une ossature métallique ou de déterminer la protection nécessaire.

Piliers résistants au feu (sans revêtement/sans crépi)	Dimensions minimales en cm				
	F30	F60	F90	F120	F180
Maçonnerie	-	25	38	-	-
Béton armé (à section rectangulaire ou ronde) ⁸⁾	15	20	24	30	40
Acier	⁸⁾	-	-	-	-
Bois	¹⁰⁾	-	-	-	-
Poutres résistantes au feu (sans revêtement/sans crépi)	Dimensions minimales en cm				
	F30	F60	F90	F120	F180
Béton armé ⁸⁾	10	15	20	30	40
Largeur, hauteur effective min. 40 cm					
Acier	⁹⁾	-	-	-	-

⁸⁾ Recouvrement du ferrailage selon norme SIA 162, édition 1989

⁹⁾ Résistance au feu calculée selon un procédé reconnu, p.ex. selon la publication SZS C2.1 «La résistance au feu des parties de construction métallique» (1986)

¹⁰⁾ F 30 bb min. 8 cm; preuve à apporter selon documentation SIA/Lignum 84 (1998)

Le comportement au feu des structures métalliques

Que demande-t-on à une structure en cas d'incendie? On lui demande deux choses: une stabilité et une résistance au feu. Il est normal qu'elle ne soit pas un facteur de propagation et cela le plus longtemps possible. C'est pourquoi dans cette partie nous allons nous intéresser aux facteurs influençant sur la résistance des structures métalliques en cas d'incendie.

1. Propriétés physiques de l'acier

Chaque élément a des avantages et des inconvénients. Un avantage indéniable de l'acier est qu'il est incombustible (classification MO des matériaux de constructions)

Autre avantage de l'acier, il dispose d'une bonne ductilité, c'est à dire une capacité à se déformer et à absorber une énergie sans rupture. Cette caractéristique est principalement employée dans le domaine parasismique.

Cependant l'acier a une forte conductibilité thermique. Cela signifie que sa température augmente rapidement lors d'une exposition à la chaleur.

Lors d'un incendie, l'exposition des structures métalliques peut être le fruit de deux phénomènes: le rayonnement thermique des flammes et la convection, c'est à dire le déplacement des masses de gaz chauds.

De nombreuses études ont aussi démontré que l'acier a un comportement homogène lors de son exposition à la chaleur. C'est ainsi qu'une formule empirique a pu être établie:

On constate que l'échauffement D_{qa} pour une période D_t est proportionnelle à la quantité de chaleur Q , qui correspond au rayonnement, à la température ambiante etc. Il est évident que moins un feu est approvisionné en combustible, moins cette quantité de chaleur est importante. D'où la nécessité de favoriser les matériaux incombustibles dans les procédés d'isolation notoirement.

Cet échauffement est également proportionnel à la surface échauffée (S). Cette notion est aussi capitale et influe directement sur l'architecture. En limitant les surfaces métalliques exposées, on atténue le phénomène de conductibilité thermique.

C_p et ρ sont les données intrinsèques de l'acier, ρ étant sa masse volumique et C_p sa capacité calorifique. On peut jouer sur ces facteurs lors de l'élaboration de l'acier. Ainsi l'addition de chrome, de vanadium, de molybdène permet d'accroître la résistance aux températures élevées.

Le dernier facteur de cette relation est le volume à échauffer (V).

Bien souvent le rapport S/V , appelé facteur de massivité est utilisé. Plus ce facteur est grand, plus la surface affectée à l'échauffement est importante, plus l'échauffement sera rapide.

En utilisant la température de ruine (limite au-delà de laquelle une structure ne peut plus supporter la charge pour laquelle elle a été conçue) déterminée expérimentalement, on peut, grâce à la formule, déterminer le temps pendant lequel la structure assurera sa fonction. Cette notion correspond en fait à la résistance au feu de la structure. Une résistance d'au moins 30 minutes est exigée légalement pour les établissements recevant du public (ERP), mais elle varie en fonction de la nature de l'activité des bâtiments.

En outre, tous les matériaux de construction voient leur résistance diminuer sous l'effet d'une augmentation de la température. A compter de 500°C, l'acier perd ses capacités portantes, la référence étant la capacité élastique de l'acier, elle aussi déterminée expérimentalement.



2. Procédés d'amélioration du comportement au feu des structures métalliques

Le risque en cas d'incendie d'une structure métallique est la ruine des parois plus rigides que l'acier. Ainsi ce dernier se déformerait suite à l'élévation de température de la structure, entraînant des contraintes telles que les matériaux rigides à son contact pourrait s'écrouler.

a. Intégration des éléments de structure

Dans les constructions, les ossatures métalliques sont fixées aux autres éléments du bâtiment. En intégrant les éléments métalliques et les éléments de construction adjacents, on peut tirer partie des qualités de capacité calorifique et d'isolation thermique.

Ainsi par l'utilisation de poutres cornières, on réduit la surface exposée.

On peut également noyer dans les éléments de construction les poutrelles en acier de sorte que seule la partie inférieure soit exposée au feu.

Une solution économique peut être obtenue en soudant un plat d'acier sur la selle inférieure d'un profil laminé à chaud. La dalle en béton prend appui sur le plat et protège la poutre contre une exposition directe au feu. La résistance au feu de ce système varie en fonction de l'épaisseur et du revêtement du 'plat'.

Toutes ces méthodes s'appliquent également aux poteaux.

b. Isolation

L'isolation des éléments métalliques est le moyen le plus couramment utilisé pour protéger l'acier contre le feu. Lorsque des éléments métalliques doivent impérativement satisfaire à des conditions sévères de résistance au feu, on peut les protéger par une couche de matériau isolant empêchant le contact direct au feu. Ce matériau doit avoir une grande capacité d'isolation thermique (norme ISO 834), être, le plus incombustible possible, être stable et ce le plus longtemps possible durant la période d'échauffement. Ils ne doivent pas produire de fumées toxiques sous l'effet de températures élevées.

Dans cette catégorie on retrouve:

- les panneaux isolants (à base de plâtre, fibres minérales etc...);
- les produits projetés qui forment un caisson autour du profilé et qui se présentent sous la forme de mélanges pâteux ou fibreux. Ils sont appliqués sur le contour en adhérent directement à l'acier ou projeté sur un grillage métallique formant un caisson autour du profilé ;
- les produits intumescents qui ont la particularité de s'expanser lorsque la température atteint 250 à 300°C, formant une meringue de quelques centimètres autour des profilés ;
- les plafonds suspendus qui font office d'écran et d'isolation thermique contre un échauffement excessif des poutres et planchers ;
- les écrans anti-rayonnement thermique: des panneaux en tôle mince utilisés pour protéger des structures extérieures entre autre ;
- le béton: des poteaux ou des poutres profilés en H enrobés de béton par exemple.



c. Constructions mixtes acier-béton

Une alternative à la protection conventionnelle de l'acier est offerte par la construction mixte acier-béton. Les éléments structuraux mixtes facilitent la réalisation de structures résistant au feu tout en permettant de mettre en œuvre des éléments en acier partiellement visibles. Le béton participe à la fonction porteuse de la structure et empêche la propagation de la chaleur vers l'acier qui est au cœur de la section.

Il existe plusieurs procédés: dalles mixtes acier-béton, planchers à coffrage métallique, poutres mixtes, poteaux mixtes enrobant ou non entièrement les profilés en acier, poteaux mixtes avec profilés en acier bétonné entre les semelles, poteaux mixtes ou profilés creux remplis de béton.

d. Refroidissement par l'eau

L'utilisation d'un système d'irrigation par l'eau est une solution pour garder l'ossature métallique visible. Cette opération est réalisée soit en faisant circuler de l'eau à l'intérieur des profils creux soit en installant des têtes de sprinklers extérieurs.

Pour la circulation d'eau, 3 phénomènes sont utilisés pour l'effet de refroidissement:

- l'absorption de la chaleur par l'eau ;
- l'évolution de la chaleur par la circulation de l'eau ;
- la consommation d'énergie par la vaporisation de l'eau.

L'eau est ainsi remplacée au fur et à mesure de son échauffement.

Deux procédés sont utilisés : soit les éléments structuraux sont remplis d'eau au moment où l'incendie se déclare, posant le problème du temps de remplissage, soit les structures sont remplies d'eau en permanence posant les problèmes du gel et de la corrosion.

Dans le cas des sprinklers soit les têtes sont installées pour refroidir les éléments portant soit sur le côté non exposé au feu de parois de compartiments en tôles nervurées destinées à empêcher la propagation du feu.

Parties de construction

Le comportement au feu des parties de construction se caractérise en particulier par la durée de résistance au feu. Celle-ci est la durée minimale pendant laquelle une partie de construction doit remplir les conditions données.

Les parties de construction sont divisées en classes (F, T, R, K, S, A) et caractérisées par leur durée de résistance au feu.

Type	Descriptif	Classes de résistance au feu
F	Parties de construction portantes et compartiments	F 30cb, 30, 60, 90, 120, 180, 240
T	Eléments mobiles (portes)	T 30, 60, 90
R	Fermetures étanches à la fumée et aux flammes	R 30, 60
K	Clapets coupe-feu	K 30, 60, 90
S	Obturations coupe-feu	S 30, 60, 90
A	Portes de cages d'ascenseur	A 30, 60

Classification selon EN 13501-2, EN 13501-3

Dans la normalisation européenne, les parties de construction sont classifiées au moyen des critères suivants: résistance (R), étanchéité (E) et conductivité thermique / isolation (I)

R Partie de construction portante, sans perte de stabilité pour des effets du feu définis.

E Partie de construction étanche ; la pénétration de fumée et de flammes est impossible.

I Partie de construction isolant thermiquement, la conductivité thermique est maintenue dans une proportion définie.

La lettre d'identification est assortie d'une indication de durée – 30, 60 ou 90 minutes, etc., – ce qui donne la classification de résistance au feu de la partie de construction considérée, p.ex. : REI 60, EI 60, E 30.

Pour ce qui est de la résistance au feu, la concordance entre les classifications européennes des parties de construction et les classifications AEAI sont les suivantes :

Partie de construction	EN	AEAI
portante, étanche	REI	F
non portante, étanche	EI	F, S, K
étanche, mobile	EI	T
étanche à la fumée et aux flammes	E	R



Pour plus d'information, consultez le site RPIonline (<http://bsronline.vkf.ch>).

La liste des matériaux n'est pas exhaustive, mais relève les grandes lignes.

Sources d'informations

www.pc-securite.dpn.ch

<http://bsronline.vkf.ch> - RPIonline

www.vkf.ch - AIAE

<http://membres.lycos.fr/rtmpailleron>