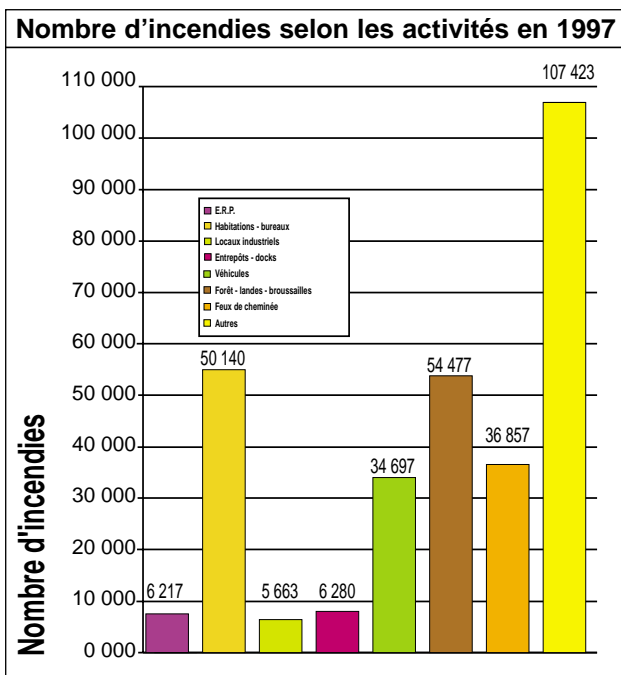


9.3 Sécurité en cas d'incendie



Répartition du nombre des victimes d'incendie en France, en 1997, (hors BSPP – BMPM)

	Personnes décédées	Blessés graves	Blessés légers
Etablissements recevant du public	19	18	217
Habitations, bureaux	150	318	1 980
Locaux industriels	2	24	152
Entrepôts - docks	1	6	35
Véhicules	statistiques en cours		
Feux de forêt	8	21	91
Feux de cheminées	3	25	114
Autres	37	70	688
Totaux partiels	220	482	3 277

Dans la mémoire collective et le subconscient humain, le feu reste encore de nos jours, un fléau redouté, cause de paniques et de pertes importantes en vies et en biens.

1. Tous les acteurs de la construction se doivent d'employer les meilleures parades tant législatives que constructives et les meilleurs matériaux pour le combattre et limiter ses effets dévastateurs.
2. Les interventions des sapeurs-pompiers s'élèvent à près de 3,230 millions en France ; 9,95 % concernent les incendies (5 % en Région parisienne).

La répartition des sinistres par activités est à rapprocher du nombre de victimes.

On note une évolution préoccupante du nombre des interventions et des victimes dans les établissements d'habitations et les bureaux (50 140) ainsi que dans les établissements industriels et entrepôts (12 000).

Selon l'APSAD 75 % des entreprises sinistrées déposent leur bilan.

Le coût direct des incendies s'élève à 15 milliards de francs. Les causes des incendies sont qualifiées de naturelles ou d'accidentelles. On retiendra que souvent un facteur humain est à l'origine du sinistre. Dans le milieu industriel, la malveillance est en progression.

Pour lutter efficacement contre le feu, la législation a imposé des réglementations. Un accroissement des exigences portant sur la conception des bâtiment et

En ce qui concerne le béton, son caractère incombustible est une évidence. Il faut, en outre, souligner sa faible vitesse d'échauffement. Soumis à une température correspondant à celle d'un incendie, le béton n'atteint au bout d'une heure que 350 °C à 3 cm de profondeur et 100 °C à 7,5 cm. Ces températures sont très en deçà de celles pour lesquelles les caractéristiques du matériau sont affectées de façon sensible (environ 600 °C). Elles montrent l'efficacité de la protection assurée par une paroi en béton, aussi bien du point de vue de sa stabilité que de la propagation du feu. Le béton armé, moyennant un enrobage suffisant des armatures, constitue donc une solution économique et sûre dans la réalisation de structures résistant au feu et de parois jouant un rôle coupe-feu.

notamment ceux recevant du public et des travailleurs, actualise les règles et les contrôles tout en précisant les responsabilités. Des normes et essais complètent le dispositif, permettent les classements des matériaux et intègrent les évolutions technologiques et exigences européennes.

Les directives européennes

Le 21 décembre 1988, une directive du Conseil des communautés européennes, « Directive Produits de Construction » a mis en exergue tout l'intérêt des législateurs Européens pour arriver à terme à une harmonisation des règles afin d'aboutir à une libre circulation des produits.

Six exigences essentielles ont été retenues. Parmi elles, la sécurité en cas d'incendie doit être prise en compte pour la bonne construction d'un ouvrage.

Un ouvrage doit être conçu et construit de manière qu'en cas d'incendie :

1. La stabilité des éléments porteurs de l'ouvrage puisse être présumée pendant une durée déterminée.
2. L'apparition et la propagation du feu et de la fumée à l'intérieur de l'ouvrage soient limitées.
3. L'extension du feu à des ouvrages voisins soient limitée.
4. Les occupants puissent quitter l'ouvrage indemnes ou être secourus.
5. La sécurité des Équipes de secours soit prise en compte.

Des normes d'essais et de calcul permettront la vérification des performances des différents éléments de construction.



Brigade des sapeurs-pompiers de Paris.
Studio AB SAT, Saint-Denis, 1997.

Un bâtiment ne pourra être efficacement protégé en cas d'incendie que si et seulement si les structures offrent des garanties de stabilité suffisamment longtemps pour permettre la mise en œuvre des matériels des sapeurs-pompiers. Sans cela, l'action de ces derniers sera inopérante, ils ne pourront pas pénétrer à l'intérieur en toute sécurité afin de maîtriser le feu au plus vite et protéger ainsi les biens et points névralgiques de la vie de l'entreprise et au sauvetage des personnes qui n'ont pu être évacuées

Principes de la réglementation incendie

Si la réglementation française vise essentiellement à assurer la protection des personnes, on retiendra que les assureurs préconisent des mesures propres à protéger les biens.

Les grands principes tendent à :

- limiter les risques d'éclosion du feu ;
- limiter la propagation de l'incendie ;
- évacuer les personnes en danger ;
- faciliter l'intervention des secours.

Des règles constructives assorties de prescriptions de sécurité concernent les bâtiments neufs à modifier et aménager.

Elles s'appliquent aux :

- établissements recevant du public (ERP) ;
- immeubles de grande hauteur (IGH) ;
- bâtiments industriels et bureaux (code du travail) ;
- installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) ;
- garages et parkings ;
- bâtiments d'habitation qui sont répartis en quatre familles (les mesures de sécurité augmentent en fonction de la hauteur).

En ce qui concerne les (IGH) immeubles de grande hauteur (plus de 50 m pour les habitations, 28 m pour les autres bâtiments), le règlement est plus exigeant en matière de compartimentage, et de stabilité pour éviter la propagation du feu.

Les dispositions concernant le désenfumage sont également bien précisées pour les IGH et les ERP. Les fumées présentent en effet, une double action : la toxicité et l'opacité. Il est donc nécessaire, dans les locaux réunissant de nombreux occupants, de minimiser le rôle direct qu'elles jouent en créant une réaction de panique par manque de visibilité pour les occupants, et en gênant les interventions des secours.

Une notion globale de système de sécurité incendie a été introduite dans le règlement de sécurité.

Connaissance du feu - développement de l'incendie

Le feu est un phénomène dynamique compliqué qui peut conduire à la destruction d'un bâtiment.

ÉCLOSION + PROPAGATION = DESTRUCTION

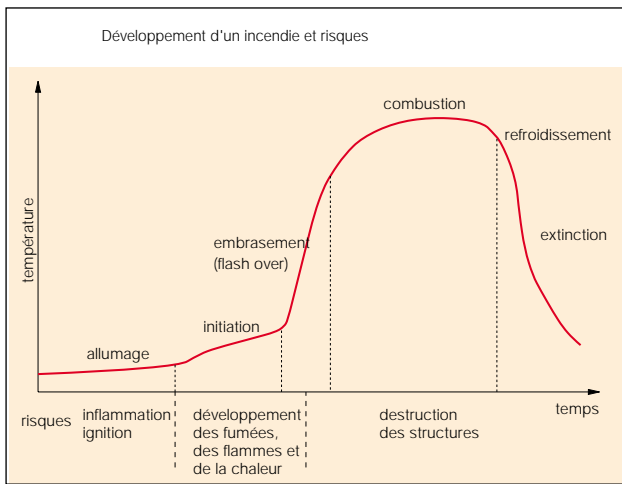
De cette constatation et de la connaissance des phénomènes, découle l'essentiel des mesures de sécurité incendie.

Trois composants sont nécessaires au développement du feu :

- le combustible (les matières) ;
- la source d'énergie (une flamme) ;
- le comburant (l'air).

La combustion d'un incendie passe par plusieurs phases :

- allumage ;
- initiation ;
- embrasement ;
- combustion ;
- décroissance.



C'est à ce stade qu'il est particulièrement important que les matériaux utilisés pour les parois présentent des caractéristiques propres à maintenir la stabilité de l'ouvrage, d'une part, et à empêcher le passage des flammes et de la fumée, d'autre part. La résistance au feu est la caractéristique qui permet d'apprécier le comportement des matériaux face à ces phénomènes.

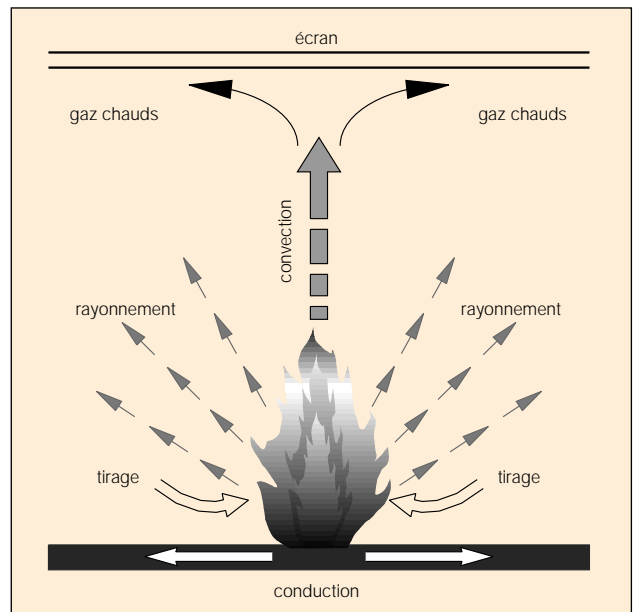
La propagation du feu se fait par l'inflammation des cibles exposées à la chaleur du premier foyer, lorsque celles-ci atteignent à leur tour la température d'allumage. Au cours de cette phase, les matériaux de revêtement des murs et des plafonds sont les plus exposés et participent au développement du feu selon leur degré d'inflammabilité.

L'embrasement généralisé d'un local correspond à un régime stationnaire de combustion, qui ne dépend plus que de la quantité de combustible et de la dimension des ouvertures. Tous les matériaux thermodégradables présents entrent en combustion. Les flux thermiques engendrés deviennent dangereux, à la fois pour les personnes et pour les biens matériels.

Mode de propagation du feu :

- conduction ;
- rayonnement ;
- convection.

Dans la phase de démarrage, il y a inflammation des matériaux combustibles situés à proximité immédiate du foyer initial. Cette phase est fonction du volume du local, du débit d'oxygène, de la quantité de matières combustibles et de leur degré de réaction au feu.



Feu dans un entrepôt de stockage de mobilier en plastique



Un bâtiment a été sauvé grâce au mur coupe-feu en blocs de béton.



La propagation du feu a été possible. Elle s'est faite par rayonnement et transport des gaz chauds

Le comportement au feu

Le code de la construction et de l'habitation (art. R 121-1) prévoit une classification des matériaux et éléments de construction en fonction de leur comportement en cas d'incendie.

Deux critères sont ainsi appréciés :

- **la réaction au feu** c'est-à-dire l'élément qui peut être apporté au feu et au développement de l'incendie ;

– **la résistance au feu**, c'est-à-dire le temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu malgré l'action de l'incendie.

Le classement des matériaux est déterminé conformément à l'arrêté du 30 juin 1983 du Ministre de l'intérieur.

Il concerne les matériaux de construction finis et les revêtements appliqués sur leurs supports (panneaux, plaques, films, feuilles, tubes, etc.).

Les bétons, les mortiers de ciments et de chaux sont par nature incombustibles et classés M0			
Classement de réaction au feu			
Incombustible	M0		Béton mortier
Combustible	M1	non inflammable	
	M2	difficilement inflammable	
	M3	moyennement inflammable	
	M4	facilement inflammable	
	NC	non classé	

Les matières premières ne sont pas concernées.

Les matériaux sont classés en deux groupes ; combustibles et incombustibles et cinq catégories M0 à M4 et non classé.

Les quantités de chaleur dégagées et la présence ou l'absence de gaz inflammables permettent ces classifications.

On retiendra que selon des statistiques officielles, et l'analyse de scénarios de feu en habitation, 15 % impliquent des mousses et produits de synthèse et que les décès sont dus pour 80 % aux dégagements de gaz et de fumées.

Évolution Européenne - Classement de réaction au feu

Dans un but d'harmonisation, la Commission Européenne a adopté en 1999 un système de classement en réaction au feu des produits de construction.

Six euroclasses allant de A à F des matériaux les moins combustibles aux plus combustibles pourront remplacer le classement français de M0 à M4.

Nota : le béton et les mortiers resteront encore incombustibles – classement A.

La résistance au feu

La réglementation est basée sur la conception de bâtiments susceptibles d'empêcher la propagation d'un incendie et qui ménagent des cheminements d'évacuation pour les occupants : c'est le principe du compartimentage des locaux. Le code de la construction et de l'habitation précise l'objectif à atteindre pour la classification de la résistance au feu.

L'arrêté du 3 août 1999 mis en application du code précise les critères retenus pour les éléments de construction.

La classification est établie en tenant compte du temps pendant lequel sont satisfaites les conditions imposées relatives à :

- la résistance mécanique ;
- l'isolation thermique ;
- ces deux critères cumulés.

Aussi, selon les fonctions particulières et le rôle qu'est appelé à jouer au cours d'un incendie un élément de construction, son classement peut relever de trois catégories.

1. Classement de stabilité au feu (SF)

Le critère de résistance mécanique est requis, on mesure le temps pendant lequel un ouvrage structural (poteau, poutre, voile, etc...) ou un élément de construction soumis à une charge assurent leur fonction sans s'effondrer.

2. Classement pare-flammes (PF)

Les critères de résistance mécanique et d'étanchéité aux flammes et gaz chauds ou inflammables sont requis (paroi, cloison, porte, etc...).

3. Classement coupe-feu (CF)

L'élément testé doit répondre aux trois critères (résistance mécanique, étanchéité aux flammes et gaz, isolation thermique).

Nota

Les gaines et conduits se voient attribuer un classement PF ou CF de traversée de paroi.

Classement de résistance au feu

Les essais au four sont exécutés sur des éléments de construction mis en œuvre dans les conditions habituelles d'utilisation, en fermant une face d'un four. A l'intérieur du four, la montée en température est assurée de façon conventionnelle.



Essai de plancher béton sur four horizontal

Méthodes de classification

Les degrés de résistance au feu des éléments de construction sont déterminés par l'une des méthodes suivantes :

1. A la suite d'essais conventionnels, isolés ou de gamme ;
2. A la suite d'essais conventionnels assortis d'essais complémentaires ;
3. Après avis du CECMI, à la suite d'essais semi-naturels ou naturels ;

CLASSEMENT DE RÉSISTANCE AU FEU DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION

Classement	CRITERES A SATISFAIRE			éléments concernés
	stabilité mécanique	étanchéité aux flammes et aux gaz	Isolation thermique	
Stable au feu (SF)	X			Poteaux Poutres
Pare-flammes (PF)	X	X		Blocs-portes Murs et cloisons
Coupe-feu (CF)	X	X	X	Murs et cloisons Planchers

exemple : un poteau ayant satisfait au critère de résistance pendant 1 h 10 sera classé degré stable au feu 1 h (seuil directement inférieur à celui obtenu lors de l'essai). Les classements après essais sont exprimés en degrés et en durée 1/4 h - 1/2 h - 3/4 h - 1 h - 1 h 30 - 2 h - 3 h - 4 h - 6 h.

4. Par extension à un procès-verbal antérieur ;
5. Par le calcul selon des méthodes agréées après avis du CECMI, telles que les normes ;
6. Par application des normes ou de l'Eurocode agréés après avis du CECMI entérinant des procédés de fabrication ;
7. Par un processus mixte, dans lequel par exemple les durées de satisfaction aux critères d'isolation et d'étanchéité sont déterminées expérimentalement et la stabilité est évaluée par le calcul soit directement, soit à partir des températures mesurées lors d'un essai ;
8. Par analogie à des cas antérieurs dont les laboratoires ont connaissance (dispositifs ou systèmes banalisés).

CECMI : comité d'étude et de classification des matériaux et éléments de construction par rapport au danger d'incendie.

CSTB
CTICM
GERBAM } laboratoires agréés

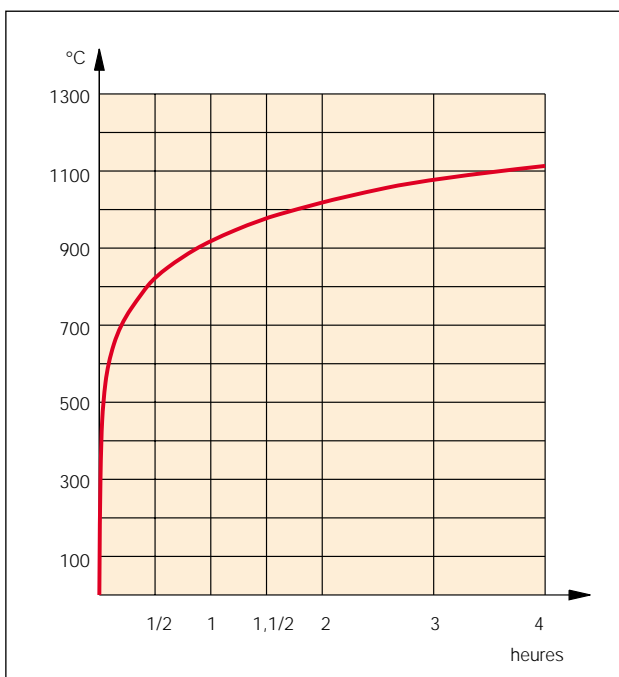
CERIB : centre d'études et de recherches de l'industrie du béton.

Considérations pour le concepteur sur les notions de résistance au feu :

1. Les degrés de résistance au feu déterminés par le programme thermique normalisé ne représentent pas le temps réel de résistance au feu de ces éléments lors d'un incendie. Ils ont uniquement pour but de classer ces éléments les uns par rapport aux autres.
2. La résistance au feu exigée pour les éléments de structure vise uniquement à permettre l'évacuation du public et des tiers éventuels situés dans le même bâtiment. Elle ne prétend pas assurer la sauvegarde de l'immeuble après l'évacuation.
3. La stabilité au feu de la structure doit être maintenue en permanence

Les maîtres d'œuvres peuvent utiliser des éléments de construction ayant une résistance supérieure pour obtenir une meilleure conservation du bâtiment.

Dans tous les cas le béton satisfait à ces considérations.



Évolution des températures selon la courbe ISO 834

La prévision du comportement des structures en béton

Les impératifs de stabilité d'un ouvrage en cas d'incendie ont conduit à prévoir le comportement des structures soumises aux effets du feu et les moyens de les calculer.

Les normes ont été élaborées pour répondre à ce besoin pour les différents matériaux constitutifs : béton, acier, bois. La prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton fait l'objet de la norme P 92-701 (DTU feu béton).

Le principe de justification des structures béton repose sur le calcul aux états limites ultimes de résistance, en affectant les contraintes d'un coefficient minorateur dépendant de la température atteinte dans la section considérée.

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 résis-

tance 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. Exigences essentielles de la réglementation.

Le dimensionnement des structures, du point de vue de leur résistance au feu, est généralement délicat à déterminer par le calcul. Dans la plupart des cas, on peut éviter cette démarche en se référant aux résultats

des essais effectués sur des éléments de structure types, qui permettent d'apprécier leur degré de résistance au feu. Pour les ouvrages particuliers, le calcul peut s'avérer pratique.

- Pour les planchers et les poutres, on a intérêt à assurer la continuité de la transmission des efforts par des aciers disposés en partie supérieure, moins affectée en cas d'incendie.
- L'augmentation de l'enrobage des aciers est favorable à la stabilité au feu ; au-delà d'une certaine épaisseur, l'emploi d'un treillage de protection permet de s'opposer à l'éclatement du béton.

CLOISONS ET MURS EN BLOC DE BÉTON NON ENDUITS									
Dimensions des blocs	Type de bloc	N° du PV d'essai	Référence de reconduction	Date limite de validité	Degré C.F.	Degré P.F. résistance	Degré S.F.	Classe de résistance	Utilisation
10 x 20 x 50	plein	CSTB 92.33345	SF.DE.97.0477	12/05/2002	1 h 30	6 h	-	B 80	cloison
20 x 20 x 40	plein	CSTB 93.35280	6 h	6 h	6 h			B 160	mur porteur
20 x 20 x 50	perforé	CSTB RS 97023	-	juin 2002	6 h	6 h	6 h	B 120	
15 x 20 x 50	Creux 1 rangée d'alvéoles	CSTB 85.22776	SF.TE. 96 0240	25/02/2001	1 h 30	3 h	4 h	B 40	
15 x 20 x 50	Creux 2 rangées d'alvéoles	CSTB 85.22031	SF.TE 95 560	19/06/2000	3 h	6 h	6 h	B 40	

Les matériaux et éléments de construction cités ci-après constituent un guide. Ils ont été testés par les laboratoires agréés à la suite de demandes d'industriels ou des centres de recherches dont le CERIB.

Feu « entrepôts du port de Gennevilliers (92) »



Photo R. Dosne.

La structure s'est effondrée.



photo René Dosne

Le mur coupe-feu en blocs de béton 20x20x50, CF 4 h a parfaitement rempli sa mission. Le feu a été contenu dans ses limites



Photo ESPP



Photo BSPP

Dans les domaines du stockage industriel des matériaux inflammables et combustibles, le béton est un gage de sécurité fiable.

Avec le béton, le maintien des propriétés des structures est assuré. L'incendie reste limité à une zone ou un compartiment. Ce n'est pas le cas des autres matériaux.



Photo BSPP

En IGH, les planchers béton coupe-feu 2 heures évitent les catastrophes



Photo BSPP

En immeuble d'habitation, les façades et ossatures béton assurent le respect facile du C + D et la non propagation du feu aux étages supérieurs.

Les règles constructives

Pour l'ensemble des ouvrages en béton armé, certaines règles constructives générales facilitent la conception de structures aptes à satisfaire les critères d'exigence de résistance au feu et leur confèrent des degrés coupe-feu et stables au feu largement supérieurs aux exigences de la plupart des bâtiments.

Les joints de dilatation conçus pour s'opposer au passage des flammes et des gaz doivent tenir compte des variations dimensionnelles provoquées par l'élévation de température en cas d'incendie.

Évolution Européenne (résistance au feu)

Un arrêté du 22 juillet 1997 du ministère de l'intérieur a donné la possibilité d'utiliser les Eurocodes européens (prénormes) pour déterminer par le calcul les degrés de résistance au feu des éléments de construction.

L'EC2 (règles de calculs des constructions en béton) et en particulier la partie 1-2 (calcul au feu) peut être appliquée.

Performances futures : les critères retenus par le CEN sont proches des critères français. Il convient de s'habituer aux nouveaux critères : R - E - I.

R : capacité portante
E : étanchéité aux flammes
I : isolation thermique.

Les degrés en minutes sont pratiquement identiques.

Exemple : un mur coupe-feu 2 heures sera classé **REI 120**.

Règles simples concernant les poteaux

L'évolution des températures à l'intérieur d'un élément en béton, en fonction du temps, de l'exposition au feu et de sa section, conduit à préconiser des sections de poteaux croissant avec la durée de résistance au feu envisagée. **On constate qu'avec des sections usuelles (20 x 20 cm), les poteaux exposés au feu sur une face sont stables au feu pendant trois heures**, ce qui est largement supérieur aux exigences des bâtiments d'habitation (toutes familles) et de la plupart des autres bâtiments.

DURÉE DE RÉSISTANCE AU FEU	1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 h	4 h
Poteau exposé au feu sur les quatre faces	15	20	24	30	36	45
Poteaux exposé au feu sur une face	10	12	14	16	20	26

Dimensions minimales d'un poteau à section carrée (coté en cm) selon le degré de résistance au feu.

Règles simples concernant les murs porteurs

Les valeurs d'épaisseur et d'enrobage d'acier d'un mur en béton armé en fonction de la résistance au feu escomptée sont fournies par le tableau suivant.

DURÉE DE RÉSISTANCE AU FEU	1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 h	4 h
Épaisseur du mur (cm)	10	11	13	15	20	25
Enrobage des aciers pris en compte dans les calculs (cm)	1	2	3	4	6	7

Rappel : Les parois en maçonnerie de blocs creux présentent un degré stable au feu et pare-flammes de 6 heures et un degré coupe-feu de 3 heures pour une épaisseur de 15 cm. (CF tableau précédent).

Les dalles pleines pour planchers

Pour les dalles isostatiques de planchers, dont les armatures au niveau des appuis sont prévus pour équilibrer les moments de flexion, l'épaisseur cumulée de la dalle et de la chape doit respecter les valeurs suivantes.

DURÉE DE RÉSISTANCE AU FEU	1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 h	4 h
Épaisseur minimale (cm)	6	7	9	11	15	17.5

Degré de résistance au feu d'une dalle plancher (aciers sur les appuis).

Conclusion

Le béton permet la réalisation d'éléments de construction présentant la résistance au feu requise avec des épaisseurs courantes sans surdimensionnement.

Le béton est bien adapté aux exigences des immeubles de grande hauteur et des établissements recevant du public ou, sous réserve d'un enrobage correct des armatures, il assure largement la résistance exigée pour les structures ou pour le compartimentage.

Les bâtiments préfabriqués à base d'éléments en béton ont de par leur constitution un comportement tout à fait favorable à une bonne tenue au feu.

Il convient de souligner que si la réglementation ne prend en considération que la protection des personnes, celle des biens, et donc des ouvrages, est délaissée par le législateur. Il appartient aux assurances de prendre en compte le risque incendie. Le béton, là encore, bénéficie des meilleures prises en compte, le maximum de réduction de la prime d'assurance lui est accordé.

Enfin, on notera que les bâtiments en béton, après un incendie, offrent l'avantage de ne pas s'effondrer. De plus, par des moyens simples (réparation de surface par projection), il est généralement possible de les remettre en état rapidement. La reprise de l'activité permet de limiter les pertes d'exploitation.

Nota

Le calcul d'éléments de structure en béton (poteaux, poutres, dalles, etc.) est maintenant possible grâce au logiciel CIM'Feu élaboré par le CSTB à la demande de Cimbéton



Même lorsque les aciers ont été mis à nu par le feu, la dalle de béton résiste.



Un bâtiment en béton même fortement endommagé par un incendie peut être rapidement remis en état.