

Sponsorisé par
la CECA



CONCEPT DE
CONCEPT DE
SECURITE INCENDIE
SECURITE INCENDIE
BASE SUR LE
BASE SUR LE
FEU NATUREL
FEU NATUREL



CEC Agreement 7215-PA/PB/PC - 042

PROJET DE VALORISATION

***CONCEPT DE SECURITE INCENDIE
BASE SUR LE FEU NATUREL***

Période du 01.07.1999 au 30.06.2000

RESPONSABLE DU DEPARTEMENT

J.B. SCHLEICH
Professeur, Ingénieur Principal

Service Produits-Profilés (PRF)
ARBED – Centre de Recherches
L-4009 ESCH/ALZETTE

RESPONSABLES DU PROJET

Louis-Guy CAJOT
Ingénieur Civil
Michel PIERRE
Ingénieur Industriel

13 août 2001

Titre de la recherche: ***PROJET DE VALORISATION: CONCEPT DE SECURITE
INCENDIE BASE SUR LE FEU NATUREL***

Contrat : CEC Agreement 7215 - PA/PB/PC - 042

Comité exécutif : Steel Structures F6

Début de la recherche : 01.07.1999

Fin de la recherche : 30.06.2000

Bénéficiaires

- : - ProfilARBED-Recherches, Luxembourg, Coordinateur.
avec Structura Engineering, Italie en tant que Sous-Traitant
- CTICM, France
- LABEIN, Espagne

RESUME SUCCINCT

Ce document est destiné aux:

- **ingénieurs et architectes**
- **réglementeurs**
- **bureaux de contrôle.**

Un groupe d'experts appartenant aux différentes Autorités Nationales dans le domaine de la sécurité incendie a suivi le développement de cette recherche.

Le but de ce projet de valorisation est de traduire de l'anglais en 5 langues européennes (français, espagnol et italien + allemand et néerlandais) l'essentiel du rapport final de la recherche "Natural Fire Safety Concept" (NFSC) et de le publier.

Ce résumé a pour but de décrire clairement la méthode d'analyse globale en sécurité incendie développée (NFSC) de manière à ce que le lecteur puisse comprendre les hypothèses sous-jacentes et identifier les avantages de cette approche et l'appliquer.

Les pages 1 à 80 suivantes donnent la version française de l'essentiel du rapport final.

Les traductions ont été faites par:

D. Joyeux (CTICM) pour la partie française

G. Aurtenetxe (LBEIN) pour la partie espagnole

S. Pustorino (STRUCTURA ENGINEERING) pour la partie italienne

F-J. Heise (SAES : Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V) pour la partie allemande

L.Twilt (TNO) pour la partie néerlandaise

RESUME

Afin de définir une approche plus réaliste d'analyse de la résistance au feu des structures qui tient compte des mesures actives de lutte contre l'incendie et les caractéristiques réelles du développement d'un feu, la recherche intitulée "Natural Fire Safety Concept" financée par la CECA a été menée de juillet 1994 à juin 1998 par des organismes de 11 pays européens ; la coordination en fut assurée par ProfilARBED Recherches.

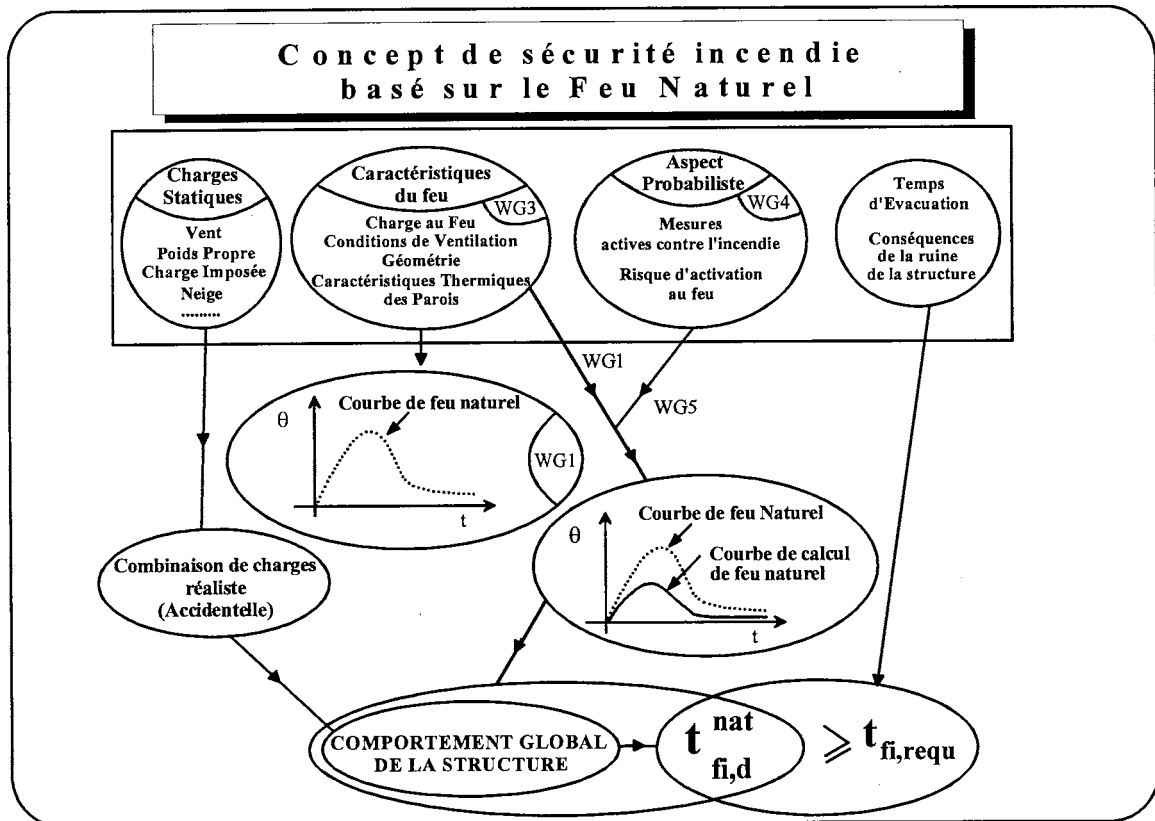


FIGURE A : Organigramme du rapport " Natural Fire Safety Concept "

Cette recherche a permis de mettre au point une procédure qui :

- prend en compte les caractéristiques du bâtiment déterminantes pour le développement du feu : scénario d'incendie, charge incendie, taux de pyrolyse, type de compartiment, condition de ventilation,
- détermine le risque de déclenchement d'un incendie et considère de ce fait l'influence des mesures actives et le type d'occupation du bâtiment ; cette analyse du risque est basée sur des probabilités déduites de base de données de feux réels venant de Suisse, France, Finlande et Royaume-Uni,
- déduit de l'étape précédente des Valeurs de Calcul pour les paramètres principaux tels que la charge incendie,

- détermine l'action thermique en fonction de la charge incendie de calcul qui tient compte implicitement du risque d'incendie et par conséquent des mesures actives de lutte contre le feu,
- calcule le comportement global de la structure sous l'effet de cette action thermique de calcul et des charges statiques en situation d'incendie,
- en déduit la durée de résistance au feu $t_{fi,d}^{nat}$. Cette durée est très souvent égale à l'infini, ce qui signifie que la structure est capable de soutenir les charges qui lui sont appliquées depuis le début du feu jusqu'à son extinction,
- vérifie la sécurité structurelle en comparant la durée de résistance $t_{fi,d}^{nat}$ à l'exigence t_{fi}^{requ} qui dépend du temps d'évacuation et des conséquences d'une ruine.

Ce nouveau concept a été appliqué à des projets réels de bâtiment :

- Hall de Basket-ball à Pépinster (Belgique).
- Aéroport de Luxembourg (Grand-Duché de Luxembourg).
- Palais de Justice de Nantes (France).
- Musée et Exposition à URBINO (Italie).
- Immeuble de Bureaux à Bilbao (Espagne).
- Bâtiment de Bureaux "Langenthal" (Suisse).
- Complexe Scolaire « Geesseknäppchen » à Luxembourg (Grand-Duché de Luxembourg).
- Centre commercial à Rotterdam (Pays-Bas)

Au regard d'une sécurité accrue car mieux adaptée et des bénéfices financiers qu'apporte cette nouvelle approche, les exemples de son utilisation devraient se multiplier. Au lieu d'exiger une résistance au feu conventionnel « ISO » de la structure de 2 heures, il est de loin préférable d'adapter le degré de résistance au risque existant en mettant l'accent sur les mesures actives de lutte contre le feu pour la protection des personnes telles que détection, alarme, transmission automatique de l'alarme aux pompiers, désenfumage, cage d'escalier pressurisée, extinction automatique...

De surcroît, les coûts de protection directe nécessaires pour assurer sa stabilité en cas d'incendie sont fortement réduits voire inexistantes dans certaines situations.

Le présent document de synthèse reprend les grandes lignes du rapport final de la recherche intitulé : "Natural Fire Safety Concept", et met en avant les principales règles définies pendant ces 4 années de recherche.

CONCEPT DE SECURITE INCENDIE BASE SUR LE FEU NATUREL

Table des matières

RESUME	A-B
1 INTRODUCTION	3
2 METHODOLOGIE	8
2.1 Présentation générale	8
2.2 Objectifs et moyens	9
2.2.1 Performance à atteindre	9
2.2.2 Méthode de calcul du développement du feu	10
2.2.3 Comportement au feu des structures	11
2.3 Données nécessaires	11
3 CARACTERISTIQUES DU COMPARTIMENT	12
3.1 Introduction	12
3.2 Limites du compartiment	12
3.3 Parois : caractéristiques thermiques	13
3.4 Caractéristiques des ouvertures	15
3.5 Ventilation mécanique	16
4 CARACTERISTIQUES DU FEU	17
4.1 Charge au feu	17
4.1.1 Nature	17
4.1.2 Quantité	18
4.2 Type de feu	19
4.3 Feu de calcul	20
4.3.1 Contrôle du feu par le combustible et contrôle par la ventilation	20
4.3.2 Débit calorifique de calcul	21
4.3.3 Données expérimentales	24
5 ASPECT PROBABILISTE	25
5.1 Introduction	25
5.2 Statistique	26
5.3 Probabilités	26
5.3.1 Analyse d'arbre événementiel	26
5.3.2 Occurrence d'un feu et croissance d'un feu	27

5.4 Procédure	28
5.4.1 Détermination des valeurs de calcul et des facteurs de sécurité dans les Eurocodes – Principe en conditions normales d'utilisation	28
5.4.2 Valeur cible	31
5.4.3 Feu de calcul et probabilité conditionnelle	31
5.4.4 Charge au feu de calcul et le facteur global de sécurité	32
5.4.5 Détermination des facteurs de différenciation γ_{q1} , γ_{q2} et γ_{ni}	39
6 DEVELOPPEMENT DU FEU	50
6.1 Feu localisé	50
6.1.1 Modèles à 2 zones	50
6.1.2 La méthode d'Hasemi	52
6.1.3 Combinaison entre un modèle à 2 zones et un modèle de feu localisé	54
6.2 Feu généralisé	55
6.2.1 Feux paramétriques	55
6.2.2 Modèle à 1 zone	58
6.3 Combinaison entre les modèles 1 zone et 2 zones	60
7 COMPORTEMENT AU FEU DES STRUCTURES	63
7.1 Flux de chaleur	63
7.2 Détermination de la température des éléments	65
7.2.1 Règles simples pour structure en acier non protégée	65
7.2.2 Règles simples pour structure en acier protégée	67
7.3 Modèles structurels	69
7.3.1 Schéma structurel	69
7.3.2 Méthodes de calcul	70
8 CONCLUSION	73
9 COMITE CONSULTATIF	76
10 REFERENCES	78

1 INTRODUCTION

Dans les années soixante-dix, quelques incendies dramatiques tels que l'incendie du supermarché "L'Innovation" à Bruxelles qui a fait plus de 300 morts et de la discothèque "Le Cinq Sept" à Saint-Laurent-du-Pont en France qui a fait environ 170 morts, ont conduit à l'élaboration de nouveaux règlements pour la sécurité incendie partout en Europe.

Ces règlements prennent en considération :

- L'évacuation des personnes : des règlements spécifient le nombre de sorties de secours, le nombre d'escaliers, la largeur des portes, ...
- La propagation du feu : deux notions, "la résistance au feu" et "la réaction au feu" ont été développées :
 - Les compartiments sont délimités par des murs et des portes coupe-feu, les surfaces sont limitées, les façades doivent satisfaire certaines caractéristiques pour éviter la propagation du feu d'un étage à l'autre.
 - La réaction au feu détermine la contribution au développement du feu des matériaux (structures, revêtements, isolants ...).
- La résistance au feu de la structure : R30, 60, 90 ou 120,
- Les conditions de ventilation et d'évacuation de la fumée et de la chaleur
- Les mesures actives de lutte contre l'incendie telles que les extincteurs manuels, les détecteurs de fumée, les systèmes d'extinction automatique.
- Le contexte d'intervention de pompiers (largeur de route, angle de routes ...)

Chaque pays a défini un règlement national généralement basé sur sa propre vue du problème à partir des connaissances de l'époque. Cela signifie que ces exigences ont été basées sur des considérations historiques, sur l'expérience, sur les informations concernant les sinistres et sur un jugement principalement d'experts. Même si le contexte général et les notions générales de sécurité incendie sont les mêmes partout en Europe, les exigences ne sont pas uniformes en Europe.

Par exemple, la résistance au feu est basée sur un concept d'incendie conventionnel identique en Europe. L'un de ces incendies conventionnels est issu de la norme internationale ISO R 834 et est défini par une courbe température-temps unique (voir Figure 1.1). Cependant, les exigences de résistance au feu des structures exprimées en terme de durées d'incendie conventionnel peuvent être très différentes. Le Tableau 1.1 donne les exigences structurelles basées sur le feu conventionnel ISO pour différents types de constructions.

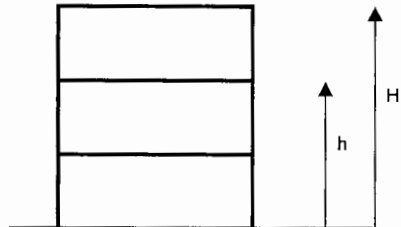
Les principaux paramètres définissant les exigences sont la hauteur du bâtiment et son occupation (nombre d'occupants et type d'activités). On remarque en effet, qu'en Europe, les exigences de résistance au feu diffèrent d'un pays à un autre. Par exemple on peut voir le cas du centre commercial pour lequel aucune résistance au feu n'est requise en Suisse tandis que l'Espagne exige 90 minutes de résistance au feu ISO ou, le cas de l'immeuble de bureaux de hauteur moyenne pour lequel la résistance au feu ISO est de 60 minutes aux Pays-Bas et de 120 minutes en Finlande.

Exigences en résistance au feu des structures																		
Caractéristiques du bâtiment									selon les réglementations internationales									
Activité	n	h	H	X	L	b	x(*)	S	B	CH	D	F	I	L	NL	FIN	SP	UK
Bâtiment industriel	1	0	10	20	100	50	2	OUI	0	0	0	30 *2	0/60 (7)	0	0	0	-	0 *1
								NON	0	(1) *3	(1)	30 *2	30/90 (7)	0-60	0	0	-	0 *1
Centre commercial	1	0	4	500	80	80	4	OUI	0	0	0	0 H 30 V	60/90 (7)	30	0	0	90	0 *1
								NON	(1)	(1) *3	(1)	30	90/120 (7)	(3)	0	30	90	0 *1
Discothèque	2	5	9	1000	60	30	4	OUI	0	0	(2)	60	(8) (9)	30	0	60 (4)	90	30
								NON	0	30	90	60	60	30	0	60 (5)	90	60
Ecole	4	12	16	300	60	20	4	OUI	60 (6)	0 30 *3	(2)	60	(8) (10)	90	60	60 (4)	60	60
								NON	60 (6)	60	90	60	60	90	60	60 (5)	60	60
Immeuble de bureaux de faible hauteur	4	10	13	50	50	30	2	OUI	60 (6)	0 30 *3	(2)	60	(8) (9)	90	60	60 (4)	60	30
								NON	60 (6)	(1) *3	90	60	60	90	60	60 (5)	60	60
Hotel	6	16	20	60	50	30	2	OUI	60 (6)	30 60 *3	(2)	60	(8) (11)	90	60	60 (4)	90	60
								NON	60 (6)	60	90	60	60	90	60	60 (5)	90	60
Hôpital	8	24.5	28	60	70	30	2	OUI	120	60	(2)	60	(8) (12)	90/120	120	60 (4)	120	90
								NON	120	90	90	60	120	120	120	60 (5)	120	90
Immeuble de bureaux de moyenne hauteur	11	33	37	50	50	30	2	OUI	120	60 90 *3	(2)	120	(8) (9)	90	60	120 (4)	120	120
								NON	120	90	90	120	90	120	90	120 (5)	120	(3)
Immeuble de bureaux de grande hauteur	31	90	93	100	50	50	2	OUI	120	90	90	120	(8) (9)	120	90	120 (4)	120	120
								NON	120	90 (3)	(3)	120	120	(3)	90	120 (5)	120	(3)

n = Nombre d'étages, rez-de-chaussée inclus
h = Hauteur du plancher bas au dernier niveau
H = Hauteur sous toiture
X = Nombre de personnes par niveau
L = Longueur du compartiment
b = Largeur du compartiment
x = Nombre de sorties

S = Sprinkleur

- (1) Surface du compartiment trop grande
(2) Aucun règlement
(3) interdit
(4) $q > 600 \text{ MJ/m}^2$ au sol
(5) $q < 600 \text{ MJ/m}^2$ au sol
(6) Nouveau bâtiment ou modification d'un ancien bâtiment
(7) Durée généralement exigée par les autorités locales
(8) Les sprinkleurs sont une alternative à ces exigences
(9) Exigées pour $q > 920 \text{ MJ/m}^2$
(10) Exigées pour les locaux en sous-sol si $q > 550 \text{ MJ/m}^2$
(11) Exigées si plus de 1000 lits
(12) Exigées si plus de 300 lits



*1 Structure de toiture uniquement

Aucune exigence pour bâtiments à simple de rez-de-chaussée

*2 If $H < 10\text{m}$: pas d'exigence (R0)

*3 Doit être vérifié selon SIA Doc 81

Pour la Finlande: Pour les structures portantes, pas pour les structures séparatives

Pour la France : H = structure de toiture horizontale
V = structures verticales (poteaux)

TABLEAU 1.1

Dans le cadre d'un concept global de sécurité incendie, les autorités auraient dû traduire, en terme de durée de feu conventionnel, les exigences de résistance au feu des structures, tout en prenant en compte les phénomènes physiques et les conditions d'intervention suivants :

- Le feu [probabilité d'occurrence du feu, propagation du feu, durée du feu, charge au feu (quantité et distribution), sévérité du feu (débit calorifique)]
- Conditions de ventilation
- Compartimentage (type, taille, géométrie)
- Type de l'élément structurel
- Conditions d'évacuation des occupants
- Services de secours
- Risque pour les bâtiments voisins
- Mesures actives de lutte contre l'incendie

Par exemple en cas de sprinkleurs, le Tableau 1.1 montre que les exigences avec ou sans système d'extinction sont identiques mis à part très peu de cas (le centre commercial en France ou l'école en Suisse). Ceci conduit à penser que tous ces phénomènes physiques et conditions d'intervention listés ci-dessus n'ont pas été traduits par les autorités dans les exigences de résistance au feu.

Pour considérer tous ces facteurs physiques d'une façon systématique, la recherche européenne intitulée "Concept de Sécurité Incendie basé sur le Feu Naturel" commencée en 1994, a été réalisée par 10 partenaires européens.

Le but était d'établir une approche plus réaliste permettant d'analyser la stabilité au feu de structures en cas d'incendie à partir d'un concept global tenant compte, entre autres, des mesures actives de lutte contre l'incendie et des caractéristiques des feux réels.

La Figure 1.1 présente une comparaison entre les courbes température-temps issues du feu naturel dans des configurations différentes (la taille des compartiments, les charges au feu, les caractéristiques thermiques des parois, les caractéristiques des combustibles ...) et la courbe de feu conventionnel.

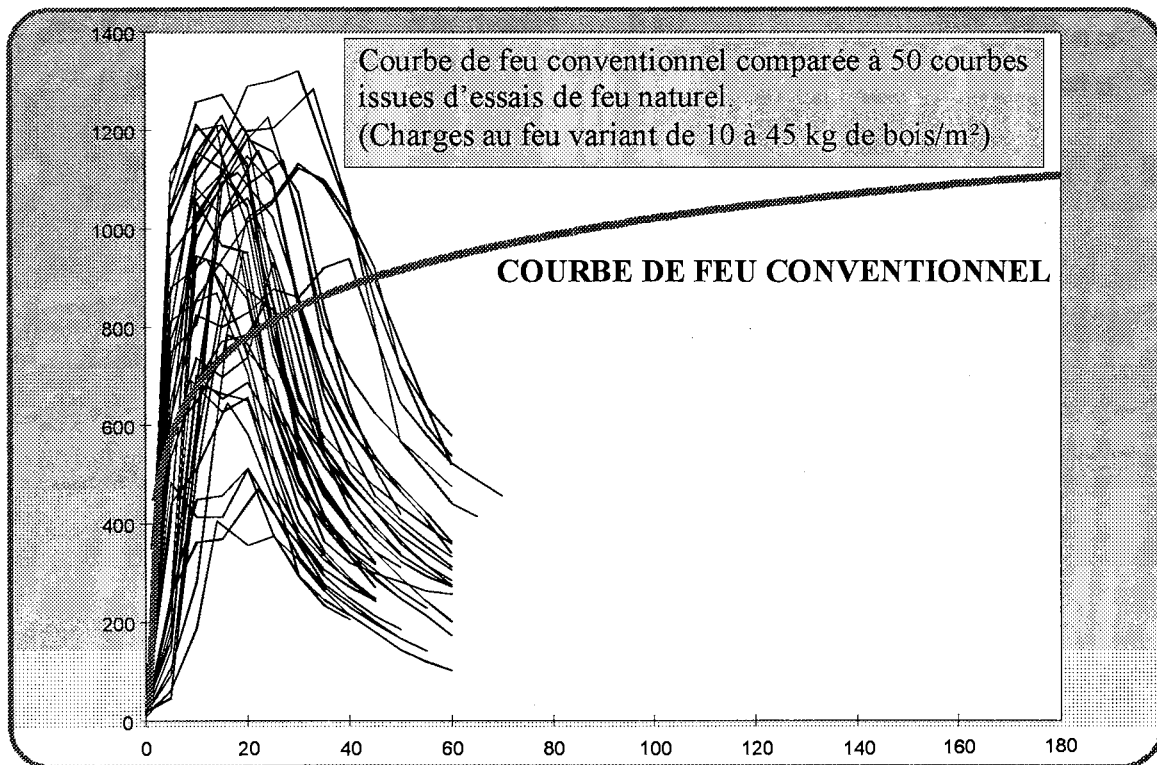


FIGURE 1.1 : Courbe de température-temps de feu naturel et de feu conventionnel

Cette comparaison montre les difficultés d'appréhender le comportement au feu d'éléments, classés sous feu conventionnel, dans les situations d'incendies réels. En effet, un feu réel a des caractéristiques qui ne sont pas prises en compte dans la courbe de feu conventionnel comme l'indique la Figure 1.2 :

- Une phase couvante : initialisation du feu et éventuellement présence d'un feu couvant à température très basse sur une durée qui est souvent difficile à estimer. Cette phase n'est pas indiquée dans la Figure 1.2.
- Une phase de croissance appelée pré-flashover (feu localisé) : la durée de cette phase dépend principalement des caractéristiques du compartiment. Le feu reste localisé jusqu'à la généralisation du feu.
- Un flashover : le flashover est un phénomène de généralisation très rapide du feu à l'ensemble du local.
- Une phase de post-flashover : cette phase correspond à un feu généralisé pour lequel la durée dépend de la charge au feu et de la ventilation.
- Une phase décroissante : le feu commence à diminuer avant que tous les matériaux combustibles ne soient complètement brûlés.

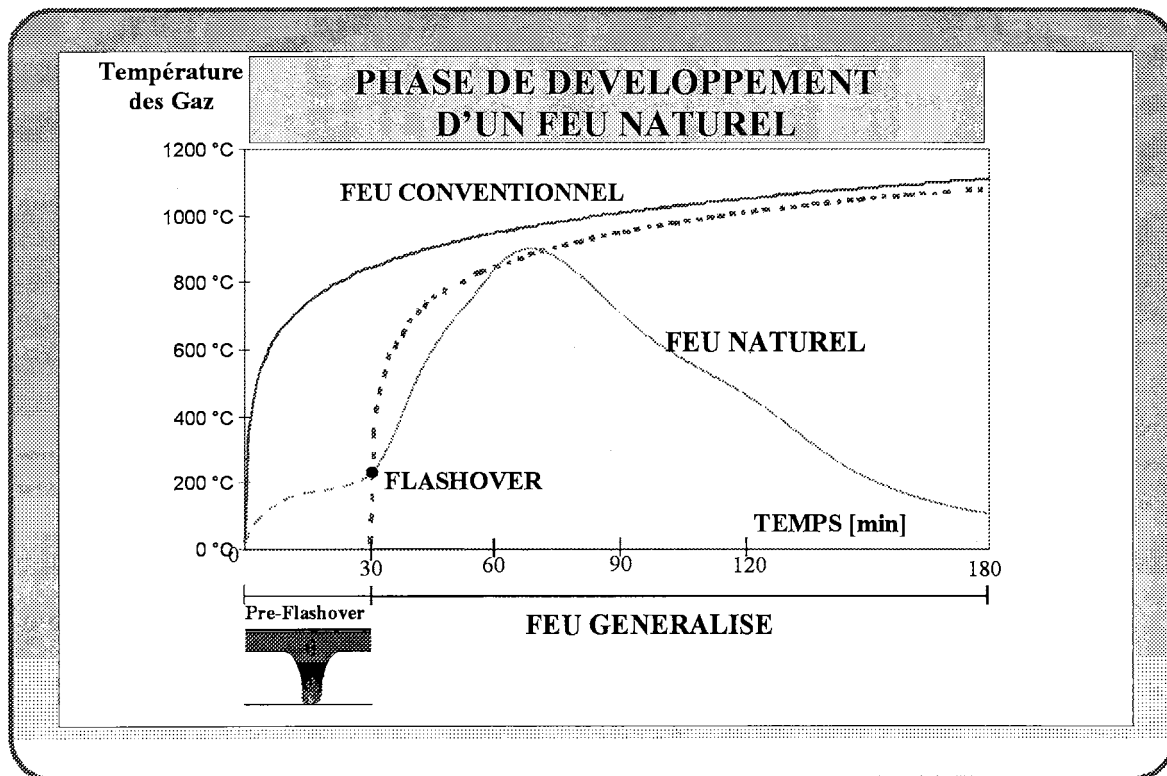


FIGURE 1.2 : Phases de feu naturel

Pour développer un nouveau concept de sécurité incendie basé sur des courbes de feu naturel, il était nécessaire de réaliser une analyse critique des méthodes existantes de sécurité et des modèles permettant d'évaluer le développement d'un feu réel.

Ensuite, selon cette analyse, une nouvelle méthodologie a été développée. Cette nouvelle méthodologie a été basée sur des approches statistiques, probabilistes et des analyses déterministes. Cette méthode est applicable à tous les matériaux du bâtiment dont le comportement au feu peut être modélisé.

L'élaboration de ce concept a été confrontée pendant les quatre années de la recherche, aux remarques d'un comité consultatif composé de pompiers, de responsables des réglementations et d'ingénieurs en sécurité incendie des 11 pays impliqués dans la recherche. La liste des personnes composant ce comité consultatif est donnée au chapitre 9.

Le but du présent rapport est de présenter les données principales et la méthodologie d'utilisation du concept de sécurité incendie basé sur le feu naturel. Des détails sur la méthode, les modèles et les statistiques utilisés figurent dans le rapport de la recherche [1].