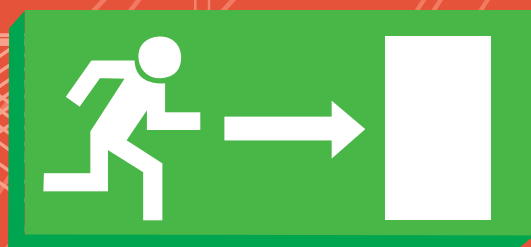


Collection *Mémentos acier*

# Sécurité **incendie**

Loïc Thomas

Guy Archambault



Nouvelle édition 2005

Collection *Mémentos acier*

# Sécurité **incendie**

Loïc Thomas  
Guy Archambault

Une publication de l'**Otua**  
Office technique pour  
l'utilisation de l'acier  
11, cours Valmy  
92070 La Défense Cedex  
tél. 01 47 67 04 02  
fax 01 41 25 55 70  
[www.otua.org](http://www.otua.org)



**Direction éditoriale**  
Bertrand Lemoine

**Rédaction**  
Loïc Thomas  
Guy Archambault

**Coordination éditoriale**  
Ève Jouannais  
Nathalie Tournillon

**Conception graphique**  
**Illustrations**  
Joseph Défossez

**Réalisation**  
Cedam  
130, avenue de Versailles  
75016 Paris  
[assocedam@wanadoo.fr](mailto:assocedam@wanadoo.fr)

Tous droits de reproduction,  
de traduction et d'adaptation  
réservés pour tous pays.

© Arcelor, Luxembourg, 2005  
Première édition, 2002

## (Avant-propos)

Évacuer et protéger les personnes sont les deux priorités de la sécurité incendie. Dans l'urgence consécutive au sinistre, permettre l'évacuation et rendre possible l'intervention des secours sont des exigences vitales motivant l'existence d'une réglementation.

Pour répondre à cette législation aux contraintes nécessaires, l'acier se décline en solutions techniques compétitives. C'est ce que s'efforce de démontrer la filière acier. Aucune autre industrie du domaine de la construction n'a autant investi pour connaître, améliorer en continu et maîtriser le comportement au feu des composants et systèmes de construction. De nombreuses possibilités s'offrent au concepteur grâce aux qualités du matériau. Incombustible, il n'encourage pas le développement du feu. Étanche aux flammes et aux gaz, il participe à la retenue des fumées mortelles. Résistant, ses performances peuvent être garanties à haute température moyennant une protection adéquate. En phase de refroidissement, il est le seul matériau structurel à pouvoir retrouver ses capacités d'origine. Cette exception permettra aux pompiers et experts de travailler en sécurité.

L'acier répond donc à toutes les exigences réglementaires. Cet ouvrage expose des solutions constructives efficaces mettant en œuvre ce matériau dans le respect de la législation en vigueur. Il permettra aux concepteurs d'acquérir les bases de la sécurité incendie et d'aller plus loin : connaître pour imaginer, construire pour préserver.

Les qualités de l'acier se conjuguent sur le mode de la *Sécurité incendie*, et sur bien d'autres encore. La collection « Mémentos acier » a pour objet d'exposer de manière synthétique et didactique les solutions proposées par la filière acier dans une situation donnée. Elle s'adresse avant tout aux maîtres d'œuvre, professionnels et étudiants, pour leur offrir des outils d'aide à la conception à la fois simples et pratiques.



# (Sommaire)

## 1 GÉNÉRALITÉS

Le feu : un phénomène physique	6
La modélisation d'un incendie	8
Influence de la charge combustible et de la ventilation	11
Méthodologie d'essais	12
Prévention et protection	14
Les principales recommandations pour une bonne sécurité	15

## 2 RÉGLEMENTATION INCENDIE

La résistance au feu	20
La réglementation concernant la destination de l'ouvrage	22
La réglementation concernant le feu extérieur	24
La réaction au feu	33
Dispositions réglementaires appliquées à la réhabilitation	34

## 3 CONCEPTION GÉNÉRALE DES OSSATURES MÉTALLIQUES

Performances du matériau	38
Performances des ossatures acier	39
Les bases d'un calcul de vérification de la résistance au feu	40
Les outils à la disposition des concepteurs	41

## 4 SOLUTIONS CONSTRUCTIVES ACIER

Les structures	48
Les planchers	49
Les toitures	61
Les parois verticales extérieures	68
Le compartimentage	70

## 5 ANNEXES ET GLOSSAIRE

Adresses utiles	78
Abréviations et glossaire	79
Bibliographie	80
Annexe 1 : Avis de chantier	83
Annexe 2 : Aide à la définition du cahier des charges	85

# 1 GÉNÉRALITÉS

---

Le feu provoque chaque année en France le décès d'environ six cents personnes et des dégâts matériels considérables – plus de 1,22 milliard d'euros versés aux seules PME par l'ensemble des sociétés d'assurances en une année.

Le véritable risque lié à l'incendie est d'abord, pour les personnes, le dégagement de fumées toxiques. Celles-ci provoquent 98 % des décès, par asphyxie, dans les premiers instants de l'incendie. Dans un bâtiment à rez-de-chaussée, l'effondrement d'une structure pendant un incendie n'est quasiment jamais à l'origine des pertes humaines. En effet, l'effondrement suppose que la température dans le local en feu a atteint une valeur où aucune vie n'est plus possible depuis longtemps.

Il convient donc de se préoccuper du comportement de l'ouvrage pendant l'évacuation et celui de la phase suivante où le feu doit être éteint. De même, il importe de ne pas causer de dommages aux bâtiments tiers. Cette dimension doit être prise en compte dès l'origine : c'est avant tout une question de conception, où l'acier contribue largement à limiter la propagation des flammes.

Lorsque l'incendie est éteint, la structure en acier présente un avantage certain : contrairement à d'autres matériaux, l'acier retrouve sa résistance initiale. Cela limite le risque d'effondrement « à froid », après extinction, et la mise en péril de la vie des sapeurs-pompiers notamment.

Le concepteur se trouve ainsi face à deux problématiques : la réduction de la charge calorifique – limitation de l'usage de produits inflammables et très combustibles –, laquelle contribue à limiter la chaleur et le volume des fumées ; la protection des éléments de construction, afin de garantir la stabilité de l'ouvrage malgré le feu. Deux voies combinables se présentent :

- la protection active, qui consiste à mettre en place des dispositifs qui se déclenchent lorsque la température s'élève et contribuent soit à éteindre l'incendie, soit à alerter les personnes présentes – systèmes d'arrosage automatique, diffusion de gaz spécifique, alarmes en tout genre, etc. ;
- la protection passive, par un revêtement approprié appliqué sur ou contre les structures à protéger – béton, plâtre, peintures intumescentes, mortier de perlite ou vermiculite, etc. – et des dispositions constructives (compartimentage, paroi coupe-feu, etc.).

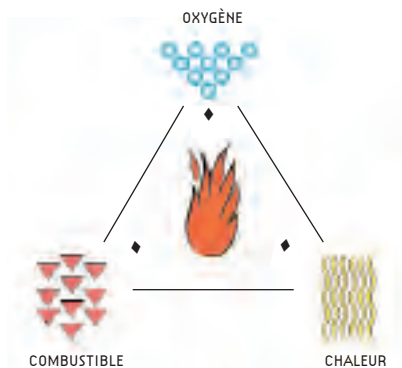
La combinaison de plusieurs de ces dispositions permet de réduire les risques et de satisfaire les trois exigences auxquelles doit répondre tout bâtiment en cas d'incendie : évacuation des occupants, intervention des secours et limitation de la propagation du feu.

La législation nationale fixe les exigences que le concepteur devra atteindre en mettant en œuvre les dispositifs nécessaires. La législation européenne unifiera les moyens de répondre à ces exigences qui restent du ressort national. Cet ouvrage présente les textes réglementaires en vigueur et expose les solutions techniques qui permettront de préserver les personnes, protéger la structure durant le temps d'évacuation et répondre aux obligations réglementaires.



# Le feu : un phénomène physique

Le triangle du feu



Le feu est une équation à trois éléments : combustible + comburant (oxygène) + source de chaleur.

La combustion est une réaction exothermique (qui dégage de la chaleur) entre l'oxygène de l'air et certaines substances solides, liquides ou gazeuses (combustibles). C'est sous l'action d'une énergie d'activation, ou source de chaleur – flamme, échauffement, point chaud –, que les deux premiers éléments entrent en combustion, lorsque la température d'inflammation est atteinte.

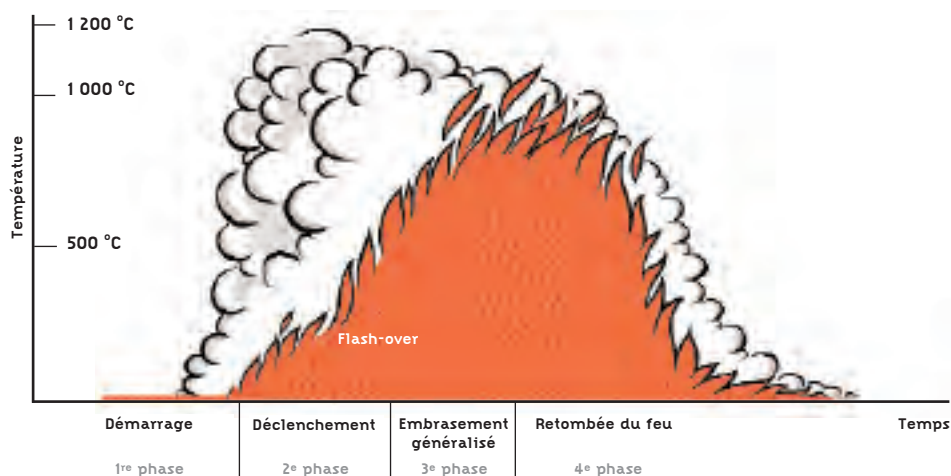
## Modes de propagation

Un incendie passe par une phase de développement, puis de régression, entraînant une élévation suivie d'une baisse de température.

Selon le mode d'inflammation et la nature du combustible, le développement sera plus ou moins rapide.

La sévérité du feu et la durée de ces phases dépendent de plusieurs paramètres :

- quantité et répartition des matériaux combustibles (charge incendie) ;
- vitesse de combustion de ces matériaux ;
- conditions de ventilation (ouvertures) ;
- géométrie du compartiment ;
- propriétés thermiques des parois du compartiment.



### Démarrage du feu (1<sup>re</sup> phase)

La rapidité de démarrage d'un incendie sera fonction du combustible en cause, de sa forme, de la ventilation du lieu et du type de source d'allumage.

Durant la phase de feu couvant, la température est localisée au point d'ignition ; les premiers gaz et la fumée apparaissent.

Faits	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Première manifestation du feu, le combustible commence à brûler, la température à l'intérieur du local varie d'un point à un autre</li> <li>– Propagation du feu</li> </ul>
Moyens de sécurité (Mesures actives)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Détection automatique</li> <li>– Gardiennage</li> <li>– Extincteurs</li> <li>– Signalisation vers la sortie</li> <li>– Désenfumage</li> <li>– Sprinkleurs</li> <li>– Compartimentage</li> <li>– Dispositions constructives, liaison entre matériaux</li> <li>– Limitation de la charge combustible</li> </ul>
Actions	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Appel des pompiers</li> <li>– Évacuation des personnes avant que la température atteigne 80-100 °C</li> <li>– Lutte des pompiers à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment</li> </ul>

Déclenchement de l'incendie (2° phase)

Au cours de la deuxième phase, où le foyer est vif mais encore localisé, le rayonnement ou le contact des flammes atteint les matières proches, les gaz chauds se dégagent et emplissent le volume, annonçant la troisième phase.

Embrasement généralisé (3° phase)

Les gaz chauds accumulés portent les combustibles présents à leur température d'inflammation et l'ensemble du volume s'embrase brutalement (*flash-over*). L'incendie atteint son point maximal. La présence de gaz inflammables peut également provoquer des déflagrations plus ou moins violentes.

Faits	<ul style="list-style-type: none"><li>- La température dans le local en feu augmente</li><li>- Les couches supérieures de gaz s'enflamment</li><li>- Le front des flammes qui se propage le long du plafond est le <i>roll-over</i> ; il précède, aux environs de 500 °C, un embrasement spontané appelé « embrasement généralisé » ou <i>flash-over</i></li><li>- Le feu se développe complètement</li></ul>
Moyens de sécurité	<ul style="list-style-type: none"><li>- Compartimentage</li><li>- Lutte des pompiers à l'extérieur</li><li>- Dispositions constructives</li></ul>
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"><li>- Après l'embrasement généralisé, la température des gaz augmente rapidement depuis 500 °C jusqu'à un pic pouvant dépasser 1 000 °C et devient quasi uniforme dans tout le volume</li><li>- Avec le plein développement du feu et au bout d'un certain temps, les structures porteuses pourront se déformer</li></ul>

Retombée du feu (4° phase)

La violence du feu décroît avec la disparition progressive du combustible.

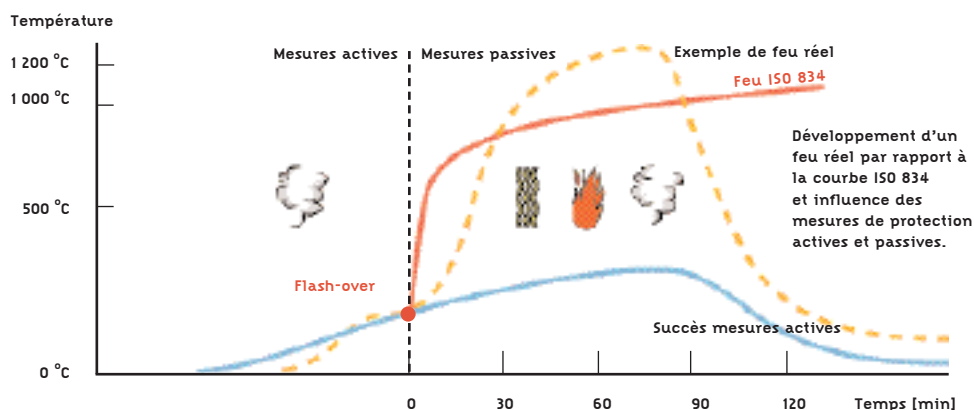
Faits	<ul style="list-style-type: none"><li>- Quand le combustible est consommé à 70 %, la température des gaz baisse</li></ul>
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"><li>- L'acier, après refroidissement, retrouve ses propriétés mécaniques d'origine et sa capacité portante s'il n'a pas été exagérément déformé</li><li>- Les ossatures métalliques peuvent être réparées, renforcées ou remplacées partiellement, les parties les plus endommagées étant récupérées et recyclées</li></ul>

# La modélisation d'un incendie

La variation de température avec le temps lors d'un incendie est modélisée dans les exigences réglementaires actuelles par la courbe ISO 834 (reconnue internationalement), dite d'incendie conventionnel. Cette courbe logarithmique est utilisée pour les essais en laboratoire.

La courbe ISO 834 matérialise le rapport temps/température suivant :

5 min	576 °C	90 min	1 006 °C
10 min	678 °C	120 min	1 049 °C
30 min	842 °C	240 min	1 153 °C
60 min	945 °C		



La courbe ISO 834 présente l'avantage de ne mettre en jeu directement qu'un seul paramètre (le débit combustible) et facilite la reproductibilité et la comparaison des résultats d'essais.

## Modélisation d'un incendie réel

Le développement d'un feu réel n'est jamais identique à celui de l'incendie conventionnel défini par la courbe ISO 834, où la température augmente indéfiniment dans le temps (voir diagramme ci-dessus).

En effet, lors d'un incendie réel, la température finit par décroître lorsque le combustible est consommé à environ 70 %. En outre, les mesures actives et l'intervention des services de secours réduiront les violences du feu tandis que les mesures passives en limiteront la propagation.

Les mesures actives doivent permettre aux occupants d'évacuer le local en feu bien avant l'embrasement généralisé (*flash-over*). Certaines d'entre elles comme les sprinklers peuvent maîtriser ou éteindre un début d'incendie. Les effets des mesures passives seront utiles à partir du *flash-over*.

# Influence de la charge combustible et de la ventilation

Le développement d'un incendie est lié à deux paramètres principaux : l'importance de la charge combustible contenue dans le local en feu et la surface des ouvertures du local sur l'extérieur.

L'augmentation des surfaces d'ouverture permet une meilleure ventilation et se traduit donc par des pics de température moins élevés et par une phase de décroissance plus rapide (voir graphique ci-contre).

Si l'alimentation en air est suffisante, ce qui entraîne un feu contrôlé par le combustible, ce sont l'importance et la disposition de la charge incendie qui exercent une influence décisive sur la sévérité du feu.

Destination du compartiment	Charge incendie (MJ/m²)	Charge incendie (kg de bois/m²)
Habitation	780	45
Hôpital (chambre)	230	13
Hôtel (chambre)	310	18
Bibliothèque	1 500	86
Bureaux	420	24
École (classes)	285	16
Centre commercial	600	34
Théâtre-cinéma	300	17
Transport (espace public)	100	6

Charges calorifiques d'activités types  
(1 kg de bois/m² = 17,5 MJ/m²)  
Source : Table E.4, Eurocode 1.