

Conception architecturale et sécurité incendie

1.1 Introduction à la sécurité incendie

1.2 Prévention et prévision

1.3 Conception architecturale et sécurité incendie

1.1 Introduction à la sécurité incendie

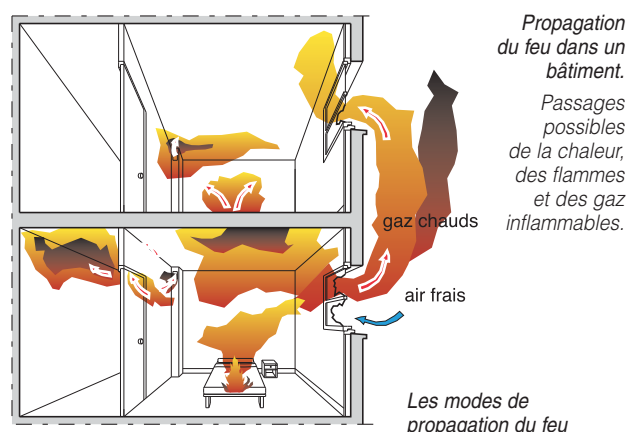
La réglementation de sécurité et de protection contre les risques d'incendie et de panique est, en France, en relation avec l'activité et la taille des bâtiments ou des ouvrages concernés. La sécurité incendie et les textes réglementaires d'application résultent d'évolutions permanentes, qui sont souvent le fruit de l'expérience des catastrophes.

1.1.1 - L'enseignement des sinistres

De toutes les catastrophes et accidents auxquels l'homme moderne est confronté, l'incendie reste l'un des fléaux les plus redoutés. Aujourd'hui, les incendies ne représentent qu'une faible part des interventions des services de secours et de lutte (sapeurs-pompiers), soit un peu moins de 10 %. Si les bâtiments d'habitation restent les plus exposés à ce sinistre, tous les domaines de la construction sont touchés : établissements recevant du public (ERP), établissements industriels et entrepôts de stockage. Pour lutter efficacement contre le feu, le législateur a imposé des réglementations qui se transforment en fonction des enseignements tirés des sinistres. Les autorités administratives ont fait évoluer le règlement de sécurité contre l'incendie dans les ERP et les immeubles d'habitation. Le concept de sécurité dans les immeubles de grande hauteur (IGH) en a découlé. Le Code du Travail et la réglementation relative aux établissements industriels s'appliquent aux bâtiments industriels et commerciaux.

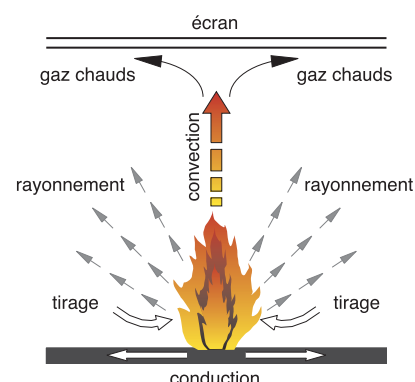
1.1.2 - Rappel sur le feu

Schématiquement, il est nécessaire que trois éléments (combustible, comburant et source de chaleur) soient réunis pour provoquer l'éclosion d'un feu. Dans les cas les plus favorables, après une courte période d'instabilité, le feu s'éteint par manque de combustible ou simplement d'air (comburant). En général, l'inflammation est suivie de la combustion complète des matières ou des produits contenus dans la pièce ou le local. Après cela, le feu peut se propager aux autres locaux ou aux bâtiments voisins. Il se développe par radiation, convection ou effet cheminée. L'analyse des statistiques de départ de feu fait apparaître que les causes d'incendie peuvent être naturelles, relatives à l'usage de l'énergie ou accidentelles. Les défaillances humaines sont à l'origine de nombreux incendies (30 % des cas environ à Paris).



Feu dans un collège d'enseignement secondaire (construction légère à ossature en acier), Colombes, 1992.

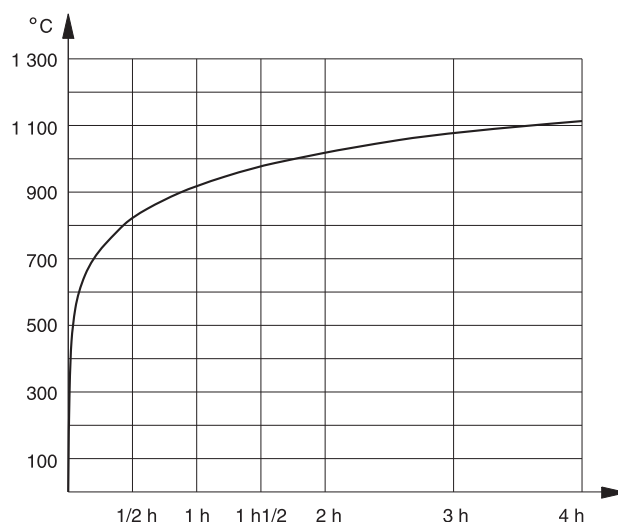
En cas d'incendie, il est primordial que la structure reste stable pour permettre l'évacuation des personnes.



1.1.3 - Le comportement au feu des matériaux et des ouvrages

La connaissance du potentiel calorifique et du comportement au feu des matériaux et des éléments de construction permet d'élaborer une protection contre le feu. En France, le comportement au feu est ainsi apprécié selon :

- la résistance au feu, c'est-à-dire le temps pendant lequel un élément de construction peut jouer le rôle qui lui est dévolu malgré l'action de l'incendie ;
- la réaction au feu, c'est-à-dire la capacité du matériau à apporter un aliment permettant au feu de se développer et donc de présenter un certain degré d'inflammabilité.



La courbe normalisée ISO-834 détermine les températures atteintes dans un four de laboratoire en vue de tester la résistance au feu des éléments de construction.

Critères de résistance au feu d'un élément de construction ou d'un ouvrage			Classement de la résistance au feu d'un élément de construction ou d'un ouvrage	Degré de résistance au feu d'un élément de construction ou d'un ouvrage
La qualité d'un élément de construction mis en œuvre dans un bâtiment afin qu'il puisse continuer, en cas d'incendie, à assurer son rôle (stabilité et/ou compartimentage) est déterminée par des essais de résistance au feu liés à la norme ISO définissant l'incendie conventionnel (ISO-834). Les trois critères utilisés (selon l'arrêté du 3 août 1999 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et ouvrages) sont les suivants : – la résistance mécanique sous charge ; – l'étanchéité aux gaz chauds et aux flammes ainsi que l'absence d'émission de gaz inflammables sur la face non exposée au feu ; – l'isolation thermique.			• Stable au feu (SF) : le critère de résistance mécanique est seul requis. • Pare-flammes (PF) : sont requis les critères de résistance mécanique et d'étanchéité aux flammes, aux gaz chauds ou inflammables. • Coupe-feu (CF) : en plus des critères précédents, l'ouvrage présente des caractéristiques d'isolation thermique. La température moyenne de la face non exposée reste inférieure à 140 °C avec une température maximale ne dépassant pas, localement, 180 °C.	Le degré de résistance au feu s'exprime en temps requis déterminé après essai ; les valeurs conventionnelles sont : 1/4 h, 1/2 h, 3/4 h, 1 h, 2 h, 3 h, 4 h et 6 h.
Résistance mécanique sous charge	Étanchéité aux gaz chauds et aux flammes et absence d'émission de gaz inflammables sur la face non exposée au feu	Isolation thermique		
⊖	⊖	⊖	Stable au feu (SF) (poteaux, poutres, etc.)	de 1/4 h à 6 h
⊕	⊖	⊖	Pare-flammes (PF) (blocs-portes, murs, cloisons, etc.)	de 1/4 h à 6 h
⊕	⊕	⊖	Coupe-feu (CF) (murs, cloisons, portes, planchers, etc.)	de 1/4 h à 6 h

Exemples :

- un poteau peut être SF 1/4 h jusqu'à SF 6 h ;
- un poteau en béton de 45 x 45 cm exposé sur les quatre faces est SF 4 h ;
- une cloison ou une porte peuvent être PF 1/4 h jusqu'à PF 6 h ;
- un mur porteur en béton armé de 15 cm d'épaisseur est CF 2 h.

Caractéristiques de résistance au feu d'un élément de construction ou d'un ouvrage

Les caractéristiques de résistance au feu d'un élément de construction ou d'un ouvrage sont constituées :

- 1° du classement de la résistance au feu (SF, PF ou CF) ;
- 2° du degré de résistance au feu (exprimé en temps requis).

Ces deux données permettent de choisir un élément de construction en vue de la protection des personnes et de la conservation des biens.

La résistance au feu

Les critères de résistance au feu définissent le classement de résistance au feu qui, associé au degré de résistance au feu, constitue les caractéristiques de résistance au feu d'un élément de construction ou d'un ouvrage.

Dans les prochaines normes européennes, la définition des caractéristiques de résistance au feu sera pratiquement identique à celle décrite précédemment mais leur désignation sera différente.

Classement de résistance au feu

- stabilité au feu : (capacité portante)
SF deviendra R;
- pare-flammes : (étanchéité au feu)
PF deviendra E;
- coupe-feu : (isolation thermique)
CF deviendra REI.

Degré de résistance au feu

Il sera exprimé en minutes et non plus en heures ou en fraction d'heure (1/4 h deviendra 15, 1 h deviendra 60, etc.).

Exemples :

- un poteau SF 1 h deviendra R 60;
- une porte PF 1/2 h deviendra E 30;
- un mur porteur CF 2 h deviendra REI 120.

La réaction au feu

Ce critère concerne les matériaux de construction finis et les revêtements appliqués sur leurs supports (panneaux, plaques, films, feuilles, tubes, etc.). Des laboratoires agréés, spécialement équipés, procèdent à des essais normalisés et produisent, à l'issue de ces essais, des procès-verbaux valables pendant cinq ans. Les matériaux sont classés en deux groupes : combustibles et incombustibles. Ils sont égale-

Réaction au feu de certains matériaux				
Caractère		Classement	Critères d'appréciation	Principaux matériaux
Incombustible		M0	Pouvoir calorifique inférieur à 600 kcal/kg	Béton, plâtre, verre, terre cuite, amiante, métaux, laine minérale
Combustible	Ininflammable	M1	Pas de production de chaleur notable	Mousse phénolique, matériaux ignifugés (bois, PVC rigide, sillonnées)
	Difficilement inflammable	M2	Production de chaleur croissante + chute de gouttes	PVC rigide, méthacrylate, certains bois
	Moyennement inflammable	M3		Bois résineux, contre-plaqué non traité, feutre, laine, matériaux de synthèse, méthacrylate, certains PVC et polystyrènes
	Facilement inflammable	M4		Polyuréthane, acétate de cellulose, polystyrène, polyéthylène, carton
Non classés		NC	–	Autres matériaux

LES PREMIERS ESSAIS DE RÉSISTANCE AU FEU

Dès le début du siècle, François Hennebique montre la capacité du béton à résister à l'incendie par des essais en grandeur réelle.

Depuis son origine, le béton a été utilisé pour lutter contre le feu. Précurseurs des grandes entreprises de BTP, la société Hennebique (1890-1930) et son fondateur ont le grand mérite d'intégrer le béton dans un processus moderne de construction, en utilisant notamment ses performances à résister au fléau que représente déjà l'incendie à cette époque. Dès 1879, François Hennebique est à l'initiative d'une maison ignifuge en Belgique. En 1893, dans un souci de normalisation, il évoque déjà la grande résistance au feu des constructions en béton armé. En 1920, poursuivant ses recherches sur les effets destructeurs du feu, François Hennebique souhaite promouvoir l'emploi du béton armé

car il pense que ce matériau évitera les incendies désastreux.

Il s'emploie à démontrer aux services officiels, par un essai en grandeur réelle réalisé les 14 et 20 août 1920, à l'occasion d'un congrès international de sapeurs-pompiers à Paris, que les planchers en béton résistent parfaitement au feu. La construction en béton armé est « inaltérable et résiste à l'épreuve du feu ». Cet essai sur la résistance du béton armé au feu constitue l'une des toutes premières expériences scientifiques en la matière et préfigure les fours d'essais actuels.

Depuis, les grands laboratoires agréés comme le CSTB, le CTICM, le GERBAM procèdent à des essais pour chacun des éléments de construction, notamment en application de courbes normalisées de montée en température.



Essais de résistance au feu d'un plancher en béton sur four horizontal, par le laboratoire du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB).

ment rangés en cinq classes de sévérité décroissante, de M0 à M4 et non classés (arrêté du ministère de l'Intérieur du 30 juin 1983).

L'évaluation de la réaction au feu se fait pour divers niveaux de sollicitation thermique qui correspondent à différents stades de la combustion. Par exemple, certains matériaux sont, par essence, ininflammables (béton, pierre, métal, etc.) et d'autres présentent un degré d'inflammabilité plus ou moins important.

Dans un but d'harmonisation, la Commission européenne a opté pour un système de classement différent. Six euroclasses allant de A à F, des matériaux les moins combustibles au plus combustibles, remplaceront le classement français de M0 à M4.

1.2 Prévention et prévision

Les effets de l'incendie peuvent être dévastateurs, tant pour les personnes que pour les biens. Les dommages affectant l'homme résultent de la fumée et des gaz, des flammes et de la chaleur. Les flammes ont une température qui varie de 600 à 1 200 °C et provoquent des brûlures immédiates.

Les conséquences, pour le bâtiment et les biens qu'il contient, représentent, sur le plan financier, un lourd tribut payé à l'incendie. Afin de prévenir ce sinistre, diverses mesures s'imposent.

La doctrine française de sécurité inclut :

- **la prévention**, dont l'objectif est d'assurer la sécurité des personnes, de limiter ou d'éviter les pertes des biens et, enfin, d'assurer l'engagement des secours et leur protection. Elle se concrétise par des mesures dites « passives », liées à la conception des bâtiments, qui concourent à restreindre la propagation de l'incendie : compartimentage, cloisonnement, stabilité, choix des matériaux, etc. ;
- **la prévision**, qui vise à assurer, dès l'origine, la découverte d'un feu et la mise en œuvre immédiate des moyens d'extinction. Elle se matérialise par des mesures dites « actives » relatives aux systèmes de sécurité : sprinklers, alarmes, détecteurs, services de sécurité et de gardiennage, etc. ;
- **l'intervention** des secours, qui n'est déclenchée qu'en cas d'échec des mesures précédentes.

1.2.1 - Les « exigences essentielles » de la directive européenne

Concernant les exigences essentielles relatives à la sécurité incendie des produits de construction, la directive européenne du 21 décembre 1988 fait apparaître cinq objectifs fondamentaux en cas d'incendie :

- assurer la stabilité des éléments porteurs de l'ouvrage pendant un temps déterminé ;
- limiter l'apparition et la propagation du feu et de la fumée dans l'ouvrage ;
- faciliter l'intervention des équipes de secours (sapeurs-pompier) ;
- favoriser la bonne évacuation des occupants ;
- limiter l'extension du feu aux ouvrages voisins.

Pour répondre à ces exigences essentielles, on peut, lors de la conception d'un projet, appliquer une idée simple mais efficace : il faut interposer des écrans (horizontaux ou verticaux) entre le feu et les personnes à évacuer ou les biens à protéger. Ces écrans sont destinés à créer un isolement ou des compartiments qui devront arrêter plus ou moins longtemps l'incendie. Leur mise en place sous-entend la présence de structures, également résistantes au feu, pour les supporter. Le béton, matériau incombustible, se révèle particulièrement adapté à leur réalisation. Dans la conception matérielle d'un ouvrage, ces notions se traduiront simultanément par le choix :

- de structures suffisamment résistantes et donc stables au feu ;

- de planchers, de murs, de gaines verticales coupe-feu ;
- de dispositifs de passage ou d'isolement (portes, parois coulissantes) pare-flammes ;
- de toitures limitant la propagation du feu.

1.2.2 - Mesures passives de prévention

Pour la sauvegarde des personnes, les dégagements seront privilégiés afin de faciliter une bonne évacuation. Ils doivent avoir une largeur suffisante, être assez nombreux, bien répartis et toujours libres d'obstacles. La hauteur des bâtiments intervient également dans le choix du nombre de sorties ; des dispositions réglementaires doivent être prises pour les bâtiments élevés. La panique étant toujours possible, il convient de s'en prémunir tant du point de vue constructif que par la mise en œuvre de dispositifs d'éclairage et de désenfumage adaptés.

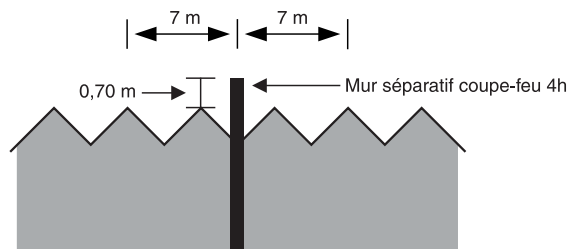
Pour la sauvegarde des biens, le concepteur doit prendre en compte les éléments suivants :

- l'implantation de la construction ;
- le choix des matériaux ;
- l'isolement de la construction par rapport aux tiers ;
- le compartimentage des locaux ;
- la disposition des locaux en fonction des risques ;
- le comportement au feu des matériaux (choix des aménagements intérieurs).

1.2.3 - Mesures actives de prévision

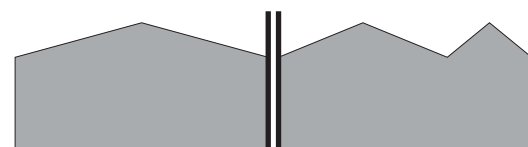
Quelle que soit la perfection des mesures de prévention édictées, aussi vigilants que soient ceux qui sont chargés de les faire appliquer, certaines causes imprévisibles et les aléas de la vie quotidienne font qu'il y aura toujours des incendies. La prévision comporte toutes les mesures préparatoires destinées à la découverte de l'incendie dès sa naissance et à l'attaque immédiate du feu pour obtenir son extinction rapide, le facteur temps étant primordial dans leur mise en œuvre. La prévision prend donc le relais de la prévention lorsque celle-ci est mise en échec : son action est complémentaire de la sécurité incendie tout en la renforçant.

EXEMPLE DE MOYEN DE PRÉVENTION : LES MURS SÉPARATIFS COUPE-FEU DANS LES BÂTIMENTS INDUSTRIELS



Les murs séparatifs coupe-feu en béton (constitués de blocs, de panneaux ou les murs coulés en place) sont le meilleur moyen d'assurer un cloisonnement efficace pour lutter contre l'incendie. Ils doivent avoir un degré coupe-feu de quatre heures selon la règle R 15 de l'APSA. Construit selon les normes P 18-702 (règles BAEL 91), P 18-703 (règles BPEL 91) et la norme P 92-701 « Règles de calcul. Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton (changement de statut du DTU, règle de calcul FB 1987) », le mur doit dépasser de 70 cm le point le plus haut de la couverture.

Constitué de poteaux en béton stables au feu quatre heures et d'un remplissage en panneaux en béton, ce mur respecte les règles R 15 de l'APSA en présentant une résistance au feu coupe-feu de quatre heures.



mur séparatif coupe-feu
constitué de deux parois indépendantes



Les murs séparatifs coupe-feu peuvent être constitués de deux parois. Chacune devra avoir un degré coupe-feu de trois heures. Des précautions devront être prises pour éviter les effondrements en protégeant les poteaux métalliques.

Dans l'exemple ci-contre, les poteaux métalliques non protégés n'ont pas résisté au feu et ont entraîné la ruine du premier mur.

1.2.4 - Dispositions réglementaires et administratives

Le règlement de sécurité fixe les mesures permettant l'instruction des projets et leur contrôle après exécution. Différentes administrations concourent ainsi à l'obtention du permis de construire.

- Pour les établissements recevant du public (ERP), il s'agit d'une commission départementale de sécurité ayant pour mission :
 - d'examiner les projets (construction, extension, aménagements) ;
 - de procéder aux visites de réception avant ouverture au public ;
 - d'effectuer des contrôles périodiques ou inopinés.
- Pour les bâtiments d'habitation, les dossiers sont à transmettre aux directions départementales de l'équipement.
- Pour les bâtiments industriels ou les installations classées, les projets relèvent, soit de l'Inspection du Travail, soit des DRIRE.

Le rôle des commissions est de donner un avis à l'autorité administrative (maire et préfet) investie du pouvoir de police et seule chargée de délivrer les autorisations de construire.

La commission examinera en particulier :

- la notice de sécurité ;
- les rapports de contrôle technique ;
- la solidité des ouvrages (à froid) ;
- la conformité aux règles de sécurité « Mission S ».

Dans l'agglomération parisienne, les dossiers (ERP, IGH, ICPE) sont instruits par la préfecture de Police à la Direction de la protection du public, 12, quai de Gesvres à Paris 4^e, qui consulte les différents acteurs (architectes spécialisés dans la sécurité, sapeurs-pompiers, laboratoire central de la Préfecture, etc.).

1.2.5 - Position des assurances

Dans son évaluation des risques, l'assureur considère toujours les points suivants : la mise en place de mesures de prévention et la réduction du risque et des dommages potentiels. Il prend en compte tous ces aspects dans le contrat des primes qu'il établit. Cette approche ne peut qu'inciter à choisir les meilleures mesures de prévention. Par exemple, les bâtiments industriels avec des structures en

béton et des murs en maçonnerie ou des éléments préfabriqués conformes à la règle R 15 de l'APSAD (Assemblée plénière des sociétés d'assurances dommages) répondent parfaitement aux préoccupations des assureurs.

Pour ces derniers, le béton, matériau incombustible, présente intrinsèquement les meilleures qualités de résistance au feu. Les poteaux, poutres, murs extérieurs et murs coupe-feu en béton remplissent (même avec les épaisseurs les plus faibles et sans aucune protection rapportée ni entretien ultérieur) les conditions permettant de bénéficier de la meilleure réduction de primes d'assurance. Par ailleurs, point tellement important de nos jours, une structure complète utilisant des murs périphériques en béton offre la possibilité de se prémunir efficacement, et sans surcoût, contre les vols, les actes de malveillance et tous les risques d'effraction.

En matière de sécurité, le béton apporte, dans bien des cas, la meilleure réponse. Quoi qu'il en soit, il est nécessaire que le maître d'ouvrage et le concepteur consultent l'assureur, dès l'avant-projet.

1.3 Conception architecturale et sécurité incendie

L'architecte, dans le cadre de sa mission de conception, joue un rôle important : il doit prendre en compte, dans son projet, différents paramètres parfois antinomiques. Parmi eux, la prévention contre l'incendie est l'un des plus importants. Convenablement intégrée dès les premiers stades de la conception, la sécurité, ou plutôt le concept de sécurité générale et de prévention, permettra d'économiser, sinon d'optimiser, les coûts, et du moins évitera, lors d'un dépôt de permis de construire, de dénaturer un projet non conforme par manque de concertation préalable. Il est primordial que le concepteur s'informe de la nature de l'ouvrage, de son activité et des risques qui en découlent ainsi que des objectifs de sécurité fixés. Dans

le cadre de sa mission, il faut qu'il connaisse, voire maîtrise, les concepts de prévention et de sécurité et leur mise en application.

1.3.1 - Action des concepteurs

Les règles de sécurité contre l'incendie doivent être intégrées et prises en compte au moment de la conception de tout bâtiment ; elles sont obligatoires, tant pour les constructions neuves que pour le réaménagement de bâtiments existants.

Détaillées dans chacune des réglementations spécifiques, elles doivent être mises en œuvre dans leur intégralité sous peine de se voir opposer un refus de l'administration concernée, tant pour la réalisation du projet que pour l'exploitation de l'établissement. Cependant, des adaptations peuvent faire l'objet d'un accord de l'administration, notamment dans le but de concilier sécurité et conception architecturale (sous réserve que le maître d'œuvre propose des compensations conférant un niveau de sécurité équivalent).

1.3.2 - Dossier ou notice de sécurité

Il est de la responsabilité de l'architecte d'établir les documents et les plans constituant le dossier de sécurité qui doit être annexé à toute demande de permis de construire.

Dans ce document, sont en particulier exigées des notes relatives :

- au désenfumage ;
- aux installations de chauffage, de gaz combustibles, d'électricité et de restauration ;
- aux différents types d'éclairage ;
- aux moyens de secours contre l'incendie.

Les précisions utiles seront trouvées dans les brochures 20028 et 1685 (articles DF4, CH4, GZ3, EL1, EC3, GC2 et MS3) de la Direction des Journaux officiels, 26, rue Desaix à Paris 15^e. La notice de sécurité doit également comporter un descriptif de l'ouvrage pour faciliter l'instruction du dossier par la commission de sécurité. Elle doit permettre de

comprendre aisément la façon dont l'établissement est conçu pour assurer, en cas de sinistre, l'évacuation du public, la limitation de la propagation du feu, l'accès et l'intervention des secours. Des cabinets spécialisés ou des spécialistes en sécurité incendie sont à même d'aider les architectes.

1.3.3 - Classement des établissements

Les constructions et les bâtiments (ERP, bâtiments d'habitation, IGH, parkings, bâtiments industriels et commerciaux) se voient appliquer des dispositions de base selon leur mode d'exploitation, leur hauteur, les occupants ou le public reçu. Un classement a été nécessaire pour définir les mesures de sécurité. Le classement de l'établissement, déterminé en fonction des effectifs qu'il doit accueillir et de sa hauteur, conditionne la conception future et l'emploi des matériaux. Il convient de retenir que le critère d'évacuation, établi en ayant connaissance des lieux, est fondamental. Il n'est pas de notre propos de détailler ici chaque mesure applicable au type, à la famille et à la catégorie d'établissement ; aussi, les documents de référence sont-ils indiqués, dans les lignes qui suivent, pour permettre une recherche plus aisée aux lecteurs.

Les établissements recevant du public (ERP) (arrêté du 25 juin 1980)

Documents de référence : brochures 1685, 1686 et 1687.

Le règlement souligne deux notions fondamentales pour l'application des prescriptions : le type d'activité exercé et la catégorie de l'établissement en fonction de l'effectif à évacuer.

Les bâtiments d'habitation (arrêté du 31 janvier 1986, modifié)

Document de référence : brochure 1603.

Le règlement détermine quatre familles de bâtiments selon la hauteur ; il est fondé sur le principe que les occupants connaissent les lieux, mais que leur évacuation n'est pas a priori organisée. Celle-ci peut être rapide dans les bâtiments bas. En revanche, pour les bâtiments plus hauts, il est nécessaire de prévoir des moyens de protection.

Les immeubles de grande hauteur (IGH) (arrêté du 18 octobre 1977)

Document de référence : brochure 1536.

Sont définis comme IGH les bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau est situé, par rapport au niveau du sol :

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

Classement des établissements recevant du public (ERP)				
Classement par catégorie et par groupe selon les effectifs				
1 ^{re} catégorie :	au-dessus de 1 500 personnes	1 ^{er} groupe		
2 ^e catégorie :	de 701 à 1 500 personnes			
3 ^e catégorie :	de 301 à 700 personnes			
4 ^e catégorie :	du seuil de classement à 300 personnes			
5 ^e catégorie :	en dessous du seuil de classement	2 ^e groupe		
Classement par type selon l'activité		Seuils des effectifs du 1 ^{er} groupe*		
Type	Nature de l'exploitation	Sous-sol	Étages	Ensemble des niveaux
L	Salles d'audition, de conférences, de réunions	100	–	200
	Salles de spectacles et de projection à usages multiples	20	–	50
M	Magasins de vente	100	100	200
N	Magasins divers et débits de boissons	100	200	100
O	Hôtels et pensions de famille	–	–	100
P	Salles de danse ou de jeux	20	100	120
R	Crèches, maternelles, jardins d'enfants, haltes-garderies	Interdit	1	100
	Autres établissements d'enseignement	100	100	200
	Internats	–	–	20
	Colonies de vacances	–	–	30
S	Bibliothèques et centres de documentation	100	100	200
T	Salles d'exposition	100	100	200
U	Établissements de soins :	–	–	100
	– sans hébergement			
	– avec hébergement	–	–	20
V	Établissements de culte	100	200	300
W	Administrations, banques, bureaux	100	100	200
X	Établissements sportifs couverts	100	100	200
Y	Musées	100	100	200
OA	Hôtels-restaurants d'altitude	–	–	20
GA	Gares	–	–	200
PA	Établissements de plein air	–	–	300
REF	Refuges de montagne :	–	–	30
	– non gardés			
	– gardés	–	–	40
CTS	Chapiteaux, tentes et structures	–	–	50

* En nombre de personnes.

Exemple : un musée pouvant accueillir 800 visiteurs sera classé en ERP du 1^{er} groupe, 2^e catégorie de type Y.

Une évacuation totale et rapide n'est guère possible et la hauteur des bâtiments augmente les difficultés d'intervention des sapeurs-pompiers. Il en résulte qu'un compartimentage renforcé avec des planchers coupe-feu de degré deux heures est nécessaire. Ceci peut, par exemple, être obtenu avec des planchers en dalle pleine de béton de 11 cm d'épaisseur au minimum.

Bâtiments industriels ou tertiaires

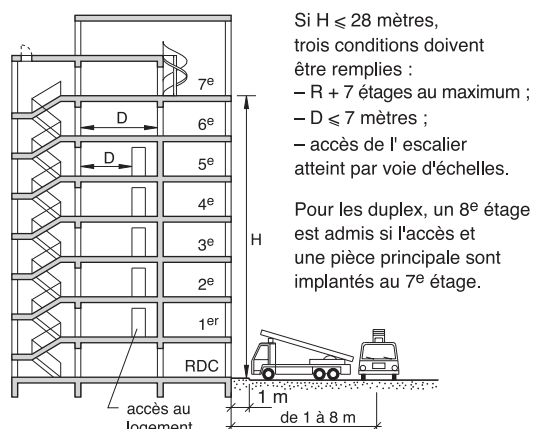
Ils relèvent, selon le cas :

- de la loi du 19 juillet 1976, modifiée, relative aux installations classées pour la protection de l'environnement – application de la directive Severo*, brochure 1001 ;
- du Code du Travail (livre II, chapitres II et V). Les conditions d'application de la loi inscrivent dans une nomenclature les différentes activités susceptibles d'être classées, et en fixent les seuils à partir desquels elles sont soumises, soit à une autorisation préfectorale, soit à une simple déclaration.

1.3.4 - Le béton, matériau idéal pour répondre aux exigences de stabilité au feu

Le caractère incombustible du béton, matériau classé M0, est une évidence, mais il faut aussi souligner sa faible vitesse d'échauffement. Soumis à une température correspondant à celle d'un incendie,

Exemple d'un bâtiment de logements de la 3^e famille



La 3^e famille concerne les habitations dont le plancher bas du logement le plus haut est situé à moins de 28 m au-dessus du sol accessible aux engins des services de secours et de lutte contre l'incendie. Leur stabilité au feu est d'une heure et les planchers sont coupe-feu une heure.

* Directive prise à la suite de la très importante pollution chimique (à la dioxine) dans la ville de Severo, en Italie, en 1976.

Exigences de résistance au feu en fonction du type de bâtiment et de sa hauteur						
	0	1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 et 4 h
Rez-de-chaussée seulement	ERP Bureaux Industries	ERP				Isolement entre ERP et parc de stationnement
$H \leq 8$ m	Bureaux Industries	ERP 2 ^e , 3 ^e et 4 ^e catégorie Habitation (2 ^e famille)	ERP 1 ^{re} catégorie			
$8 < H \leq 28$ m			ERP 2 ^e , 3 ^e et 4 ^e catégorie Habitation (3 ^e famille) Bureaux Industries	ERP 1 ^{re} catégorie		
$28 < H \leq 50$ m				Habitation (4 ^e famille)	IGH (W, O, R, U, Z)*	Isolement IGH/ERP et IGH/parc de stationnement
$H > 50$ m					IGH (A)*	Isolement ERP/parc de stationnement

* Rappel des catégories d'IGH:

O Hôtels et pensions de famille

R Crèches, maternelles, jardins d'enfants, haltes-garderies
Autres établissements d'enseignement
Internats
Colonies de vacances

U Établissements de soins:
– sans hébergement
– avec hébergement

Z Immeubles mixtes

A Immeubles d'habitation

■ Béton sans protection particulière

□ Béton avec protection

Le béton satisfait aux exigences de la réglementation pour la grande majorité des constructions, sans protection rapportée particulière.

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). Cela montre l'efficacité de la protection assurée par une paroi en béton, tant du point de vue de sa stabilité que de la propagation du feu.

Le béton armé, moyennant un enrobage suffisant des armatures, constitue une solution économique et fiable pour la réalisation de structures résistant au feu et de parois jouant un rôle coupe-feu.

Plus un bâtiment est élevé, plus le temps d'évacuation est long. Il faut donc éviter tout risque d'effondrement par une bonne résistance au feu et cela pendant un temps suffisamment long pour garantir une évacuation dans de bonnes conditions. La réglementation suit cette doctrine. Les variations de résistance au feu exigées en fonction de la hauteur pour les différentes catégories de construction peuvent être synthétisées dans le tableau ci-après. Son examen met en évidence que la grande majorité des constructions, quelle que soit leur catégorie, se situe entre 8 m et 28 m de hauteur, ce qui correspond à une exigence de stabilité au feu d'une heure. Le béton y répond sans aucune diffi-

culté, comme le montrent les tableaux des pages suivantes, et ce, dans de très bonnes conditions économiques. D'une façon générale, le béton ne nécessite aucune protection rapportée particulière, jusqu'à deux heures de stabilité au feu et de degré coupe-feu. Ce matériau obéit donc à la réglementation et couvre les exigences de la législation pour la grande majorité des bâtiments.

1.3.5 - Réponses constructives aux exigences de sécurité incendie

Quels que soient l'activité, la hauteur et les effectifs du bâtiment, des réponses préventives existent. Ainsi, il convient :

- **d'assurer une évacuation rapide des personnes vers l'extérieur.** À cet effet, on mettra à leur disposition :
 - des couloirs isolés des locaux voisins par des parois et des planchers résistant au feu et désenfumés ;
 - des escaliers isolés des volumes contigus par des parois coupe-feu et désenfumés dans tous les cas ;
 - des issues sur l'extérieur.

Dans tous les cas, ces dégagements devront être bien répartis tant en nombre qu'en largeur et ce, en fonction de l'effectif à évacuer.

- **de disposer de structures et de planchers résistant au feu ou s'opposant à son passage.**

Cette résistance au feu sera proportionnelle dans le temps :

- à la hauteur du bâtiment ;
- à l'effectif des personnes l'occupant simultanément ;
- à l'activité du bâtiment.

Cette nécessité sous-entend que les trémies verticales non recoupées (gaines techniques, d'ascenseurs, de vide-ordures, etc.) ne constituent pas un affaiblissement des degrés de sécurité des structures et des planchers.

- **de disposer d'écrans d'isolement** (intérieur ou extérieur). Cette obligation a pour but :

- d'éviter une propagation interne de l'incendie à l'ensemble du bâtiment, avant qu'il ait été complètement évacué ;
- de permettre aux secours d'intervenir dans les meilleures conditions ;
- d'isoler le bâtiment concerné vis-à-vis des tiers, qu'il s'agisse d'un incendie prenant naissance dans son sein, ou d'un sinistre ayant pris son origine chez les tiers eux-mêmes.

Gros œuvre et structures

Les éléments porteurs doivent être stables au feu pour éviter l'effondrement du bâtiment mais aussi, dans certains cas, être coupe-feu, en particulier pour les murs et les planchers, afin d'empêcher toute extension du sinistre. En fonction du type, de la catégorie, de la hauteur du bâtiment et de la présence de locaux réservés au sommeil, les différents degrés (tant de stabilité au feu des structures que coupe-feu des planchers, parois, trémies ou gaines) sont variables.

Principales exigences

En fonction du classement, la stabilité au feu est déterminée par les réglementations. Le compartimentage devra limiter l'extension d'un sinistre et contribuer à la bonne évacuation des occupants. Les aménagements intérieurs et leur réaction au feu devront être pris en compte, en particulier pour déterminer le potentiel calorifique (voir le règlement IGH) dans lequel les murs en béton sont obli-



gatoirement coupe-feu de degré deux heures. Les dispositions des articles CO 11 à 15 du règlement de sécurité incendie devront être respectées, notamment en ce qui concerne l'effondrement de la toiture et la ruine en chaîne de la structure. Les façades et les couvertures devront être conformes aux règles et éviter toute propagation.

Les réponses du béton

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. Concernant les ouvrages particuliers, le calcul peut être nécessaire.

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

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 (voir le tableau page 16). Cela est largement supérieur aux exigences des bâti-

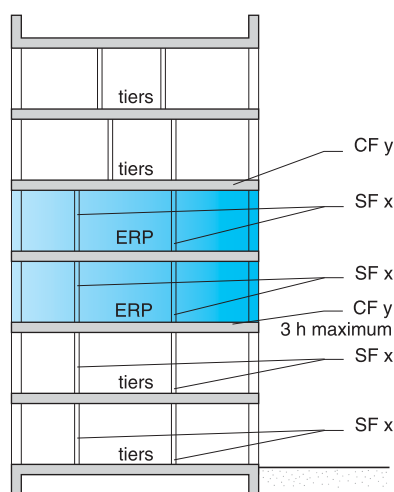
Feu au studio de cinéma AB Satellite, Saint-Denis, 1997.

La structure métallique s'est effondrée à l'intérieur du bâtiment. Les sapeurs-pompiers procèdent à une attaque du feu de l'extérieur. Les dégâts sont majeurs (ci-contre).



CAS PARTICULIER : CARACTÉRISTIQUES DE RÉSISTANCE AU FEU DE LA STRUCTURE PORTEUSE D'UN ERP INSTALLÉ DANS UNE PARTIE DE BÂTIMENT.

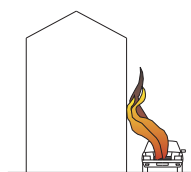
x, y : durées de résistance au feu définies par l'article CO11 du règlement de sécurité incendie. En effet, un ERP ne peut être installé dans une partie de bâtiment que si les éléments principaux de la structure portante de cet ERP ont un degré de stabilité au feu au moins égal au degré coupe-feu de plancher bas d'isolement.



Différents risques d'incendie sur les façades



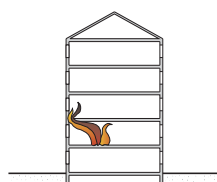
transmission par rayonnement d'un bâtiment à l'autre



transmission par l'extérieur



transmission d'un étage à l'autre par la façade à laquelle répond la règle du C + D



transmission interne possible avec des façades légères (mur-rideau)

ments d'habitation – de toutes familles – et de la plupart des autres bâtiments (voir le tableau de la page 14).

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

Degré 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
Poteau exposé au feu sur une face	10	12	14	16	20	26

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.

On notera que les parois en maçonnerie de blocs béton creux présentent un degré stable au feu et pare-flamme de six heures et un degré coupe-feu de trois heures pour une épaisseur de 15 cm.

Caractéristiques (en cm) d'un mur en béton armé selon le degré de résistance au feu exigé

Degré de résistance au feu	1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 h	4 h
Épaisseur du mur	10	11	13	15	20	25
Enrobage des aciers	1	2	3	4	6	7

Règles simples concernant les dalles pleines pour plancher

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

Épaisseur d'une dalle en béton armé (en cm) selon le degré de résistance au feu exigé

Degré de résistance au feu	1/2 h	1 h	1 h 1/2	2 h	3 h	4 h
Épaisseur minimale	6	7	9	11	15	17,5

Protection des façades

À l'extérieur d'un bâtiment, les risques liés à l'incendie sont attachés, soit à la propagation en façade d'un feu d'origine intérieure (C + D), soit à l'inflammation de la façade par un feu d'origine extérieure.

La résistance à la propagation verticale du feu par des façades comportant des baies est assurée en appliquant la règle du C + D, qui concerne le ralentissement de la propagation du feu d'un étage à l'autre (arrêté du 10 septembre 1970).

Les valeurs C + D doivent être liées par une des relations ci-dessous, en fonction de la masse combustible mobilisable :

$$C + D \geq 1,00 \text{ m} \quad \text{si} \quad M \leq 80 \text{ MJ/m}^2$$

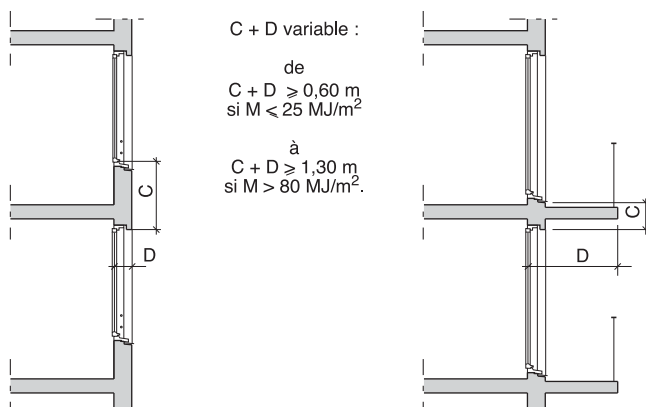
$$C + D \geq 1,30 \text{ m} \quad \text{si} \quad M > 80 \text{ MJ/m}^2$$

C est la distance verticale, exprimée en mètres, entre le haut d'une baie et le bas de la baie qui lui est superposée lorsque la façade est en maçonnerie traditionnelle ou la valeur de l'indice caractéristique des panneaux de façade vitrés déterminé par essai.

D est la distance horizontale, exprimée en mètres, entre le plan des vitres et le nu de la grande saillie de l'obstacle résistant au feu qui sépare les murs ou les panneaux situés de part et d'autre du plancher.

M est la masse combustible mobilisable de la façade, à l'exclusion des menuiseries, fermetures et garde-corps, exprimée en MJ/m² et rapportée au mètre carré de la façade, baies comprises.

La règle du C + D : deux exemples d'application



M : masse combustible de la façade

Les réponses du béton

Totalement incombustible, le béton évite tous risques de transmission directe du feu. Comme il présente aussi une montée lente en température, il prévient les risques de transmission de l'incendie par conduction. Indépendamment de ces qualités, le béton, soit coulé en place, soit sous forme d'éléments architectoniques, répond sans difficulté à la règle du C + D, notamment dans le domaine des ouvrages d'habitation, de bureaux et d'enseignement.



Feu dans un appartement, Saint-Ouen, 1997. Sans mesures préventives, le feu peut facilement cheminer d'un étage à l'autre par transmission directe, passage des gaz chauds ou rayonnement (application des articles CO 19 à 22 du règlement de sécurité incendie).



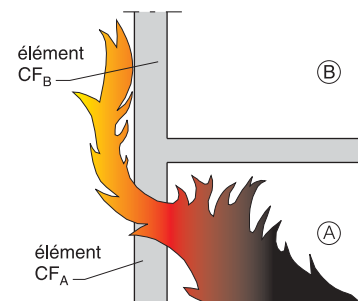
Feu dans un bâtiment dont l'ossature est en béton et la façade en éléments légers. La structure a parfaitement résisté.

Cheminement du feu dans le cas des façades aveugles

$$\text{Exigence } CF = CF_A + CF_B$$

$$CF_A + CF_B > 1/2 \text{ h} \quad \text{pour un bâtiment} < 8 \text{ m de hauteur}$$

$$CF_A + CF_B > 1 \text{ h} \quad \text{pour un bâtiment} > 8 \text{ m de hauteur}$$



D'une grande souplesse dans sa mise en œuvre et offrant un éventail de combinaisons alliant esthétique et solidité, le béton s'adapte au mieux au souci de personnalisation du projet du concepteur ; il satisfait efficacement aux exigences de protection des façades en garantissant de réelles conditions de sécurité.

Protection des toitures

• Feu d'origine intérieure

Dans le cas présent, la réaction et la résistance au feu du support sont déterminantes. Quand il s'agit d'une toiture-terrasse, on se réfère aux caractéristiques générales du gros œuvre. Pour les autres types de couverture, le matériau les constituant est l'élément principal du risque.

• Feu d'origine extérieure

Dans ce cas de figure, on prend en compte le temps de passage du feu au travers de la couverture. On le détermine par le temps de passage des flammes, fumées ou gaz inflammables, ou de chutes de gouttelettes.



La toiture de cet établissement industriel (dépôt de pesticides), soumis à une autorisation au titre de la législation relative aux installations classées par la protection de l'environnement (ICPE), est constituée de dalles de béton cellulaire armé de 20 cm d'épaisseur, doublées d'un revêtement d'étanchéité autoprotégé.

En effet, la toiture doit être incombustible. La stabilité au feu de l'ossature est de deux heures compte tenu des risques d'incendie et des charges.



Il est représenté par T suivi de :

- 30 lorsque $T > 30$ mn ;
- 15 lorsque $30 \text{ mn} > T > 15$ mn ;
- 5 lorsque $15 \text{ mn} > T > 5$ mn.

La vitesse de propagation du feu sur la surface de la couverture est représentée par un indice en fonction de la durée de propagation :

- indice 1 : durée > 30 mn ;
- indice 2 : $30 \text{ mn} > \text{durée} > 10$ mn ;
- indice 3 : durée < 10 mn.

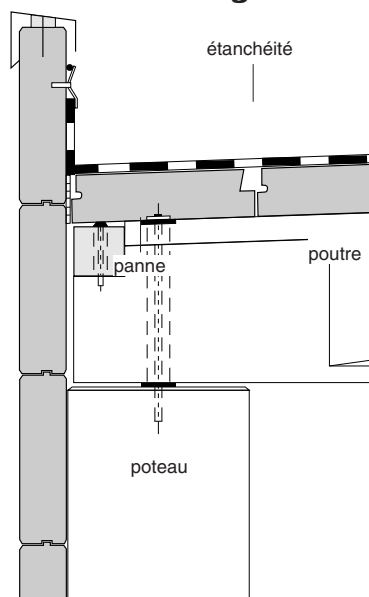
Ce classement, l'indice en particulier, concerne le revêtement d'étanchéité, mais il faut aussi considérer les protections éventuelles, l'étanchéité, l'isolant s'il y a lieu et le support. Il n'est pas tenu compte du revêtement intérieur.

Dans le cas de plusieurs bâtiments regroupés, un immeuble dont le dernier plancher habitable se trouve à moins de 28 m et à plus de 8 m au-dessus de la cote de la voie d'accès des pompiers devra obligatoirement avoir une couverture classée T301.

Les réponses du béton

Les matériaux utilisés pour les toitures doivent être incombustibles, ce à quoi répond parfaitement le béton. De nombreux incendies se déclenchent dans les toitures à la suite de travaux. Le béton présente l'avantage d'éviter tous les problèmes de propagation du feu après des travaux par point chaud (soudure). Les dalles en béton les moins épaisses sont au minimum coupe-feu un quart d'heure. Dans les ouvrages courants comme les

Principe de liaison entre l'ossature principale, le bardage et la couverture



bâtiments de logements, de bureaux et d'enseignement, les dalles pleines en béton des toitures-terrasses sont classées T301.

Pour les bâtiments industriels, certains éléments préfabriqués font l'objet d'un avis technique avec une stabilité au feu prouvée d'une heure au minimum (cette stabilité au feu peut aller jusqu'à deux heures, voire trois heures avec des protections particulières). C'est notamment le cas des coques en béton de grande largeur (2,5 m à 5 m) dont la longueur peut aller jusqu'à 30 m.

Compartimentage et distribution intérieure

Pour limiter la propagation du feu et des fumées à l'intérieur des établissements, les locaux doivent être séparés les uns des autres par des parois et des portes possédant une certaine résistance au feu, à moins qu'ils soient regroupés à l'intérieur d'un compartiment conçu pour contenir le sinistre. En dehors de ce cas, la distribution intérieure procède du cloisonnement traditionnel. Les parois des locaux et des dégagements doivent posséder un degré de résistance au feu correspondant à la stabilité exigée pour la structure du bâtiment, comme cela est indiqué dans le tableau de la page suivante.

Exemples de Caractéristiques des parois			
Degré de résistance au feu exigé pour la structure du bâtiment ou de l'ERP	Caractéristiques de résistance au feu correspondantes		
	Parois entre locaux et dégagements accessibles au public	Parois entre locaux accessibles au public/ Parois entre locaux accessibles au public et locaux non accessibles au public classés à risques courants	
		Non réservés au sommeil (1)	Réservés au sommeil
Aucune exigence	PF 1/4 h	PF 1/4 h	CF 1/4 h
1/2 h	CF 1/2 h	PF 1/2 h	CF 1/2 h
1 h	CF 1 h	PF 1/2 h	CF 1 h
1 h 1/2	CF 1 h	PF 1/2 h	CF 1 h

Pour être conformes à la réglementation, les parois verticales des dégagements et des locaux doivent avoir un degré de résistance au feu en fonction du degré de stabilité de la structure (article CO 24 du règlement de sécurité incendie).

1. Toutefois, cette disposition n'est pas obligatoire à l'intérieur d'un ensemble de locaux contigus qui ne dépassent pas 300 m² au même niveau.

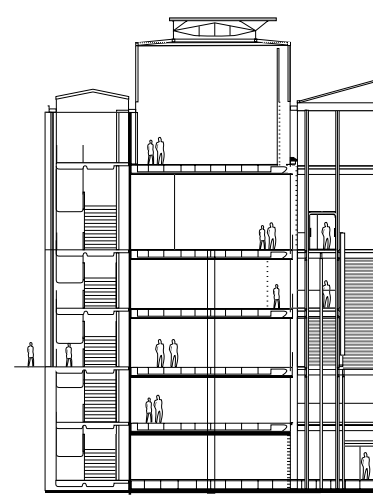


Les toitures en béton résistent particulièrement bien aux feux d'origine interne ou externe. Les coques de grandes dimensions (jusqu'à 30 m de longueur) peuvent présenter des degrés de résistance au feu de deux heures.

Les dégagements

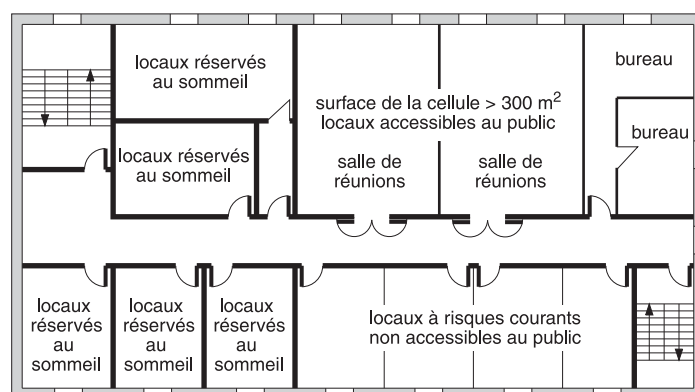
Point crucial de la conception, ils devront être les plus simples et les plus directs possible pour permettre l'évacuation des occupants. Le cas des locaux réservés au sommeil est spécifique.

Dans un établissement recevant du public de types Y, L ou S de la 1^{re} catégorie (ici, le Carré d'Art à Nîmes), la structure, les planchers et le cloisonnement sont respectivement stables au feu et coupe-feu durant une heure et demie au minimum.



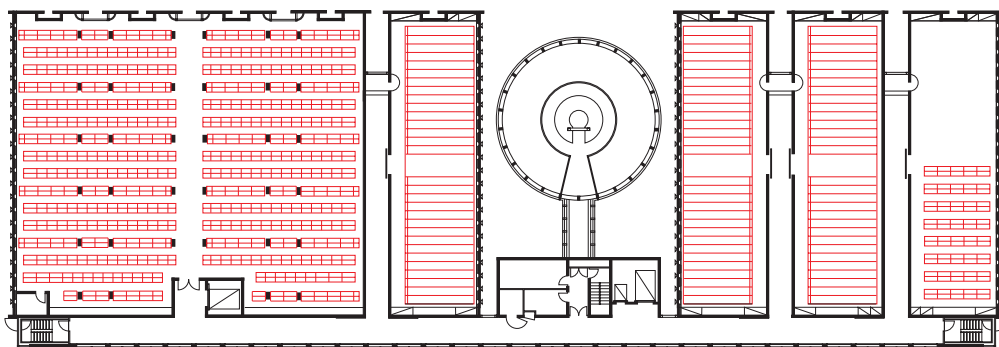
Les réponses du béton

Les murs porteurs en béton participent activement et efficacement au cloisonnement et au compartimentage des locaux, de façon économique et simple. Le béton est un excellent pare-flammes et la continuité qu'il apporte, y compris dans les assemblages, assure une étanchéité parfaite. Il est également un très bon coupe-feu. Sous réserve d'un enrobage correct des armatures, une paroi en béton peut sans protection rapportée présenter un degré coupe-feu allant jusqu'à deux heures (voir le tableau sur les murs porteurs). De la même façon, un mur en blocs béton cellulaire de 15 cm d'épaisseur ou un simple mur de blocs creux de 20 cm arrêteront et isoleront thermiquement le feu durant quatre heures.



Plan montrant un compartimentage efficace

parois CF 1h —
parois PF 1/2 h —
blocs portes PF 1/2 h /
blocs portes non PF /



Locaux d'archives du ministère des Finances à Savigny-le-Temple
Le bâtiment, par son activité, relève de la réglementation relative aux installations classées et au Code du Travail. Le choix du béton a permis d'assurer une protection coupe-feu durant deux heures. Le cloisonnement permet d'isoler facilement les magasins d'archives.

Spécificité de certains types d'ouvrage

• Les parcs de stationnement couverts

Ce sont des constructions qui permettent l'accueil de véhicules automobiles en dehors de la voie publique, à l'exclusion de toute autre activité. On peut aussi bien les trouver en superstructure qu'en infrastructure.

Les parcs répondent à différentes réglementations selon leur surface, le nombre de véhicules accueillis et leur implantation. Ainsi, les parcs de stationnement de plus de deux cent cinquante véhicules devront-ils être isolés des tiers par des murs d'un degré coupe-feu élevé :

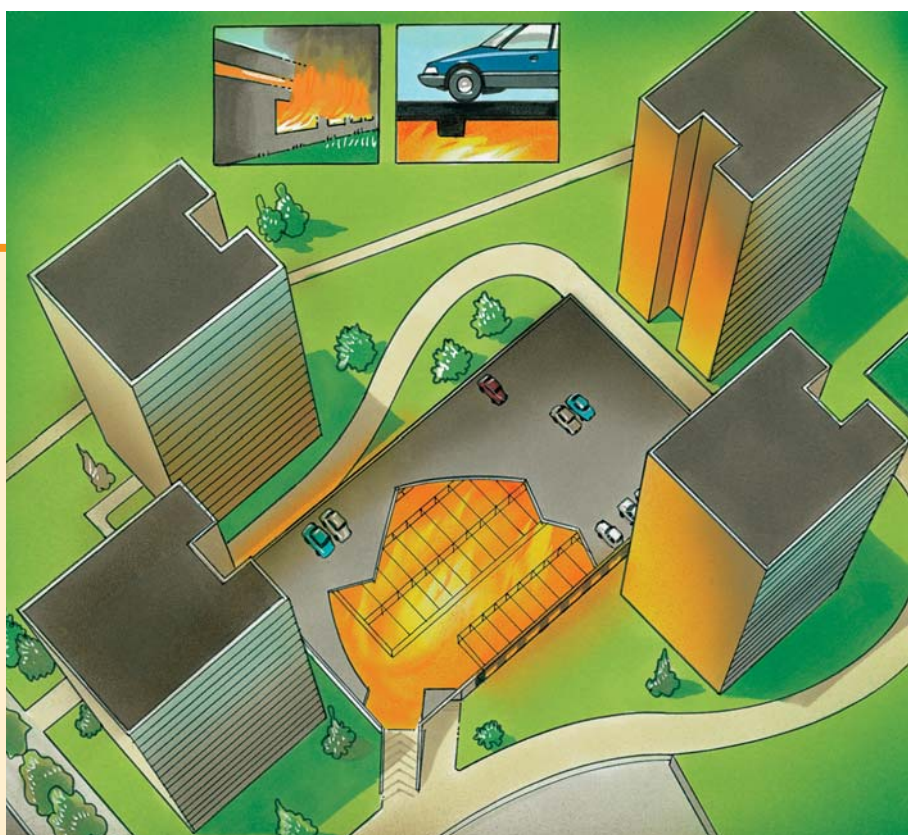
- en IGH : quatre heures ;
- en ERP du 1^{er} groupe : trois heures ;
- en installations classées : trois heures.

• Façades

Le C + D sera de 1 m en étages.

• Stabilité des structures selon la hauteur :

- R + 1 : stable au feu une demi-heure ;
- < 28 m : stable au feu une heure et demie – planchers coupe-feu une heure et demie ;
- > 28 m : stable au feu deux heures – planchers coupe-feu deux heures.



FEU VIOLENT DANS UN PARC DE STATIONNEMENT, AUBERVILLIERS, 1996

La réglementation relative à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation (arrêté du 31 janvier 1986) établit les règles de prévention pour les parcs de stationnement couverts de 100 m² à 6 000 m². Le parc présentait des structures et un plancher réglementairement stables au feu une heure. Constitué d'une ossature et de dalles en béton, le parking a parfaitement résisté au feu qui a duré quatre heures. Les véhicules qui stationnaient sur le plancher haut ont été évacués sans aucun dommage et les immeubles voisins ont été protégés par l'écran constitué par le béton. La stabilité au feu des constructions est nécessaire et indispensable pour permettre l'évacuation en bon ordre des occupants, la sauvegarde des biens et l'intervention facile des secours.