

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**SCIENCE DES MATERIAUX
DE CONSTRUCTION**

Responsable: Dr. GHOMARI Fouad

COMPORTEMENT AU FEU DU BETON.

Le feu est un phénomène qui occasionne chaque année des pertes importantes en vies humaines et en biens matériels. Les causes des incendies sont très diverses, de l'imprudence au court circuit. Aussi, le mode de construction des bâtiments, leur conception vis-à-vis de la propagation du feu et le choix des matériaux sont très importants dans la limitation des conséquences, notamment dans les immeubles collectifs, les établissements recevant du public ou les établissements classés.

La réglementation s'est progressivement étoffée pour fixer aujourd'hui un ensemble d'exigences portant sur la conception des bâtiments et sur le choix des matériaux, dont le comportement est mieux apprécié grâce à l'expérience acquise lors d'incendies réels et par des recherches en laboratoire.



DEVELOPPEMENT DU FEU.

Un incendie passe par quatre phases : allumage, démarrage, développement, extension du feu, avec éventuellement embrasement général.

L'allumage, d'origine accidentelle ou malveillante, provient de l'échauffement d'une matière combustible au-delà de la température critique, dite d'allumage. Sauf, cas particulier, l'allumage n'a pas de rapport avec le

bâtiment lui-même. 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. Lorsque la quantité d'oxygène est insuffisante dans un local confiné, le feu peut s'arrêter de lui-même.

La présence d'ouverture vers l'extérieur ou vers d'autres locaux provoque un écoulement gazeux, avec stratification des gaz chauds et des fumées s'échappant par le haut, l'air frais entrant par le bas.

L'extension du feu correspond à l'entrée en combustible d'autres éléments que ceux initialement allumés.

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

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.

REACTION AU FEU.

Ce critère qualifie de façon conventionnelle le matériau du point de vue de son inflammabilité et de son pouvoir calorifique, c'est-à-dire de la quantité de chaleur qu'il est susceptible de produire et qui alimente le développement du feu.

Les matériaux sont classés en cinq classes Mo à M4 en fonction du temps d'inflammation et du débit calorifique. Certains matériaux, dont le pouvoir calorifique est nul ou très faible, sont par nature, classés Mo, c'est le cas du béton.

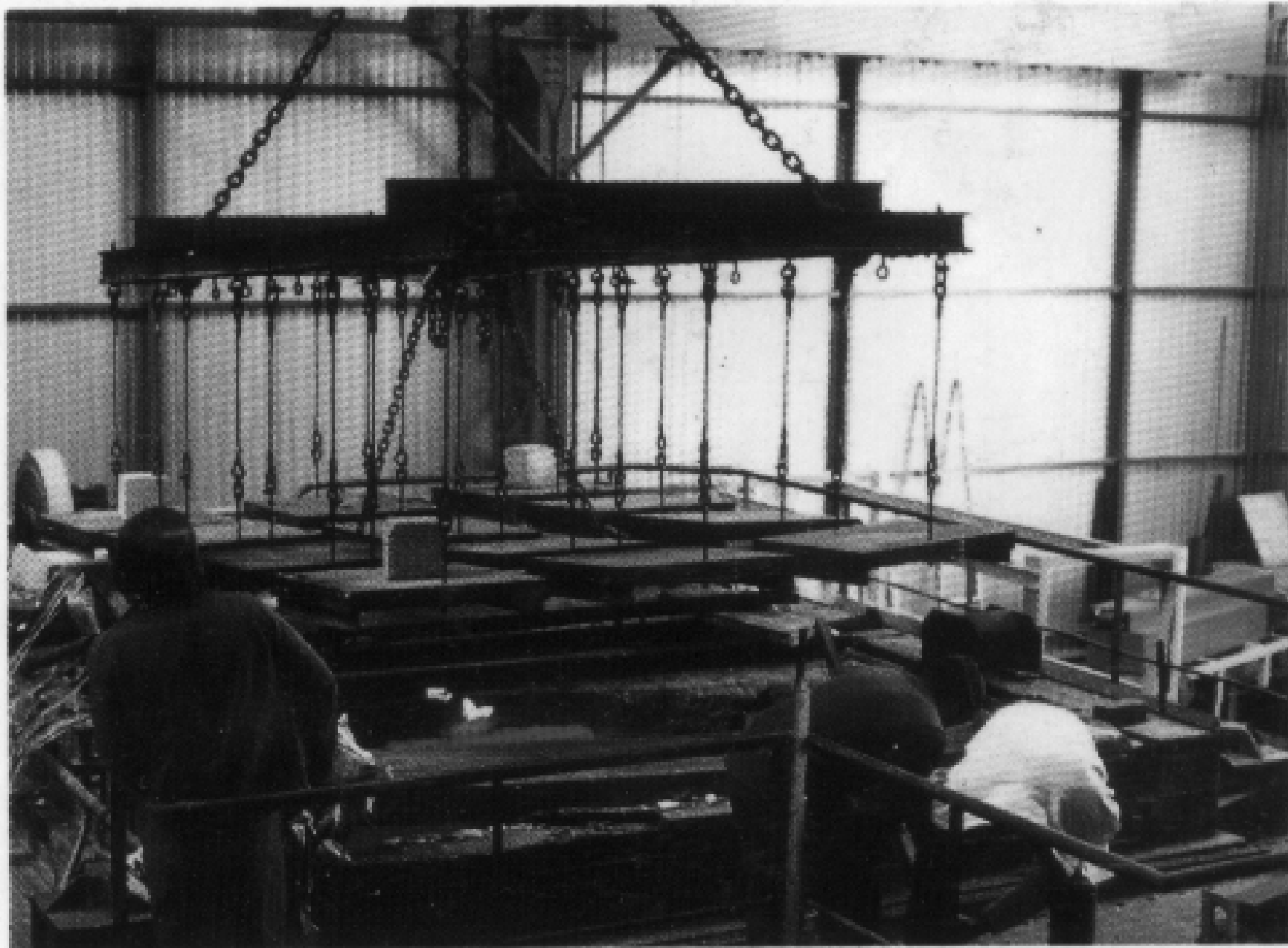
Classement	Caractère	Critères d'appréciation	Principaux matériaux
M ₀	Incombustible	Pouvoir calorifique <600 Kcal/Kg	Béton, plâtre, verre, terre cuite, amiante, métaux, laines minérales
M ₁	Ininflammable	Pas de production de chaleur notable	Mousses phénoliques. Matériaux ignifugés : bois, PVC rigide, silicones
M ₂	Difficilement inflammable	Production de chaleur croissante de M ₂ à M ₄	PVC rigide, méthacrylate, certains bois
M ₃	Moyennement inflammable		Bois résineux, contreplaqué non traité, feutre, laine, matériaux de synthèse, méthacrylates, certains PVC et polystyrènes
M ₄	Facilement inflammable		+ chute de gouttes

RESISTANCE 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 : c'est le principe de compartimentage des locaux.

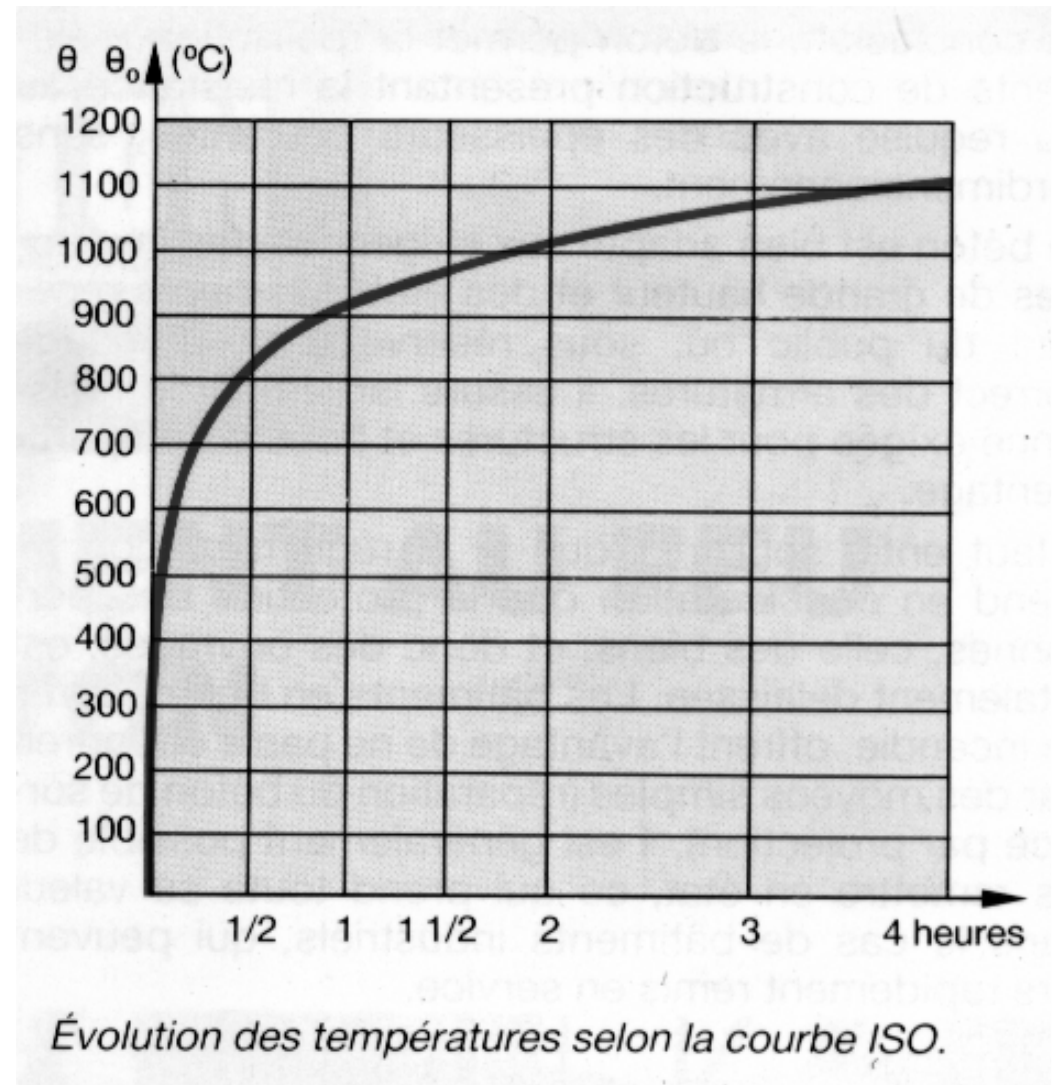
Qu'elles soient porteuses ou non, les parois doivent donc conserver une résistance mécanique assurant leur stabilité. Elles doivent également s'opposer au passage de flammes et de fumées et de ne pas présenter un échauffement excessif de la face non exposée au foyer.

Ces critères ce sont ceux qui ont été retenus pour classer les éléments de construction vis-à-vis de leur résistance au feu. Les essais sont exécutés sur des éléments de construction mis en œuvre dans les conditions habituelles d'utilisation, en fermant une face d'un four.



Essai de plancher béton sur four horizontal.

A l'intérieur du four, la montée en température est assurée de façon conventionnelle, conformément à une courbe normalisée ISO, censée se rapprocher de celle correspondant au développement d'un feu réel. Mais, en fait, elle s'en éloigne sensiblement du fait de l'incidence de la masse combustible, du volume du local et des ouvertures très variables.



EVOLUTION DES TEMPERATURES (courbe ISO).

Cet essai, bien que conventionnel, permet de classer les éléments de construction suivant le temps pendant lequel ils satisfont un ou plusieurs des critères suivants :

- Stabilité au feu (SF) : conservation des caractéristiques mécaniques,
- Etanchéité aux flammes et aux gaz : non transmission des fumées et des gaz,
- Isolation thermique : température de la face non exposée $< 140^{\circ}\text{C}$ (en moyenne).

Par exemple, un poteau ayant satisfait au critère de résistance pendant 1h10 sera classé degré stable au feu 1h (seuil directement inférieur à celui que satisfait l'essai).

Pour certains éléments de structure (poteaux, poutres), on considère généralement le classement de stabilité au feu. Pour les murs et les planchers, on considère le plus souvent le classement coupe-feu.

Classement	Critères à satisfaire		
	Stabilité mécanique	Étanchéité aux flammes et aux gaz	Isolation thermique
Stable au feu SF)	✓		
Pare-flammes (PF)	✓	✓	
Coupe-Feu (CF)	✓	✓	✓
Degré de résistance au feu : 1/4h, 1/2h , 1h, 1h1/2, 2h, 3h, 4h, 6h.			

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.

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 1,5cm
- 350°C à 3cm,
- 100°C à 7.5cm 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.



REGLES 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.
- 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.

Règles 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 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 20x20cm, 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 et de la plupart des autres bâtiments.

Résistance au feu	1/2h	1h	1h1/2	2h	3h	4h
Poteau exposé au feu sur les quatre faces	15	20	24	30	36	45
Poteau 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 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 :

Stabilité au feu	1/2h	1h	1h1/2	2h	3h	4h
Epaisseur du mur (en cm)	10	11	13	15	20	25
Des aciers pris en compte dans les calculs (cm ⁰)	1	2	3	4	6	7

Les parois en maçonnerie de blocs creux présentent un degré stable au feu et par-flammes de 6 heures et un degré coupe-feu de 3 heures pour une épaisseur de 15cm.

Règles concernant 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	1/2h	1h	1h1/2	2h	3h	4h
Epaisseur minimale (cm)	6	7	9	11	15	17,5

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

En 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 où, sous réserve d'un enrobage correct des armatures, il assure largement la résistance exigée pour les structures et pour le compartimentage.

Il faut enfin souligner que si la réglementation ne prend en considération que la protection des personnes, celle des biens, et donc des ouvrages, est totalement délaissée. Les bâtiments en béton après un incendie, offrent l'avantage de ne pas s'effondrer.





Par des moyens simples (réparation du béton de surface par projection), il est généralement possible de les remettre en état, ce qui prend toute sa valeur dans le cas de bâtiments industriels, qui peuvent être rapidement remis en service.