

## Eurocode 1 : Bases du calcul et actions sur les structures

### Partie 2-2 : Actions sur les structures — Actions sur les structures exposées au feu

E : Eurocode 1 : Basis of design and actions on structures — Part 2-2 : Actions on structures — Actions on structures exposed to fire

D : Eurocode 1 : Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 2-2 : Einwirkungen auf Tragwerke — Einwirkungen im Brandfall

---

### **Norme expérimentale**

publiée par l'AFNOR en décembre 1997.

Les observations relatives à la présente norme expérimentale doivent être adressées à l'AFNOR avant le 31 décembre 1998.

---

### **Correspondance**

Le présent document reproduit intégralement la prénorme européenne ENV 1991-2-2:1995.

---

### **Analyse**

La présente partie de l'Eurocode 1 traite des actions sur les structures dues à l'incendie (actions thermiques) et des règles générales pour l'analyse structurale.

---

### **Descripteurs**

**Thésaurus International Technique** : bâtiment, structure, conception, calcul, résistance au feu.

---

### **Modifications**

### **Corrections**

---

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex  
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55



**Membres de la commission de normalisation**

Président : M MATHEZ

Secrétariat : BNTEC

M	AFSALI	CETIM
M	BALOCHE	CSTB
M	BAZIN	CSTB
M	BIETRY	CSTB
MME	BAR	EDF/SEPTEN
M	BAR	SETRA
M	CLAVIER	BUREAU VERITAS
M	CONNER	AFNOR
M	DARDARE	CERIB
M	DELORME	DIRECTION ÉQUIPEMENT
M	DEVILLEBICHOT	SNBATI
M	DUBOIS	CETI
M	ETIENNE	DAEI
MME	FERNANDEZ	AFNOR
M	GIROT	CEBTP
M	GROSJEAN	UNM
M	HRABOVSKY	BNTEC
M	JACOB	LCPC
M	JACQUES	LCPC
M	JALIL	SOCOTEC
M	KOVARIK	MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT, DES TRANSPORTS ET DU TOURISME / STCPMVN
M	KRUPPA	CTICM
M	LACROIX	
M	LALUNG-BONNAIRE	CRAM DE NORMANDIE
M	LENS	AFNOR
M	LERAY	CGPC
M	MAITRE	SOCOTEC
M	MARVILLET	SNCF / DÉPARTEMENT VO
M	MATHEZ	
M	MATHIEU	SETRA
M	MILLEREUX	IRABOIS
M	PECKER	AFPS
M	PERA	IGPC
M	RAMONDEC	SNCF
M	RAOUL	SETRA
M	ROTH	IUT
M	SCHMOL	SNBATI
M	STRADY	SAEP
M	TARRIN	AGENCE POUR LA PRÉVENTION DES DÉSORDRS ET L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE LA CONSTRUCTION
M	THONIER	SPETPFOM
M	VALLADEAU-RONCIN	FIB

**Ont participé en tant qu'experts au groupe de travail EUROCODE 12-2 DAN :**

M	BRAINE BONNAIRE	CSTB
M	KRUPPA	CTICM
M	LE DUFF	CSTB
M	LEMOINE	SOCOTEC — CLOPSI
M	LERAY	CONSEIL GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES
M	MATHEZ	
M	MATHIEU	SETRA
M	MILLEREUX	IRABOIS
M	MOYE	CSTB
M	RUELLAN	SOCOTEC
M	SAGOT	INGÉNIEUR CONSEIL
M	SCHMOL	SNBATI
M	TEPHANY	MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
M	THOMAS	USINOR SACILOR

## AVANT-PROPOS NATIONAL À L'EUROCODE 1 — PARTIE 2-2

### AP.1 Introduction

Le présent document, d'une part, reproduit intégralement l'ENV 1991-2-2 approuvée par le Comité Européen de Normalisation (CEN) en tant que prénorme européenne et d'autre part, spécifie les adaptations nationales qui ont été apportées à l'ENV, réunies sous le terme de «Document d'Application Nationale» (DAN).

Le présent document est donc une norme expérimentale, dénommée en abrégé ENV-DAN ou EUROCODE — DAN.

### AP.2 Présentation de l'ENV-DAN

#### AP.2.1 Les objectifs de l'ENV-DAN

- a) Produire, à la demande du CEN et pour les pays francophones, la version française *in extenso* de l'ENV 1991-2.2.
- b) Spécifier les adaptations nationales qui sont apportées à l'ENV et qui, pour une part, définissent les conditions techniques d'application de l'ENV pendant la phase d'expérimentation (ajustements éventuels des valeurs encadrées, normes et autres documents nationaux de référence), et pour une autre part, préfigurent les améliorations techniques que l'AFNOR proposera d'introduire quand il sera question de convertir la prénorme européenne (ENV) en norme européenne (EN) de plein droit.
- c) Définir les conditions dans lesquelles l'ENV doit être appliquée pour satisfaire les exigences de la réglementation nationale sur la sécurité et la protection contre l'incendie des structures de bâtiment.
- d) Mettre à la disposition des maîtres d'ouvrages, publics ou privés, un document normatif qui soit contractualisable en application notamment de la Directive 93/37/CEE (ex 71/305/CEE) sur la coordination des procédures de marchés publics de travaux et aussi de la Directive 89/106/CEE relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres concernant les produits de construction.

#### AP.2.2 Les différentes lectures de l'ENV-DAN

Le présent document réunit trois textes dans un seul. Les règles de lecture ci-après permettent de discerner les différents textes :

- a) La norme expérimentale française comprend tout ce qui n'est pas grisé, y compris les encadrés du DAN ;
- b) le DAN est délimité par les zones encadrées «I», «A», «C» ou «CR» ;
- c) la version française de la prénorme européenne ENV comprend tout ce qui n'est pas dans les zones encadrées, mais comprend les zones grisées.

### AP.2.3 Le statut prescriptif des adaptations nationales

Un statut prescriptif a été attribué à chacune des adaptations nationales (voir tableau AP.1).

**Tableau AP.1 : Statuts prescriptifs des adaptations nationales**

Statut de l'adaptation	Convention de représentant au statut
— PRINCIPE	P (1) Écriture droite Caractère normal
— RÈGLE D'APPLICATION	(1) Écriture droite Caractère normal
— COMMENTAIRE	Écriture droite Petit caractère
— COMMENTAIRE RÉGLEMENTAIRE	Écriture droite Petit caractère gras

La portée d'une adaptation vis-à-vis de la spécification européenne à laquelle elle se rapporte, a été également codifiée (voir tableau AP.2).

**Tableau AP.2 : La portée des adaptations nationales**

Catégorie d'adaptation	Codification de l'adaptation
— INVALIDATION	I la partie de la prescription de l'ENV qui est invalidée, est grisée
— AMENDEMENT OU AJOUT	A
— COMMENTAIRE	C
— COMMENTAIRE RÉGLEMENTAIRE	CR

### AP.2.4 Les textes normatifs de référence

Le répertoire des normes et autres textes normatifs de référence de l'ENV-DAN est donné à l'article AP.4 de cet avant-propos.

## AP.3 Modalités d'application

### AP.3.1 Domaine d'application

L'ENV 1991-2-2 DAN est applicable aux structures de bâtiments neufs.

L'application de l'ENV 1991-2-2 DAN à la vérification d'un projet de bâtiment neuf est indissociable de l'application conjointe des Eurocodes de projet (EUROCODE 2 à 6 et 9) Partie 1.2 complétés par leur DAN.

Moyennant les précautions d'usage de la part du concepteur, l'application pourra être étendue à la mise en conformité ou à la réparation des structures de bâtiments existants.

L'application de l'ENV 1991-2-2 DAN pourra être étendue aux ouvrages de génie civil si une réglementation y fait référence et que les précautions d'usage y sont explicitement détaillées (exemple : lois d'échauffement spéciales).

### AP.3.2 Modalités d'ordre réglementaire

L'ENV 1991-2-2 concerne tout particulièrement les bâtiments soumis à la réglementation sur la sécurité et la protection contre l'incendie (voir Code de la construction, Titre premier et Titre deuxième).

Il s'avère que l'ENV n'est pas compatible, dans tous ses points, avec la réglementation nationale.

Outre les définitions et autres considérations d'ordre général, sont applicables en ce qui concerne l'action du feu :

- les diverses courbes nominales température/temps, notamment la courbe température/temps normalisée (4.2.2) qui est la base d'appréciation de la résistance au feu des éléments de structure exigée par la réglementation ;
- la méthode simplifiée d'évaluation des actions thermiques pour les éléments métalliques extérieurs (voir annexe C) ;
- l'évaluation de la charge calorifique (voir annexe D, D.2).

N'est pas admise, par contre, l'application :

- des feux paramétrés (voir 4.3 et annexes) autres que celui introduit dans l'annexe C pour les éléments métalliques extérieurs ;
- de la méthode du temps équivalent d'exposition au feu (voir annexe E).

Les conditions dans lesquelles la présente norme expérimentale (ENV-DAN) doit être appliquée pour respecter les exigences de la réglementation nationale ont été détaillées en termes de commentaires réglementaires (voir AP.2.3). Le tableau AP.3 en fait l'inventaire.

**Tableau AP.3**

Partie de l'EC 1-2.2 dont l'application est assortie de conditions restrictives	Objet de la partie de l'EC 1-2-2
Paragraphe 4.3 (1)	Exposition au feu paramétré
Annexe A, introduction	Exposition au feu paramétré
Annexe B, introduction	Courbes paramétrées température/temps
Annexe C, introduction	Actions thermiques pour les éléments extérieurs
Annexe D — D.1 (3)	Différentiation de la charge calorifique
Annexe D — D.3 et tableau D.2	Classification des charges calorifiques
Annexe E, introduction	Différentiation de la durée d'exposition au feu.

### AP.3.3 Modalités contractuelles

La présente norme expérimentale n'est applicable, en totalité ou en partie, dans le cadre contractuel d'un marché public ou privé, que s'il y est fait explicitement référence :

- pour les marchés publics, dans le Cahier des clauses administratives particulières à l'article 2 où la liste des pièces générales rendues contractuelles mentionnera la norme française expérimentale et en cas d'utilisation partielle les parties de celle-ci à considérer et à l'article 10 qui indiquera la dérogation correspondante faite au Cahier des clauses techniques générales ;
- pour les marchés privés, dans les documents particuliers du marché tels que définis dans la norme NF P 03-001, de septembre 1991 (Cahier des clauses administratives particulières, Cahier des clauses spéciales, Cahier des clauses particulières).

Par référence au paragraphe 2.1 «Conclusion du Marché» de la norme NF P 03-001, le maître d'œuvre, qui entend utiliser la présente norme expérimentale au lieu des normes homologuées, informera le maître d'ouvrage dans sa lettre d'engagement ou dans sa soumission.

## **AP.3.4 Les modalités de l'expérimentation**

### **AP.3.4.1 Information de l'autorité publique**

Toute application de la présente norme expérimentale à un projet de bâtiment qui est assujéti à la réglementation sur la sécurité et la protection contre l'incendie fera l'objet d'une déclaration à l'autorité publique.

Il est demandé au Contrôleur technique désigné pour contrôler l'opération, ou à défaut au maître d'œuvre du projet, d'adresser une déclaration selon le modèle ci-joint.

Toute difficulté rencontrée dans l'application de la présente norme française expérimentale sera rapportée au Ministère de l'Intérieur, Direction de la Sécurité civile.

### **AP 3.4.2 Information de l'AFNOR**

L'ENV 1991-2-2 a été approuvé par le CEN le 30 juin 1993.

Au terme d'une période expérimentale de trois ans, les pays membres du CEN auront à opter soit pour un ultime prolongement du statut de l'ENV pour une période d'au plus trois ans, soit pour le statut de norme européenne (EN).

Cette décision sera très certainement assortie d'une révision de la norme.

Dans cette perspective, les utilisateurs de la présente norme sont invités à faire connaître leurs observations assorties, si possible, de propositions d'amendements à l'AFNOR (Tour Europe — 92049 PARIS LA DEFENSE Cedex) qui transmettra au BNTEC.

### **AP.3.4.3 Évolution des adaptations nationales**

Il n'est pas exclu que l'expérimentation de l'ENV 1991-2-2 mette en évidence certains problèmes relatifs à l'application du document et que la Commission de normalisation, pour les bases du projet et les actions, soit conduite à compléter, en accord avec l'autorité publique précitée, les adaptations nationales.

## **AP.4 Liste des textes normatifs de référence**

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

ENV 1991-1	: XP ENV 1991-1 (indice de classement : P 06-101)
ENV 1991-2-1	: XP ENV 1991-2-1 (indice de classement : P 06-102-1)
ENV 1991-2-3	: XP ENV 1991-2-3 (indice de classement : P 06-102-3)
ENV 1991-2-4	: XP ENV 1991-2-4 (indice de classement : P 06-102-4)
ENV 1991-2-5	: XP ENV 1991-2-5 (indice de classement : P 06-102-5)
ENV 1991-2-6	: XP ENV 1991-2-6 (indice de classement : P 06-102-6)
ENV 1991-2-7	: XP ENV 1991-2-7 (indice de classement : P 06-102-7)
ENV 1991-3	: XP ENV 1991-3 (indice de classement : P 06-103)
ENV 1991-4	: XP ENV 1991-4 (indice de classement : P 06-104)
ENV 1991-5	: XP ENV 1991-5 (indice de classement : P 06-105)
ENV 1992	: XP ENV 1992 (indice de classement : P 18-711)

ENV 1993	: XP ENV 1993 (indice de classement : P 22-311)
ENV 1994	: XP ENV 1994 (indice de classement : P 22-391)
ENV 1995	: XP ENV 1995 (indice de classement : P 21-711)
ENV 1996	: XP ENV 1996 (indice de classement : P 10-613)
ENV 1997	: XP ENV 1997 (indice de classement : P 94-250)
ENV 1998	: XP ENV 1998 (indice de classement : P 06-031)
ENV 1999	: XP ENV 1999 (indice de classement : P 22-151)

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises de même domaine d'application mais non identiques est la suivante :

ISO 3898	: NF P 06-005
----------	---------------

Déclaration d'application des Eurocodes Feu  
(Eurocode 1 Partie 2-2 et Eurocodes 2, 3, 4, 5, 6 ou 9 Partie 2)

• **Déclarant** :

Date de la déclaration :

Organisme à l'origine de la déclaration :

Nom du déclarant :

Adresse :

Agissant en qualité de :

Contrôleur technique , Maître d'œuvre , Autre  : préciser : .....

• **Caractéristiques de l'opération** :

Adresse de l'opération :

Nature de la structure :

béton , acier , mixte , bois , maçonnerie , aluminium

Date prévisible de construction :

• **Intervenants dans l'opération** :

Maître d'ouvrage (\*) :

Maître d'œuvre (\*) :

Contrôleur technique (\*) :

• **Commentaires (éventuels)** :

(\*) Nom et adresse (si ce n'est déjà fait au titre du déclarant).

---

Déclaration à envoyer :  
MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR — Direction de la Sécurité Civile  
À l'attention du Bureau des risques bâtimentaires  
Place Beauvau  
75008 PARIS

ICS 91.040.01

Descripteurs : bâtiment, structure, conception, calcul, résistance au feu.

**Version française**

**Eurocode 1 : Bases de calcul et actions sur les structures —  
Partie 2-2 : Actions sur les structures —  
Actions sur les structures exposées au feu**

Eurocode 1 : Grundlagen der Tragwerksplanung  
und Einwirkungen auf Tragwerke —  
Teil 2-2 : Einwirkungen auf Tragwerke —  
Einwirkungen im Brandfall

Eurocode 1 : Basis of design  
and actions on structures —  
Part 2-2 : Actions on structures —  
Actions on structures exposed to fire

La présente prénorme européenne (ENV) a été adoptée par le CEN le 1993-06-30 comme norme expérimentale pour application provisoire. La période de validité de cette ENV est limitée initialement à trois ans. Après deux ans, les membres du CEN seront invités à soumettre leurs commentaires, en particulier sur l'éventualité de la conversion de l'ENV en norme européenne (EN).

Les membres du CEN sont tenus d'annoncer l'existence de cette ENV de la même façon que pour une EN et de rendre cette ENV rapidement disponible au niveau national sous une forme appropriée. Il est admis de maintenir (en parallèle avec l'ENV) des normes nationales en contradiction avec l'ENV en application jusqu'à la décision finale de conversion possible de l'ENV en EN.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

**CEN**

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung  
European Committee for Standardization

**Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles**

## Sommaire

	Page
<b>Avant-propos</b> .....	4
Objectifs des Eurocodes .....	4
Historique du programme Eurocodes .....	4
Programme Eurocodes .....	4
Documents d'application nationaux (DAN) .....	5
Éléments spécifiques à cette prénorme .....	5
<b>Section 1 Généralités</b> .....	7
1.1 Domaine d'application .....	7
1.1.1 Domaine d'application de l'ENV 1991 — Eurocode 1 .....	7
1.1.2 Domaine d'application de l'ENV 1991-2-2 Actions sur les structures exposées au feu .....	7
1.1.3 Autres parties de l'ENV 1991 .....	7
1.2 Références normatives .....	8
1.3 Distinction entre principes et règles d'application .....	9
1.4 Définitions .....	9
1.5 Notations .....	12
<b>Section 2 Méthode de calcul et classification des actions</b> .....	14
<b>Section 3 Situations d'incendies</b> .....	15
3.1 Situations accidentelles .....	15
3.2 Feu de calcul .....	15
3.3 Exposition au feu .....	15
3.4 Situations post-incendie .....	16
<b>Section 4 Actions pour l'analyse thermique (actions thermiques)</b> .....	17
4.1 Règles générales .....	17
4.2 Courbes nominales température/temps .....	18
4.2.1 Généralités .....	18
4.2.2 Courbe température/temps normalisée .....	18
4.2.3 Courbe de feu extérieur .....	18
4.2.4 Courbe de feu d'hydrocarbures .....	19
4.3 Exposition au feu paramétré .....	19
<b>Section 5 Actions pour l'analyse structurale (actions mécaniques)</b> .....	20
<b>Annexe A (informative) Exposition au feu paramétré</b> .....	21
A.1 Généralités .....	21
A.2 Modèles de feu .....	21
<b>Annexe B (informative) Courbes paramétrées température/temps</b> .....	22
<b>Annexe C (informative) Actions thermiques pour les éléments extérieurs — Méthode de calcul simplifiée</b> .....	24
C.1 Domaine d'application .....	24
C.2 Symboles et unités .....	24
C.3 Conditions d'utilisation .....	25
C.4 Effets du vent .....	26
C.4.1 Mode de ventilation .....	26
C.4.2 Déviation des flammes sous l'action du vent .....	26
C.5 Caractéristiques du feu et de la flamme .....	27
C.5.1 Absence de ventilation forcée .....	27
C.5.2 Ventilation forcée .....	29

## Sommaire (fin)

	Page
<b>Annexe D (informative) Densités de charge calorifique</b> .....	32
<b>D.1</b> Valeurs de calcul .....	32
<b>D.2</b> Détermination des densités de charge calorifique .....	32
<b>D.2.1</b> Généralités .....	32
<b>D.2.2</b> Définitions .....	33
<b>D.2.3</b> Charges calorifiques protégées .....	33
<b>D.2.4</b> Pouvoirs calorifiques inférieurs .....	34
<b>D.2.5</b> Comportement à la combustion .....	35
<b>D.3</b> Classement des charges calorifiques selon le type d'occupation .....	35
<b>D.4</b> Évaluation individuelle des densités de charge calorifique .....	36
<b>Annexe E (informative) Temps équivalent d'exposition au feu</b> .....	37
<b>Annexe F (normative) Base de calcul — Articles supplémentaires à l'ENV 1991-1 pour l'analyse structurelle dans les situations d'incendie</b> .....	39
<b>F.1</b> Généralités .....	39
<b>F.2</b> Simultanéité des actions .....	39
<b>F.2.1</b> Actions à partir d'un calcul à température normale $G, Q$ .....	39
<b>F.2.2</b> Actions additionnelles .....	39
<b>F.3</b> Règles de combinaison des actions .....	40
<b>F.3.1</b> Règles générales .....	40
<b>F.3.2</b> Règles simplifiées .....	40
<b>F.3.3</b> Niveau de charge .....	41

## Avant-propos

### Objectifs des Eurocodes

- (1) Les «Eurocodes Structuraux» comprennent un ensemble de normes pour le calcul structural et géotechnique des bâtiments et ouvrages de génie civil.
- (2) Ils ne traitent de l'exécution et de l'inspection que dans la mesure où il est nécessaire de préciser la qualité des produits de construction et le niveau de réalisation à satisfaire pour être conforme aux hypothèses adoptées dans les règles de calcul.
- (3) Jusqu'à ce que l'ensemble des spécifications techniques harmonisées concernant les produits ainsi que les méthodes de contrôle de leurs performances soient disponibles, un certain nombre d'Eurocodes Structuraux traitent certains de ces aspects dans des annexes informatives.

### Historique du programme Eurocodes

- (4) La Commission des Communautés Européennes (CCE) a pris l'initiative de démarrer les travaux d'établissement d'un ensemble de règles techniques harmonisées pour le calcul des bâtiments et ouvrages de génie civil, règles destinées à être utilisées, au début, comme alternative aux différents règlements en vigueur dans les divers États membres et à les remplacer ultérieurement. Ces règles techniques reçurent alors le nom d'«Eurocodes Structuraux».
- (5) En 1990, après consultation de leurs États membres, la CCE a transféré au CEN le travail d'élaboration, de diffusion et de mise à jour des Eurocodes Structuraux et le secrétariat de l'AELE a accepté d'apporter son soutien à ce travail.
- (6) Le Comité Technique CEN/TC 250 est responsable de tous les Eurocodes Structuraux.

### Programme Eurocodes

(7) Les travaux sont en cours sur les différents Eurocodes Structuraux, chacun étant généralement constitué de plusieurs parties :

EN 1991	Eurocode 1	Bases de calcul et actions sur les structures
EN 1992	Eurocode 2	Calcul des structures en béton
EN 1993	Eurocode 3	Calcul des structures en acier
EN 1994	Eurocode 4	Calcul des structures mixtes acier béton
EN 1995	Eurocode 5	Calcul des structures en bois
EN 1996	Eurocode 6	Calcul des structures en maçonnerie
EN 1997	Eurocode 7	Calcul géotechnique
EN 1998	Eurocode 8	Calcul des dispositions de résistance des structures aux séismes
EN 1999	Eurocode 9	Calcul des structures en alliage d'aluminium

- (8) Des Sous-comités séparés ont été formés par le CEN/TC 250 pour les divers Eurocodes énoncés ci-dessus.
- (9) La présente partie de l'Eurocode 1 a été publiée en tant que prénorme européenne (ENV) pour une durée initiale de trois ans.
- (10) Cette prénorme, destinée à une application expérimentale, est soumise à commentaires.

(11) Au terme d'une durée approximative de deux ans, les membres du CEN seront invités à formuler des commentaires officiels qui seront pris en compte pour la détermination des actions futures.

(12) Pendant cette période, il convient d'adresser les réactions et commentaires sur cette prénorme au Secrétariat du Sous-comité CEN/TC 250/SC5 à l'adresse suivante :

SNV c/o SIA  
Selnaustraße 16  
Postfach  
CH-8039 ZURICH  
SUISSE

ou à votre organisme national de normalisation.

### **Documents d'application nationaux (DAN)**

(13) Pour que puissent s'exercer les responsabilités des autorités des États membres en matière de sécurité, santé et autres points couverts par les exigences essentielles de la Directive des Produits de Construction (DPC), on a attribué à certaines valeurs de sécurité figurant dans cette ENV des valeurs indicatives qui sont identifiées par «valeurs encadrées» ou par □. Il incombe aux autorités de chaque État membre d'examiner ces «valeurs encadrées» et de substituer éventuellement d'autres valeurs définitives à ces valeurs de sécurité pour leur utilisation dans les documents nationaux.

(14) Certaines normes européennes ou internationales d'accompagnement peuvent ne pas être disponibles au moment de la publication de cette prénorme. Il est par conséquent prévu qu'un Document d'Application National (DAN), donnant les valeurs définitives des éléments de sécurité, faisant référence aux normes d'accompagnement compatibles et précisant les directives d'application nationale de cette prénorme, soit publié par chaque État membre ou son Organisme de Normalisation.

(15) Il est prévu que cette prénorme soit utilisée en liaison avec le DAN en vigueur dans le pays où le bâtiment ou l'ouvrage de génie civil est situé.

### **Éléments spécifiques à cette prénorme**

(16) Le domaine d'application de l'Eurocode 1 est défini à l'article 1.1.1 et celui de la présente partie de l'Eurocode 1 en 1.1.2. Les parties qu'il est prévu d'ajouter à l'Eurocode 1 sont indiquées à l'article 1.1.3.

(17) Un certain nombre d'annexes, dont certaines sont normatives et d'autres informatives, complètent la présente partie. Les annexes normatives ont le même statut que les sections qu'elles concernent.

(18) Les objectifs généraux de protection contre l'incendie sont de limiter les risques relatifs à la société et aux individus, aux propriétés voisines et, quand cela est demandé, aux biens directement exposés.

(19) La Directive Produits de construction 89/106/CEE fixe les exigences essentielles suivantes pour la limitation des risques d'incendie :

«L'ouvrage doit être conçu et construit de manière que, en cas d'incendie :

- la stabilité des éléments porteurs de l'ouvrage puisse être présumée pendant une durée déterminée ;
- l'apparition et la propagation du feu et de la fumée à l'intérieur de l'ouvrage soient limitées ;
- l'extension du feu à des ouvrages voisins soit limitée ;
- les occupants puissent quitter l'ouvrage ou être secourus d'une autre manière ;
- la sécurité des équipes de secours soit prise en considération.»

(20) Selon le Document interprétatif «Sécurité en cas d'incendie», l'exigence essentielle peut être respectée en appliquant diverses stratégies en matière de sécurité en cas d'incendie, y compris des mesures actives et passives de sécurité incendie.

(21) Les Eurocodes structuraux traitent d'aspects spécifiques de protection passive au feu en termes de calcul des structures ou de parties de celles-ci en vue d'obtenir une résistance suffisante et une limitation de la propagation du feu s'il y a lieu.

(22) Les fonctions et les niveaux de performance exigés sont généralement spécifiés par les autorités nationales, principalement en termes d'évaluation de résistance au feu normalisé. Quand une approche ingénierie de sécurité incendie prenant en compte les mesures passives et actives est acceptée, les exigences des autorités sont moins directement prescriptives et peuvent permettre d'autres stratégies.

(23) On admet cependant qu'une approche ingénierie nécessite des modèles de feu plus généraux que ce qui est inclus dans le présent document. Ces modèles de feu pourront être présentés dans de futurs suppléments qui seront élaborés à l'issue d'une recherche prénormative.

(24) D'autre part, on admet également que l'acceptation des modèles de feu par les autorités nationales diffère en Europe et que les réglementations nationales actuelles ne peuvent tenir compte que d'une vérification vis-à-vis des exigences de résistance au feu normalisé.

(25) Le présent document couvre donc essentiellement les actions thermiques résultant de la courbe normalisée température/temps et d'autres courbes nominales température/temps. Les actions thermiques (paramétrées) ayant une base physique ne sont traitées que lorsque l'on dispose de modèles analytiques simplifiés ou de données de calcul directes ; elles sont présentées dans les annexes informatives. Le domaine d'application des diverses actions thermiques et les procédures de calcul, y compris les suppléments nationaux, seront spécifiés par les autorités nationales.

(26) L'application des actions thermiques selon la présente partie avec le calcul des structures selon les parties concernant les calculs de résistance au feu des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 est illustrée dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Procédures de vérification**

<b>Actions thermiques</b>  <b>données dans l'ENV 1991, Partie 2.2</b>	<b>Selon les spécifications nationales :</b>  <b>pour vérification</b>	<b>Calcul selon les règles strictes/données sous forme de tableaux</b>  <b>donnés dans les ENV 1992 à 1996 et 1999</b>	<b>Calcul selon des modèles de calcul</b>  <b>donnés dans l'ENV 1991, Partie 2.2</b>
Courbe normalisée température/temps	Exigences de résistance au feu normalisé	Le cas échéant <sup>1)</sup>  ou à partir d'essais de résistance au feu	Le cas échéant <sup>1)</sup>
Autres courbes nominales température/temps	Autres exigences nominales de résistance au feu	principalement à partir d'essais de résistance au feu	Le cas échéant <sup>1)</sup>
Courbe normalisée température/temps	Résistance au feu - pour un temps équivalent d'exposition au feu	Le cas échéant <sup>1)</sup>	Le cas échéant <sup>1)</sup>
Exposition au feu paramétré	Résistance au feu - pour un laps de temps spécifié ou - pour la durée totale de l'incendie	Sans objet	Le cas échéant <sup>1)</sup>

*1) Voir les parties respectives relatives au feu des Eurocodes par matériau pour le domaine d'application accordé aux règles prescriptives et aux modèles de calcul.*

## Section 1 Généralités

### 1.1 Domaine d'application

#### 1.1.1 Domaine d'application de l'ENV 1991 — Eurocode 1

(1)P L'ENV 1991 présente les principes généraux et les actions destinés au calcul structural des bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris certains aspects géotechniques, et doit être utilisée en liaison avec les ENV 1992 à 1999.

(2) Elle peut servir de base pour concevoir des structures non traitées dans les ENV 1992 à 1999 et lorsque d'autres matériaux ou d'autres actions sont impliqués.

(3) L'ENV 1991 couvre également le calcul structural au cours de l'exécution et celui destiné aux structures temporaires. Elle concerne toutes les circonstances dans lesquelles une structure doit présenter des performances suffisantes.

(4) L'ENV 1991 n'est pas directement destinée à effectuer une estimation structurelle d'une construction existante, en mettant au point le calcul de réfections et de transformations, ni à évaluer les changements d'utilisation.

(5) L'ENV 1991 ne couvre pas totalement les situations particulières de calcul qui requièrent des considérations inhabituelles de fiabilité telles que les structures nucléaires pour lesquelles il convient d'employer des procédures de calcul spécifiées.

#### 1.1.2 Domaine d'application de l'ENV 1991-2-2 Actions sur les structures exposées au feu

(1)P La présente partie traite des actions sur les structures exposées au feu. Elle est destinée à être utilisée en liaison avec les parties relatives au calcul de la résistance au feu des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 qui fixent des règles de calcul de comportement au feu des structures.

(2) Les actions thermiques mentionnées dans le corps du présent document sont principalement limitées aux actions thermiques nominales. Les annexes informatives présentent des données et des modèles pour des actions thermiques ayant une base physique.

(3)P La présente partie présente les principes généraux et les actions destinés au calcul structural des bâtiments et ouvrages de génie civil et doit être utilisée en liaison avec l'ENV 1991-1 «Bases de calcul», les autres parties de l'ENV 1991 et des ENV 1992 à 1996 ainsi que de l'ENV 1999.

(4)P L'application de la présente partie ainsi que des parties relatives au calcul du comportement au feu des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 n'est valable que si le calcul dans les conditions normales de température des structures est conforme aux Eurocodes structuraux correspondants.

(5) La présente partie couvre également le calcul structural des structures temporaires liées aux sujets mentionnés en 1.1.2 (1)P. Elle concerne toutes les circonstances dans lesquelles les performances d'une structure doivent être suffisantes lors de l'exposition au feu.

#### 1.1.3 Autres parties de l'ENV 1991

(1) Les autres parties de l'ENV 1991 qui sont actuellement en cours d'élaboration ou prévues figurent en 1.2.

## 1.2 Références normatives

Cette prénorme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après.

NOTE : Les prénormes européennes suivantes qui sont publiées ou en cours d'élaboration sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après.

ISO 3898	1987	Base de calcul des structures — Notations — Symboles généraux.
ENV 1991-1	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Partie 1 : Bases du calcul.
ENV 1991-2-1	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Partie 2-1 : Actions sur les structures — Densité — Poids propre des éléments de construction et charges d'exploitation des bâtiments.
ENV 1991-2-3	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Partie 2-3 : Actions sur les structures — Charges de neige.
ENV 1991-2-4	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Partie 2-4 : Actions sur les structures — Actions du vent.
ENV 1991-2-5	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Partie 2-5 : Actions sur les structures — Actions thermiques.
ENV 1991-2-6	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Parties 2-6 : Actions sur les structures — Charges et déformations imposées pendant l'exécution.
ENV 1991-2-7	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Parties 2-7 : Actions sur les structures — Actions accidentelles.
ENV 1991-3	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Partie 3 : Charges sur les ponts dues au trafic.
ENV 1991-4	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Partie 4 : Actions dans les silos et réservoirs.
ENV 1991-5	Eurocode 1	Bases du calcul et actions sur les structures — Partie 5 : Actions induites par les grues, les ponts roulants et la machinerie.
ENV 1992	Eurocode 2	Calcul des structures en béton.
ENV 1993	Eurocode 3	Calcul des structures en acier.
ENV 1994	Eurocode 4	Conception et dimensionnement des structures mixtes en acier-béton.
ENV 1995	Eurocode 5	Calcul des ouvrages en bois.
ENV 1996	Eurocode 6	Calcul des ouvrages en maçonnerie.
ENV 1997	Eurocode 7	Calcul géotechnique.
ENV 1998	Eurocode 8	Conception et dimensionnement des structures pour la résistance aux séismes.
ENV 1999	Eurocode 9	Calcul des structures en aluminium.

### 1.3 Distinction entre principes et règles d'application

(1) Selon la nature des différents articles, la présente partie 2-2 de l'ENV 1991 distingue d'une part les principes et d'autre part les règles d'application.

(2) Les principes comprennent :

- des formulations d'ordre général et des définitions ne comportant pas d'alternative, ainsi que
- des prescriptions et des modèles analytiques pour lesquels aucune autre alternative n'est autorisée, sauf indication contraire.

(3) Les principes sont précédés de la lettre P.

(4) Les règles d'application sont des règles généralement reconnues qui font suite aux principes et sont conformes à leurs prescriptions.

(5) Il est admissible d'utiliser des règles différentes des règles d'application formulées dans le présent Eurocode, pourvu qu'il soit démontré qu'elles sont conformes aux principes concernés et présentent au moins le même niveau de fiabilité.

(6) Dans la présente partie 2-2 de l'ENV 1991, les règles d'application sont désignées par un numéro entre parenthèses, comme, par exemple, le présent article.

### 1.4 Définitions

Pour les besoins de la présente prénorme européenne, une liste de base de définitions est fournie dans l'ENV 1991-1 «Bases de calcul», et les définitions supplémentaires données ci-après sont spécifiques à la présente partie.

<p><b>(1.4) C</b> On a utilisé le terme «incendie» lorsqu'il est associé à une entité qui caractérise une situation de projet (en situation d'incendie) et le terme «feu» quand il se rapporte à l'action (actions proprement dites, effet de l'action, modèle d'action).</p>
---

#### Actions indirectes du feu :

Dilatation et déformations d'origine thermique incluant celles dues aux gradients de température, provoquant des forces et des moments.

#### Actions thermiques :

Actions sur la structure représentées par le flux thermique net agissant sur les éléments.

#### Analyse thermique :

Méthode de détermination de l'évolution de la température dans des éléments à partir des actions thermiques (flux thermique net) et des propriétés thermiques des matériaux constituant ces éléments et éventuellement, des éléments de protection.

#### Calcul à température normale :

Calcul aux états limites ultimes à température ambiante selon la partie 1-1 des ENV 1992 à 1996 et 1999, pour la combinaison fondamentale (voir partie 1 «Bases de calcul» de l'ENV 1991).

#### Charge calorifique Q [MJ] :

Somme des énergies calorifiques dégagées par la combustion de tous les matériaux combustibles dans un espace (contenu des bâtiments et éléments de construction).

### **Coefficient de transfert thermique par convection $\alpha_c$ [W/m<sup>2</sup>K] :**

Coefficient relatif au flux thermique entrant par convection dans l'élément en fonction de la différence entre la température des gaz entourant la surface concernée de l'élément et la température de cette surface.

### **Compartment :**

Espace à l'intérieur d'un bâtiment, s'étendant sur un ou plusieurs niveaux et délimité par des éléments séparatifs tels que l'extension du feu au delà soit empêchée pendant l'exposition au feu considéré.

**C** La notion de «compartment», introduite par cette définition, doit être distinguée de celle de la réglementation nationale qui implique la satisfaction d'exigences additionnelles relatives notamment au contrôle des fumées.

### **Courbe de feu extérieur :**

Courbe nominale température/temps s'appliquant à la face externe des murs extérieurs à fonction séparative, susceptibles d'être exposés au feu à partir de différentes parties de la façade, c'est-à-dire directement de l'intérieur du compartiment en feu concerné ou d'un compartiment se trouvant au-dessous ou à côté du mur concerné.

### **Courbe de feu d'hydrocarbure :**

Courbe nominale température/temps destinée à représenter les feux de type hydrocarbure.

### **Courbes température/temps :**

Températures des gaz à proximité des surfaces de l'élément en fonction du temps. Elles peuvent être :

— nominales, en termes de courbes conventionnelles adoptées pour la classification et la vérification de la résistance au feu ; par exemple, la courbe température/temps normalisée ;

— paramétrées, c'est-à-dire déterminées à partir de modèles de feu et de paramètres physiques spécifiques définissant les conditions à l'intérieur du compartiment.

**I** Lois d'évolution de la température déterminées sur la base de modèles feu prenant en compte certains paramètres influant sur un feu de compartiment et se traduisant par des courbes température/temps différenciées.

### **Courbe température/temps normalisée :**

Courbe nominale destinée à représenter principalement les flux de type cellulosique.

### **Densité de charge calorifique $q$ [MJ/m<sup>2</sup>] :**

Charge calorifique par unité de surface rapportée à :

- la surface du plancher  $q_f$  ;
- la surface totale de l'enveloppe, y compris les ouvertures,  $q_t$ .

### **Densité de charge calorifique de calcul $q_d$ [MJ/m<sup>2</sup>] :**

Densité de charge calorifique prise en compte pour déterminer les actions thermiques dans le calcul au feu. La valeur de  $q_d$  tient compte des incertitudes et des exigences de sécurité.

**Effets des actions  $E$  :**

Moments, forces, contraintes, déplacements (à différencier des effets des actions  $S$  qui comprennent seulement les forces et moments).

**Élément extérieur :**

Élément structurel situé à l'extérieur (de l'enceinte — pour EC1) du bâtiment, susceptible d'être exposé au feu sortant par les ouvertures de la façade (cette enceinte).

**Élément séparatif :**

Élément structurel ou non (mur ou plancher) contribuant à délimiter l'enveloppe d'un compartiment.

**Éléments structurels :**

Éléments porteurs d'une structure, y compris les contreventements.

**Émissivité résultante  $\epsilon_{res}$  [-] :**

Rapport entre le flux thermique rayonnant effectif sur l'élément et le flux thermique net qui se produirait si l'élément et son environnement rayonnant étaient considérés comme des corps noirs.

**Facteur de forme  $\Phi$  [-] :**

Angle solide à l'intérieur duquel le milieu rayonnant peut être vu d'un point particulier de la surface de l'élément, divisé par  $2\pi$ .

**Feu de calcul :**

Développement du feu pris comme hypothèse pour les calculs.

**Feu développé :**

État où toutes les surfaces combustibles participent au feu, dans un espace donné.

**Flux thermique net  $h_{net}$  [ $W/m^2$ ] :**

Énergie absorbée par les éléments par unité de temps et de surface.

**Fonction porteuse :**

Aptitude d'une structure ou d'un élément à résister aux actions spécifiées pendant l'exposition au feu donné, selon des critères définis.

**Fonction séparative :**

Aptitude d'un élément séparatif à empêcher la propagation du feu par le passage de flammes ou de gaz chauds (voir Étanchéité au feu), ou par l'inflammation au delà de la face exposée (voir Isolation thermique) pendant l'exposition à un feu donné.

**Mur résistant au feu :**

Mur séparant deux espaces (généralement deux bâtiments) conçu pour assurer la résistance au feu et la stabilité structurelle, y compris à un effort horizontal, de manière à empêcher la propagation du feu au delà du mur en cas d'incendie et de chute de la structure d'un côté du mur.

### Résistance au feu :

Aptitude d'une structure, d'une partie de structure ou d'un élément de structure à remplir les fonctions exigées (fonction porteuse ou séparative) pour une exposition au feu et une durée données.

### Résistance au feu normalisé :

Aptitude d'une structure ou d'une partie de celle-ci (en général, seulement des éléments) à remplir les fonctions exigées (fonction porteuse ou fonction séparative), pendant un temps donné d'exposition au feu normalisé. Normalement les exigences de résistance au feu normalisé sont exprimées en termes de périodes de 30 min, 60 min et plus.

## 1.5 Notations

(1) Pour les besoins de la présente prénorme, les symboles suivants s'appliquent.

NOTE : Les notations utilisées reposent sur l'ISO 3898:1987.

(2) Une liste de base des notations est fournie dans l'ENV 1991-1 «Bases de calcul» et les notations supplémentaires ci-dessous sont spécifiques à la présente partie.

#### Majuscules latines

$A$	action due à l'exposition au feu
$A_{ind}$	action indirecte due à l'exposition au feu
$E$	effet des actions
$G$	action permanente
$Q$	action variable
$R_{fi}$	résistance des éléments porteurs, en fonction de l'exposition au feu.

#### Minuscules latines

$\dot{h}$	flux de chaleur par unité de surface [ $W/m^2$ ]
$t_{fi}$	résistance au feu normalisé (propriété de l'élément ou de la structure) [min]
$t_{fi,requ}$	temps exigé de résistance au feu normalisé (valeur nominale) [min].

#### Majuscules grecques

$\Phi$	facteur de forme [-]
$\Theta$	température [ $^{\circ}C$ ] ; $\Theta [^{\circ}C] = T [K] - 273$
$\Theta_{cr}$	température critique [ $^{\circ}C$ ], valable pour l'acier
$\Theta_r$	température de rayonnement à proximité de l'élément [ $^{\circ}C$ ]
$\Theta_g$	température des gaz lors de l'exposition au feu [ $^{\circ}C$ ]
$\Theta_m$	température de la surface de l'élément [ $^{\circ}C$ ]
$\Theta_0$	température initiale des gaz [ $^{\circ}C$ ].

### Minuscules grecques

$\alpha$	coefficient de transfert thermique [ $W/m^2 K$ ]
$\varepsilon_{res}$	émissivité résultante [-]
$\psi$	coefficients de combinaison des charges [-]
$\gamma$	coefficient partiel.

### Indices

c	composante de convection du transfert thermique
cr	valeur critique
fi	identifie les valeurs concernant le calcul au feu
d	valeur de calcul
k	valeur caractéristique
r	composante de rayonnement du transfert thermique
t	durée de l'exposition au feu.

## Section 2 Méthode de calcul et classification des actions

(1) Le calcul des structures au feu implique :

- la prise en compte des actions thermiques (et de leurs effets) selon cette partie de l'ENV et celle d'autres actions selon d'autres parties de l'ENV 1991 ;
- la vérification des éléments selon les règles données dans les ENV 1992 à 1996 et dans l'ENV 1999.

(2) En fonction de la représentation retenue pour les actions thermiques, on distingue les méthodes suivantes :

- les courbes température/temps nominales qui sont appliquées pendant un laps de temps donné et pour lesquelles les structures sont calculées en observant des règles prescriptives, y compris des données sous forme de valeurs tabulées, ou à l'aide de modèles de calcul ;
- les courbes température/temps, paramétrées calculées sur la base de paramètres physiques et pour lesquels les structures sont calculées à l'aide de modèles de calcul.

(3) La vérification peut se faire en termes de temps :

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ} \quad \dots (2.1)$$

ou en termes de résistance :

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t} \quad \dots (2.2)$$

ou en termes de température :

$$\Theta_d \leq \Theta_{cr,d} \quad \dots (2.3)$$

où :

- $t_{fi,d}$  est la valeur de calcul de la résistance au feu normalisé ;
- $t_{fi,requ}$  est la durée exigée de résistance au feu normalisé ;
- $R_{fi,d,t}$  est la valeur de calcul de la capacité résistante pour la situation de feu ;
- $E_{fi,d,t}$  est la valeur de calcul des effets correspondants des actions pour la situation de feu ;
- $\Theta_d$  est la valeur de calcul de la température du matériau ;
- $\Theta_{cr,d}$  est la valeur de calcul de la température critique du matériau.

(4)P Les actions sur les structures à partir de l'exposition au feu sont classées accidentelles, voir ENV 1991-1.

## Section 3 Situations d'incendies

**(A)** Lorsque, pour les structures, les autorités nationales spécifient les exigences de sécurité incendie, il y a lieu de considérer que ces exigences prennent en compte les situations de projet correspondantes de calcul au feu.

Les exigences réglementaires peuvent :

- tenir compte de plusieurs situations d'incendie ;
- résulter d'une analyse de sécurité conduisant à aménager l'application des Principes ci-après.

Les situations de projet implicitement considérées se rapportent à l'état limite ultime. L'action du feu est nominale (voir 4.2 Courbes nominales température/temps) et la durée d'exposition est prescrite par la réglementation propre à chaque type d'ouvrage.

### 3.1 Situations accidentelles

(1)P Un incendie suffisamment grave pour endommager une structure doit être considéré comme une situation accidentelle.

(2) Il convient de déterminer les situations de projet à considérer et les actions accidentelles associées sur la base d'une analyse de sécurité incendie.

(3) Il n'est pas nécessaire de prendre en considération la simultanéité avec d'autres actions accidentelles indépendantes.

(4) Pour les structures où il existe des risques particuliers d'incendie à la suite d'autres actions accidentelles, il convient de tenir compte de ces risques lors de l'analyse de sécurité incendie.

(5) Il n'est pas nécessaire de tenir compte du comportement de la structure fonction du temps vis-à-vis de la situation accidentelle d'incendie, sauf si (4) s'applique.

### 3.2 Feu de calcul

(1)P Les compartiments doivent être conçus pour empêcher la propagation du feu à d'autres compartiments pendant le temps prévu d'exposition au feu.

(2)P Le feu de calcul ne doit s'appliquer qu'à un compartiment en feu du bâtiment à la fois.

(3)P Il convient que le feu de calcul représente un incendie développé dans un espace donné.

**(3) P C** Dans un certain nombre de cas, cette approche est insuffisante et seul un feu localisé ou se développant progressivement est approprié.

### 3.3 Exposition au feu

(1)P Il faut tenir compte de la position du feu théorique par rapport à l'élément lorsque l'on détermine l'exposition au feu de ce dernier.

(2) Il suffit d'appliquer l'exposition au feu d'un seul côté à la fois pour vérifier la fonction séparative.

(3) Il convient de considérer l'exposition au feu par les façades ou les toits pour les éléments extérieurs.

(4) Pour les murs extérieurs coupe-feu, il convient de prendre en compte l'exposition au feu de l'intérieur (à partir du compartiment en feu correspondant) ou de l'extérieur (à partir d'autres compartiments en feu).

**(4) A** Certains éléments ou parties d'éléments telles les retombées des poutres allèges peuvent être simultanément attaqués par l'extérieur et l'intérieur.

### 3.4 Situations post-incendie

(1) Il n'y a pas lieu de prendre en compte dans le calcul les situations post-incendie après refroidissement de la structure.

**(1) I** Sauf spécifications particulières, il n'y a pas lieu de prendre en compte dans le calcul les situations post-incendie après refroidissement de la structure.

(2) Lors du calcul pour une période exigée de résistance au feu, il n'y a pas lieu de tenir compte de la performance de la structure au delà de cette période.

## Section 4 Actions pour l'analyse thermique (actions thermiques)

### 4.1 Règles générales

(1)P Le flux de chaleur net  $\dot{h}_{\text{net}}$  [W/m<sup>2</sup>] à la surface de l'élément permet de calculer les actions thermiques.

(2)P Le flux de chaleur net  $\dot{h}_{\text{net}}$  doit être déterminé en tenant compte du rayonnement thermique et de la convection de et sur l'environnement du feu.

(3) La composante de rayonnement du flux de chaleur par unité de surface est déterminée par :

$$\dot{h}_{\text{net},r} = \Phi \cdot \varepsilon_{\text{res}} \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \left[ (\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right] \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \dots (4.1)$$

où :

$\Phi$	est le facteur de forme	[-]
$\varepsilon_{\text{res}}$	est l'émissivité résultante	[-]
$\Theta_r$	est la température du rayonnement à proximité de l'élément	[°C]
$\Theta_m$	est la température de la surface de l'élément	[°C]
$5,67 \cdot 10^{-8}$	est la constante de Stefan Boltzmann	[W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ]

(4) Lorsque les parties des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 relatives au calcul au feu ne mentionnent aucune donnée spécifique, il convient de prendre le facteur de forme  $\Phi = [1,0]$ .

(5) Pour l'émissivité résultante  $\varepsilon_{\text{res}}$  correspondant aux courbes nominales température/temps, voir 4.2.

(6) La température de rayonnement  $\Theta_r$  peut être représentée par la température des gaz  $\Theta_g$ , voir 4.1 (11).

(7) La température de surface de l'élément  $\Theta_m$  résulte de l'analyse thermique, selon les parties des ENV 1992 à 1996 ou de l'ENV 1999 relatives au calcul au feu, selon le cas.

(8) Il convient de déterminer la composante de convection du flux de chaleur par unité de surface selon :

$$\dot{h}_{\text{net},c} = \alpha_c \cdot (\Theta_g - \Theta_m) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \dots (4.2)$$

où :

$\alpha_c$	est le coefficient de transfert thermique par convection	[W/m <sup>2</sup> K]
$\Theta_g$	est la température des gaz à proximité de l'élément selon l'exposition au feu	[°C]
$\Theta_m$	est la température de surface de l'élément	[°C]

(9) Pour le coefficient de transfert thermique par convection  $\alpha_c$  est valable pour les courbes nominales température/temps, voir 4.2.

(10) Sur la face non exposée des éléments séparatifs, le flux de chaleur dû au rayonnement peut être négligé et, pour la convection, on peut adopter  $\alpha_c = [9]$  [W/m<sup>2</sup> K].

(11) La température des gaz  $\Theta_g$  peut être :

- fixée sous forme de courbes nominales température/temps, voir 4.2 ;
- spécifiée en termes de paramètres physiques, voir 4.3.

## 4.2 Courbes nominales température/temps

### 4.2.1 Généralités

(1) Il convient d'utiliser les courbes nominales température/temps données de 4.2.2 à 4.2.4 conformément au domaine d'application national concerné.

(2) Pour le calcul selon les courbes nominales température/temps, le flux de chaleur net dû à la convection et au rayonnement est le suivant :

$$\dot{h}_{\text{net,d}} = \gamma_{\text{n,c}} \cdot \dot{h}_{\text{net,c}} + \gamma_{\text{n,r}} \cdot \dot{h}_{\text{net,r}} \quad \left[ \text{W/m}^2 \right] \quad \dots (4.3)$$

où :

$\dot{h}_{\text{net,d}}$  est donné par l'équation (4.2) ;

$\dot{h}_{\text{net,c}}$  est donné par l'équation (4.1) ;

$\gamma_{\text{n,c}}$  est le coefficient représentant les différents types d'essai nationaux ; il est égal à [1,0] ;

$\gamma_{\text{n,r}}$  est égal à [1,0], comme  $\gamma_{\text{n,c}}$ .

(3) Il convient de présenter l'émissivité résultante à :

$$\varepsilon_{\text{res}} = \varepsilon_{\text{f}} \cdot \varepsilon_{\text{m}} \quad [-] \quad \dots (4.4)$$

où :

$\varepsilon_{\text{f}}$  est l'émissivité correspondant au compartiment de feu, généralement [0,8] ;

$\varepsilon_{\text{m}}$  est l'émissivité concernant la surface du matériau ; lorsque les parties des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 relatives au calcul au feu ne fournissent pas de données spécifiques, il convient de prendre [0,7] pour valeur de  $\varepsilon_{\text{m}}$ .

### 4.2.2 Courbe température/temps normalisée

(1) La courbe température/temps normalisée est donnée par :

$$\Theta_{\text{g}} = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad \dots (4.5)$$

où :

$\Theta_{\text{g}}$  est la température des gaz dans le compartiment de feu [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t$  est le temps [min]

(2) avec un coefficient de transfert thermique par convection de :

$$\alpha_{\text{c}} = [25] \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

### 4.2.3 Courbe de feu extérieur

(1) La courbe de feu extérieur est donnée par :

$$\Theta_{\text{g}} = 660 + \left( 1 - 0,687 e^{-0,32t} - 0,313 e^{-3,8t} \right) + 20 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad \dots (4.6)$$

où :

$\Theta_{\text{g}}$  est la température des gaz à proximité de l'élément [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t$  est le temps [min]

(2) avec un coefficient de transfert thermique par convection de :

$$\alpha_c = [25] \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

**(4.2.3) C** Cette courbe s'applique aux parties de façade des niveaux supérieurs situées au-dessus d'un compartiment en feu.

#### 4.2.4 Courbe de feu d'hydrocarbures

(1) La courbe des hydrocarbures température/temps est donnée par :

$$\Theta_g = 1\,080 + \left(1 - 0,325 e^{-0,167t} - 0,675 e^{-2,5t}\right) + 20 \quad [^\circ\text{C}] \quad \dots (4.7)$$

où :

$\Theta_g$  est la température des gaz dans le compartiment de feu [ $^\circ\text{C}$ ]

$t$  est le temps [min]

(2) avec un coefficient de transfert thermique par convection de :

$$\alpha_c = [50] \text{ W/m}^2 \text{ K} \quad \dots (4.8)$$

**(4.2.4) C** Cette courbe est utilisée pour les feux de liquides de type hydrocarbures.

### 4.3 Exposition au feu paramétré

(1) Les expositions au feu paramétré et les données connexes figurent dans les annexes informatives à ce document pour être utilisées conformément au domaine d'application national.

**(1) CR** L'utilisation réglementaire est détaillée en tête des annexes B et C.

## Section 5 Actions pour l'analyse structurale (actions mécaniques)

- (1) Pour les actions directes, la simultanéité des actions et les règles de combinaison, voir l'annexe F.
- (2)P Les dilatations et déformations imposées et empêchées résultant des variations de température dues à l'exposition au feu créent des forces et des moments dont il faut tenir compte sauf dans les cas où :
- on peut admettre *a priori* qu'ils sont négligeables ou favorables ;
  - ils sont pris en compte par des conditions aux appuis et aux limites conservatoires ou des exigences de sécurité d'incendie spécifiées de manière conservatoire.

**(2) P A** Les conditions dans lesquelles les actions indirectes doivent être effectivement prises en compte dans l'évaluation de l'effet des actions ou peuvent être considérées comme implicitement prises en compte dans les règles de justification de la résistance au feu sont détaillées dans les ENV DAN 1992 à 1996 Partie 2 et dans l'ENV 1999 — Partie 2.

- (3) Pour évaluer les actions indirectes, il convient de tenir compte de ce qui suit :
- de la dilatation empêchée des éléments eux-mêmes due aux effets thermiques, par exemple des poteaux dans des ossatures à plusieurs étages comportant des murs rigides ;
  - d'une différence de dilatation due aux effets thermiques à l'intérieur d'éléments hyperstatiques, par exemple des dalles de plancher continues ;
  - des gradients thermiques dans les sections donnant des contraintes internes ;
  - de la dilatation des éléments voisins due aux effets thermiques, par exemple le déplacement du sommet d'un poteau dû à la dilatation d'une dalle du plancher, ou la dilatation de câbles suspendus ;
  - de la dilatation thermique d'éléments affectant des éléments se trouvant à l'extérieur du compartiment de feu.
- (4) Il convient de déterminer les valeurs de calcul des actions indirectes  $A_{d,ind}$  en partant des valeurs de calcul des propriétés thermiques et mécaniques des matériaux données dans les parties des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 relatives au calcul au feu et de l'exposition au feu considérée.
- (5) Il n'est pas nécessaire de prendre en compte les actions indirectes dues à des éléments voisins lorsque les exigences de sécurité d'incendie concernent les éléments isolés.

## Annexe A

(informative)

### Exposition au feu paramétré

**CR** Voir les annexes B et C pour leur utilisation réglementaire.

#### A.1 Généralités

(1) Il convient de déterminer les températures des gaz destinées au calcul du flux de chaleur net sur la base de paramètres physiques prenant au moins en compte :

- la densité de charge calorifique ;
- les conditions de ventilation.

#### A.2 Modèles de feu

(1) Il convient de faire reposer les calculs sur l'hypothèse d'une combustion complète de la charge calorifique concernée, sauf lorsque des spécifications nationales permettent des périodes limitées de résistance au feu en exposition paramétrée.

(2) Pour les compartiments de feu comportant des systèmes d'extinction agréés — nécessitant néanmoins un calcul de comportement au feu — la densité de charge calorifique peut être adaptée selon D.1 de l'annexe D.

(3) En se référant au 4.1 du texte principal, les points suivants s'appliquent :

- pour les éléments extérieurs, il convient de calculer la composante de rayonnement du flux de chaleur comme étant la somme des contributions du compartiment en feu et des flammes sortant des ouvertures ;
- pour les éléments intérieurs, il suffit seulement de considérer la contribution du compartiment en feu au flux de chaleur par rayonnement.

**(3) 2<sup>e</sup> tiret C** En fait, l'effet radiatif des flammes ainsi que l'effet convectif sont inclus dans les formules de transfert thermique adoptées.

(4) La température des gaz peut être calculée conformément à l'annexe B pour les éléments intérieurs des compartiments en feu.

(5) L'annexe C peut être utilisée pour les éléments extérieurs exposés au feu par les ouvertures de la façade.

(6) Lorsque les éléments internes sont calculés selon des règles prescriptives ou des valeurs tabulées relatives à la courbe température/temps normalisée, un temps équivalent d'exposition au feu peut être utilisé, voir annexe E.

## Annexe B

(informative)

### Courbes paramétrées température/temps

**CR** La présente annexe n'est pas applicable dans le cadre de la réglementation nationale qui se réfère seulement aux feux nominaux, même en cas de distribution par compartiments.

(1) Les courbes température/temps suivantes peuvent être utilisées conformément au domaine d'application national. Elles sont valables pour des compartiments au feu ayant une surface de plancher inférieure ou égale à 100 m<sup>2</sup>, ne comportant pas d'ouvertures dans le toit et ayant une hauteur maximale de 4 m.

**C** Les feux présentés (modèle une zone) couvrent un champ d'application limité à des compartiments résistants au feu de modestes dimensions.

Effectivement, pour des grands volumes, il est judicieux de prendre des modèles plus élaborés (deux zones ; feu localisé).

En outre, l'attention est attirée sur les points suivants :

— l'importance du facteur  $\gamma_g$  (voir annexe D) qui introduit la différenciation de la sécurité selon l'établissement, usuelle dans l'approche réglementaire ; des travaux complémentaires sont nécessaires pour en définir la valeur, laquelle conditionne la durée du feu de calcul ;

— l'incertitude qui existe sur les divers paramètres du feu (ouvertures, charge calorifique eu égard à sa variation possible dans le temps, etc.).

(2) Si les densités de charge calorifique sont spécifiées sans tenir particulièrement compte du comportement à la combustion (voir annexe D), il convient alors de limiter cette approche aux compartiments ayant des charges calorifiques principalement de type cellulosique.

(3) Les courbes température/temps en phase de montée en température sont données par :

$$\Theta_g = 1\,325 + \left(1 - 0,324 e^{-0,2t^*} - 0,204 e^{-1,7t^*} \cdot 0,472 e^{-19t^*}\right) \quad \dots \text{(B.1)}$$

où :

$\Theta_g$	est la température dans le compartiment en feu	[°C]
$t^*$	est égal à $t \cdot \Gamma$ où	[h]
$t$	est le temps	[h]
$\Gamma$	est égal à $[O/b]^2 (0,04/1160)^2$ où il convient que $b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$ respecte les limites suivantes : $1000 \leq b \leq 2000$	[J/m <sup>2</sup> s <sup>1/2</sup> ]
$O$	est le facteur d'ouverture : $A_v \sqrt{h}/A_t$ avec les limites suivantes : $0,02 \leq O \leq 0,20$	[m <sup>1/2</sup> ]
$A_v$	est la surface des ouvertures verticales	[m <sup>2</sup> ]
$h$	est la hauteur des ouvertures verticales	[m]
$A_t$	est la surface totale de l'enceinte (murs, plafond et plancher, y compris les ouvertures)	[m <sup>2</sup> ]
$\rho$	est la densité des parois de l'enceinte	[kg/m <sup>3</sup> ]
$c$	est la chaleur spécifique des parois de l'enceinte	[J/kgK]
$\lambda$	est la conductivité thermique des parois de l'enceinte	[W/mK]

(4) Pour représenter les enceintes comportant différentes couches de matériaux, il convient d'introduire  $b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$  sous la forme suivante :

$$b = \sqrt{\left(\sum s_i c_i \lambda_i\right)} / \sqrt{\sum \left((s_i c_i \lambda_i) / b_i^2\right)} \quad \dots (B.2)$$

où :

- $s_i$  est l'épaisseur de la couche  $i$  ;
- $c_i$  est la chaleur spécifique de la couche  $i$  ;
- $\lambda_i$  est la conductivité thermique de la couche  $i$  ;
- $b$  est égal à  $\sqrt{(\rho_i c_i \lambda_i)}$ .

(5) Pour tenir compte de matériaux différents pour les murs, le plafond et le plancher, il convient d'introduire  $b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$  sous la forme suivante :

$$b = \sum b_j A_{tj} / \sum A_{tj} \quad \dots (B.3)$$

où :

$A_{tj}$  est la surface des parois de l'enceinte, y compris les ouvertures, ayant la propriété thermique  $b_j$ .

(6) Les courbes températures/temps en phase de refroidissement sont données par :

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 625 \left( t^* - t_d^* \right) \quad \text{pour} \quad t_d^* \leq 0,5 \quad \dots (B.4)$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 \left( 3 - t_d^* \right) \left( t^* - t_d^* \right) \quad \text{pour} \quad 0,5 < t_d^* < 2 \quad \dots (B.5)$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 \left( t^* - t_d^* \right) \quad \text{pour} \quad t_d^* \leq 2 \quad \dots (B.6)$$

où :

- $\Theta_{\max}$  est la température maximale en phase d'échauffement [°C] pour  $t^* = t_d^*$  ;
- $t_d^*$  est égal à  $(0,13 \cdot 10^{-3} q_{t,d} \Gamma) / O$  [h]
- $q_{t,d}$  est la valeur de calcul de la densité de charge calorifique rapportée à la surface  $A_t$  de l'enceinte, qui veut que  $q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t$  [MJ/m<sup>2</sup>]  
Il convient de respecter les limites suivantes :  $50 \leq q_{t,d} \leq 1000$  [MJ/m<sup>2</sup>]
- $q_{f,d}$  est la valeur de calcul de la densité de charge calorifique rapportée à la surface  $A_f$  du plancher [MJ/m<sup>2</sup>]

(7) Il convient que l'émissivité résultante  $\epsilon_{res}$  et le coefficient de transfert thermique par convection  $\alpha_c$  soient conformes à 4.2.1 et 4.2.2 du texte principal.

## Annexe C

(informative)

### Actions thermiques pour les éléments extérieurs — Méthode de calcul simplifiée

**CR** Ce modèle d'action du feu est applicable pour la justification des éléments structuraux des seules ossatures métalliques. Son application nécessite en effet l'évaluation des paramètres de l'action thermique, notamment de la charge calorifique, dont les incertitudes sont soulignées par ailleurs. C'est pourquoi il n'est admis que pour les structures pour lesquelles l'équilibre thermique est rapidement atteint et de ce fait peu sensibles aux variations desdits paramètres.

**C** Il n'est pas possible de se référer à une courbe nominale, eu égard à la très grande influence de la position de la structure par rapport aux ouvertures contrairement à ce qui se passe pour les structures intérieures soumises à un feu donné.

#### C.1 Domaine d'application

(1) Cette méthode permet de déterminer :

- les températures maximales d'un compartiment en feu ;
- la taille et les températures des flammes sortant des ouvertures ;
- les paramètres de rayonnement et de convection.

(2) Cette méthode considère des conditions de régime permanent pour les divers paramètres.

#### C.2 Symboles et unités

$A_F$	surface du plancher du compartiment en feu	[m <sup>2</sup> ]
$A_T$	surface totale du plancher, du plafond et du mur, moins la surface totale des fenêtres	[m <sup>2</sup> ]
$A_W$	somme des surfaces de fenêtres sur tous les murs $\left( A_W = \sum_i A_{wi} \right)$	[m <sup>2</sup> ]
$A_{wi}$	surface de fenêtre «i»	[m <sup>2</sup> ]
$d$	caractéristique géométrique d'un élément de structure extérieur (diamètre ou côté)	[m]
$D$	profondeur du compartiment en feu	[m]
$g$	accélération due à la gravité	[m/s <sup>2</sup> ]
$h$	moyenne pondérée de la hauteur des fenêtres de tous les murs	[m]

$$\left( h = \frac{\sum_i A_{wi} h_i}{A_W} \right)$$

$h_a$	projection horizontale d'un auvent	[m]
$h_i$	hauteur de fenêtre «i»	[m]
$l$	longueur suivant l'axe entre la fenêtre et le point où s'effectue le calcul	[m]
$L$	charge calorifique (= $A_F \cdot Q$ )	[kg de bois]
$Q$	densité de charge calorifique par surface de plancher	[kg de bois/m <sup>2</sup> ]
$R$	vitesse de combustion	[kg de bois/s]
$T_a$	température initiale (= 293)	[K]
$T_f$	température du feu	[K]
$T_o$	température des flammes à la fenêtre	[K]
$T_z$	température des flammes sur l'axe	[K]
$u$	vitesse du vent	[m/s]
$w$	somme des largeurs des fenêtres sur tous les murs ( $w = \sum w_i$ )	[m]
$w_i$	largeur de fenêtre «i»	[m]
$w_z$	largeur de la flamme	[m]
$W$	largeur du mur comportant une ou plusieurs fenêtres	[m]
$x$	projection horizontale des flammes (à partir de la façade)	[m]
$X$	longueur des flammes sur l'axe	[m]
$z$	hauteur des flammes (depuis la partie supérieure de la fenêtre)	[m]
$A_w h^{1/2}/A_T$	facteur d'ouverture du compartiment en feu	[m <sup>1/2</sup> ]
$\alpha$	coefficient de transfert thermique par convection	[kW/m <sup>2</sup> K]
$\varepsilon$	émissivité des flammes	
$\rho$	densité des gaz (supposée être de 0,45)	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\lambda$	épaisseur des flammes	[m]
$\eta$	$A_T/A_w h^{1/2}$	[m <sup>-1/2</sup> ]
$\Psi$	$L/(A_w \cdot A_T)^{1/2}$	[kg/m <sup>2</sup> ]
$\tau_F$	durée du feu en combustion libre (supposée être de 1200)	[s]

### C.3 Conditions d'utilisation

(1) Lorsqu'il y a plusieurs fenêtres, la hauteur moyenne, la surface de fenêtre et la largeur sont données comme suit dans le compartiment en feu considéré :

— la moyenne pondérée des hauteurs de fenêtres sur tous les murs :

$$h = \frac{\sum_i A_i h_i}{A_w} \quad \dots \text{ (C.1)}$$

— la somme des surfaces de fenêtres sur tous les murs :

$$A_w = \sum_i A_{wi} \quad \dots \text{ (C.2)}$$

— la somme des largeurs de fenêtres sur tous les murs :

$$w = \sum_i w_i \quad \dots \text{ (C.3)}$$

(2) Lorsqu'il y a des fenêtres sur plusieurs murs, le rapport  $D/W$  doit être obtenu comme suit :

$$\frac{D}{W} = \frac{W_2}{W_1} \frac{A_{w1}}{A_w} \quad \dots (C.4)$$

où :

$W_1$  est la largeur du mur 1 supposé présenter la plus grande surface de fenêtres ;

$A_{w1}$  est la somme des surfaces de fenêtres du mur 1 ;

$W_2$  est la largeur du mur du compartiment en feu perpendiculaire au mur 1.

(3) Lorsque le compartiment en feu comporte un noyau central, le rapport  $D/W$  doit être obtenu comme suit :

- la définition donnée en C.3 (6) s'applique ;
- $C_1$  et  $C_2$  sont la longueur et la largeur du noyau central ;
- $W_1$  et  $W_2$  sont la longueur et la largeur du compartiment en feu :

$$\frac{D}{W} = \frac{(W_2 - C_2) A_{w1}}{(W_1 - C_1) A_w} \quad \dots (C.5)$$

(4) Sur un mur extérieur, la fenêtre représente toute la partie du mur n'ayant pas la résistance au feu (REI) requise pour la stabilité du bâtiment.

(5) La surface totale de la fenêtre d'un mur extérieur est :

- la surface totale, selon (4), si elle est inférieure à 50 % du mur extérieur concerné du compartiment ;
- d'abord la surface totale et ensuite 50 % de la surface du mur extérieur concerné du compartiment si, selon (4), la surface est supérieure à 50 %. Ces deux situations doivent être prises en compte pour le calcul. En prenant 50 % de la surface du mur extérieur, il faut choisir l'emplacement et la géométrie des surfaces ouvertes pour obtenir le cas le plus défavorable.

(6) Il convient que les dimensions du compartiment en feu ne dépassent pas 70 m de longueur, 18 m de largeur et 5 m de hauteur.

(7) La température de la flamme doit être considérée comme uniforme sur toute la largeur et l'épaisseur de la flamme.

## C.4 Effets du vent

### C.4.1 Mode de ventilation

(1) S'il y a des fenêtres sur les faces opposées du compartiment en feu ou s'il y a un apport d'air supplémentaire au feu provenant d'une source (autre que les fenêtres), le calcul doit être effectué dans des conditions de ventilation forcée. Sinon, le calcul se fait sans ventilation forcée.

### C.4.2 Déviation des flammes sous l'action du vent

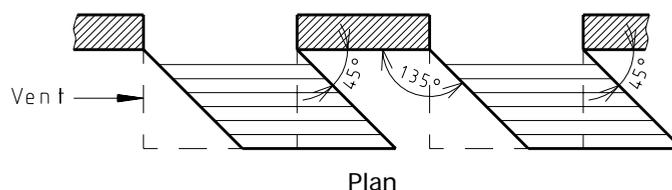


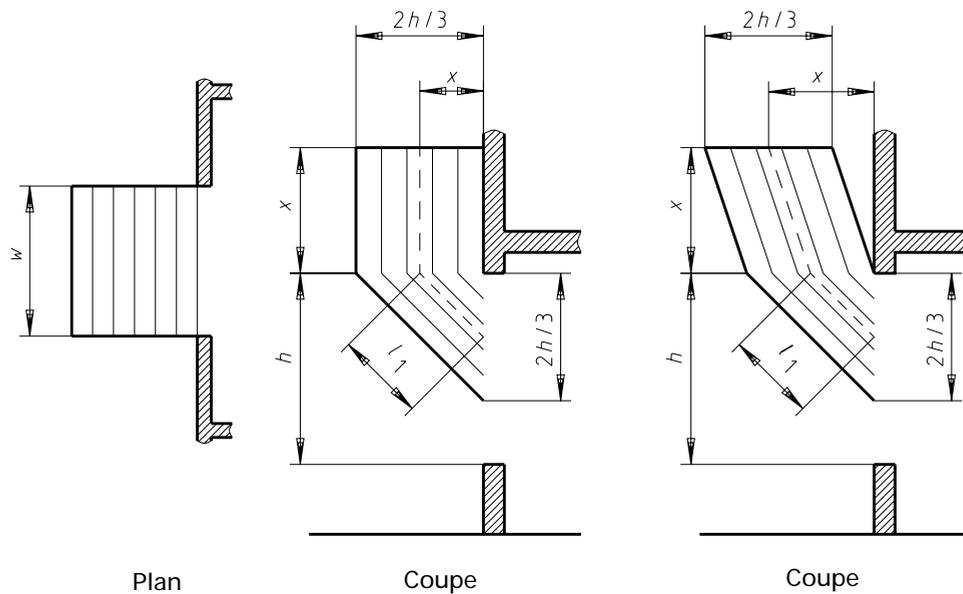
Figure C.1 : Déviation de la flamme due au vent

(1) La flamme venant d'une ouverture doit être supposée quitter le compartiment en feu (figure C.1) :

- perpendiculairement à la façade ;
- avec une déviation, due à l'effet du vent, de + 45° et - 45° avec la façade.

## C.5 Caractéristiques du feu et de la flamme

### C.5.1 Absence de ventilation forcée



$$x = \frac{h}{3} \Rightarrow l_1 = \sqrt{x^2 + \frac{h^2}{9}} \cong \frac{h}{2} \quad l_1 \cong \frac{h}{2}$$

$$X = z + l_1 \quad x = \sqrt{z^2 + \left(x - \frac{h}{3}\right)^2} + l_1$$

$h < 1,25 w$  mur au-dessus      pas de mur au-dessus ou  $h > 1,25 w$

Figure C.2 : Dimensions des flammes sans ventilation forcée

(1) Vitesse de combustion :

$$R = \min \left( L/\tau_F ; 0,18 \left( 1 - e^{-0,036\eta} \right) A_w \left( h \frac{W}{D} \right)^{1/2} \right) \quad \dots (C.6)$$

(2) Température du compartiment en feu :

$$T_f = 6\,000 \left( \frac{1 - e^{-0,1\eta}}{\eta^{1/2}} \right) \left( 1 - e^{-0,05\Psi} \right) + T_a \quad \dots (C.7)$$

(3) Hauteur de la flamme (figure C.2) :

$$z = h \left( 16 \left( \frac{R}{A_w \rho (hg)^{1/2}} \right)^{2/3} - 1 \right) \quad \dots (C.8)$$

### Commentaire

Pour  $\rho = 0,45 \text{ kg/m}^3$  et  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , cette équation peut être simplifiée pour donner :

$$z = 12,8 \left( \frac{R}{W} \right)^{2/3} - h \quad \dots \text{ (C.9)}$$

(4) La largeur de la flamme est égale à la largeur de la fenêtre (figure C.2).

(5) L'épaisseur de la flamme est égale aux 2/3 de la hauteur de fenêtre :  $2/3 h$  (figure C.2).

(6) Projection horizontale de la flamme :

— s'il y a un mur au-dessus de la fenêtre :

. pour  $h \leq 1,25 w$ .  $x = h/3$  ... (C.10)

. pour  $h > 1,25 w$  et une distance  $> 4 w$  par rapport à toute autre fenêtre :

$$x = 0,3 h(h/w)^{0,54} \quad \dots \text{ (C.11)}$$

. autres cas :

$$x = 0,454 h(h/2w)^{0,54} \quad \dots \text{ (C.12)}$$

S'il n'y a pas de mur au-dessus de la fenêtre :

$$x = 0,6 h(z/h)^{1/3} \quad \dots \text{ (C.13)}$$

(7) Longueur de la flamme suivant l'axe :

— Mur au-dessus :  $h \leq 1,25 w$  :

$$X = z + h/2 \quad \dots \text{ (C.14)}$$

— Pas de mur au-dessus ou  $h > 1,25 w$  :

$$X = (z^2 + (x - h/3)^2)^{1/2} + h/2 \quad \dots \text{ (C.15)}$$

(8) Température de la flamme à la fenêtre :

$$T_o = 520 / (1 - 0,027(X \cdot w/R)) + T_a \quad [\text{K}] \quad \dots \text{ (C.16)}$$

(9) Émissivité à la fenêtre : 1,0

(10) Température de la flamme suivant l'axe :

$$T_z = (T_o - T_a) \left( 1 - 0,027(l \cdot w/R) \right) + T_a \quad [\text{K}] \quad \dots \text{ (C.17)}$$

où :

$l$  est la longueur de l'axe entre la fenêtre et le point où s'effectue le calcul

(11) Émissivité de la flamme :

$$\varepsilon = 1 - e^{-0,3\lambda} \quad \dots \text{ (C.18)}$$

(12) Coefficient de transfert thermique par convection :

$$\alpha = 0,026 (1/d)^{0,4} \left( R/A_w \right)^{0,6} \quad \dots \text{ (C.19)}$$

(13) Si un auvent ou un balcon (ayant une projection horizontale  $h_a$ ) se trouve au niveau du sommet de la fenêtre sur toute sa largeur, il convient de modifier comme suit la hauteur et la projection horizontale de la flamme pour le mur se situant au-dessus de la fenêtre et pour  $h \leq 1,25 w$  :

- la hauteur des flammes  $z$ , donnée en (3), est diminuée de  $h_a \sqrt{2}$  ;
- la projection horizontale de la flamme  $x$ , donnée en (6), est augmentée de  $h_a$ .

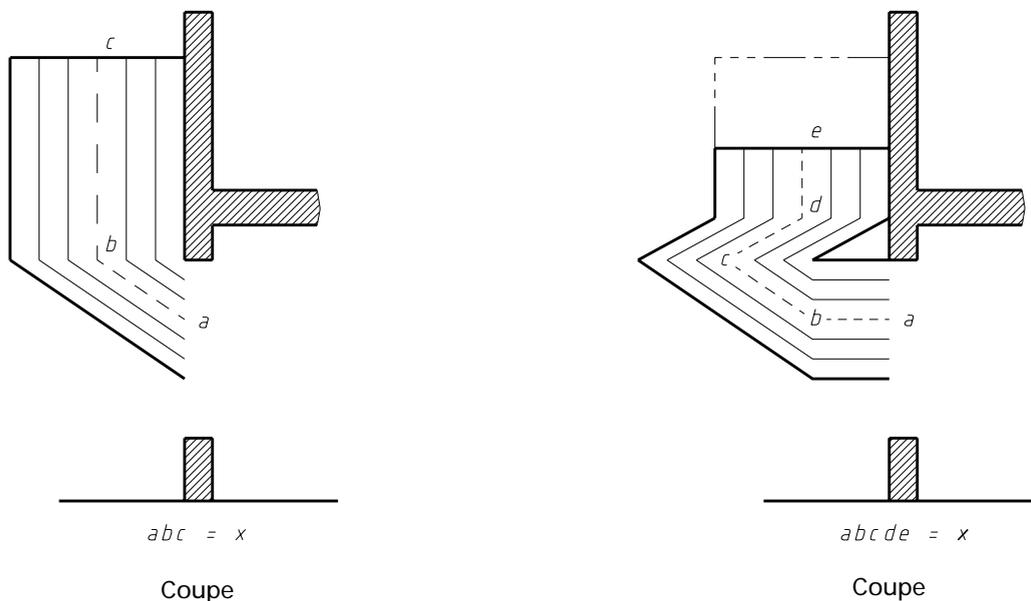
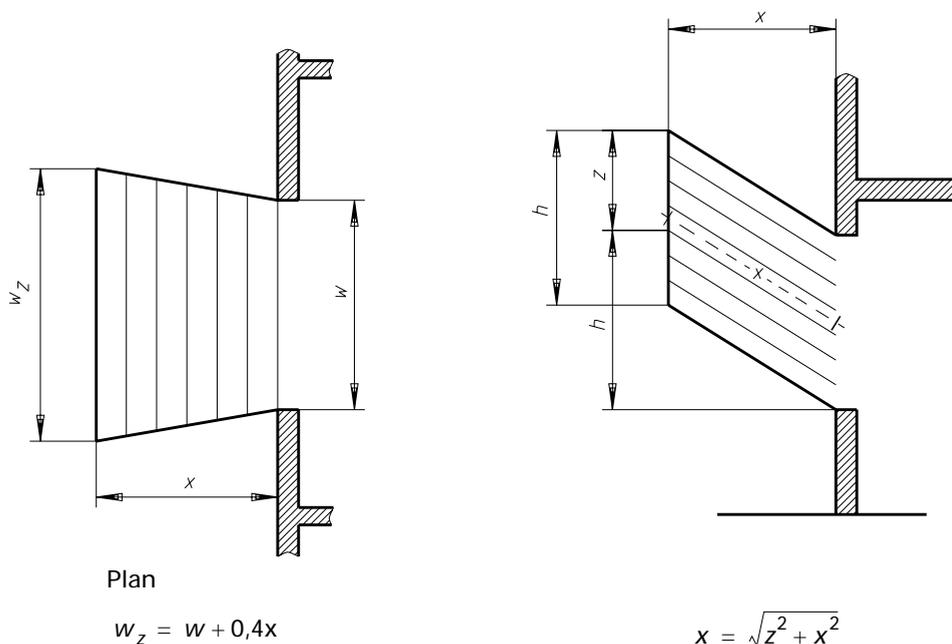


Figure C.3 : Déformation de la flamme due au balcon

(14) Les conditions relatives à l'auvent ou au balcon étant identiques à celles mentionnées en (13), il convient de modifier comme suit la hauteur et la projection horizontale de la flamme en l'absence de mur au-dessus de la fenêtre ou pour  $h > 1,25 w$  :

- la hauteur de la flamme  $z$ , donnée en (3), est diminuée de  $h_a$  ;
- la projection horizontale de la flamme  $x$ , obtenue en (6) avec la valeur ci-dessus mentionnée de  $z$ , est augmentée de  $h_a$ .

### C.5.2 Ventilation forcée



Plan

$$w_z = w + 0,4x$$

$$x = \sqrt{z^2 + x^2}$$

Figure C.4 : Dimensions des flammes sous ventilation forcée

(1) Vitesse de combustion :

$$R = L/\tau_F \quad \dots \text{ (C.20)}$$

(2) Température du compartiment en feu :

$$T_f = 1\,200 (L - e^{-0,04\psi}) + T_a \quad \dots \text{ (C.21)}$$

(3) Hauteur de la flamme :

$$z = \left( 23,9 \left( \frac{1}{u} \right)^{0,43} \frac{R}{A_w^{1/2}} \right) - h \quad \dots \text{ (C.22)}$$

Commentaire

Pour  $u = 6 \text{ m/s}$ ,

$$z \approx 11 R/A_w^{1/2} - h$$

(4) Projection horizontale de la flamme :

$$x = 0,605 \left( u^2/h \right)^{0,22} (z + h) \quad \dots \text{ (C.23)}$$

NOTE : Pour  $u = 6 \text{ m/s}$ ,

$$x = 1,33 (z + h) / h^{0,22}$$

(5) Largeur de la flamme :

$$w_z = w + 0,4 x \quad \dots \text{ (C.24)}$$

(6) Longueur de la flamme suivant l'axe :

$$X = \left( z^2 + x^2 \right)^{1/2} \quad \dots \text{ (C.25)}$$

(7) Température de la flamme à la fenêtre :

$$T_o = 520 \left( 1 - 0,019 X \left( A_w \right)^{1/2} / R \right) + T_a \quad [\text{K}] \quad \dots \text{ (C.26)}$$

(8) Émissivité à la fenêtre : 1

(9) Température de la flamme suivant l'axe :

$$T_z = \left( 1 - 0,019 \frac{l A_w^{1/2}}{R} \right) (T_o - T_a) + T_a \quad [\text{K}] \quad \dots \text{ (C.27)}$$

où :  
 $l$  est la longueur suivant l'axe entre la fenêtre et le point où s'effectue le calcul.

(10) Émissivité de la flamme :

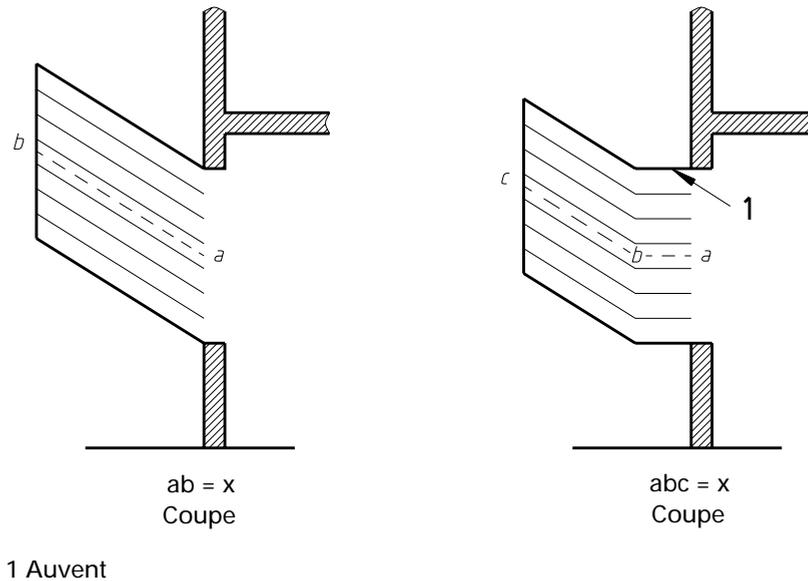
$$\varepsilon = 1 - e^{-0,3\lambda} \quad \dots \text{(C.28)}$$

(11) Coefficient de transfert thermique par convection :

$$\alpha = 0,0098 (1/d)^{0,4} (R/A_w + u/1,6)^{0,6} \quad \dots \text{(C.29)}$$

Pour  $u = 6 \text{ m/s}$ ,

$$\alpha = 0,0098 (1/d)^{0,4} (R/A_w + 3,75)^{0,6}$$



**Figure C.5 : Déformation des flammes due à l'auvent**

(12) Effet d'un balcon ou d'un auvent : Après avoir été déviée horizontalement par un balcon ou un auvent, la trajectoire de la flamme est la même que précédemment, déplacée vers l'extérieur de la profondeur du balcon, mais la valeur de  $X$  reste inchangée.

## Annexe D

(informative)

### Densités de charge calorifique

**C** Il est fait référence à la présente annexe dans l'annexe C. Pour une utilisation différente, il est rappelé :

- La quantité totale de charge calorifique n'est pas le seul paramètre de cette charge intervenant dans le développement du feu. Interviennent aussi la nature du combustible, sa division et le régime de pyrolyse.
- On manque d'études pour définir statistiquement une valeur caractéristique de cette charge calorifique par type d'occupation.

#### D.1 Valeurs de calcul

(1) Il convient que la densité de charge calorifique utilisée dans les calculs soit une valeur de calcul, fondée sur des mesures ou, dans des cas particuliers, une valeur nominale fondée sur les exigences de résistance au feu des réglementations.

**(1) C** La notion de "densité de charge calorifique calculée" implique que des mesures ad hoc soient prises tout au long de la durée d'utilisation du futur ouvrage de construction pour s'assurer que la variation de la charge calorifique effective reste dans des limites acceptables.

(2) La valeur de calcul peut être déterminée :

- à partir d'un classement national des charges calorifiques selon le type d'occupation et/ou
- de manière spécifique pour un projet particulier en effectuant une étude de charge calorifique.

(3) La densité de charge calorifique de calcul est définie par :

$$q_d = \gamma_q \cdot \gamma_n \cdot q_k \quad \dots \text{(D.1)}$$

où :

$q_k$  est une densité de charge calorifique déterminée

- à partir d'un classement des charges calorifiques selon le type d'occupation et/ou
- pour un projet spécifique ;

$\gamma_q$  est le coefficient de sécurité, fonction des conséquences d'effondrement et de la fréquence des incendies, selon les spécifications nationales ;

$\gamma_n$  est le coefficient de différenciation correspondant aux mesures actives de protection contre le feu (si elles ne sont pas prises en compte dans le modèle de feu) - selon les spécifications nationales ; dans le cas de systèmes d'extinction agréés, on peut prendre  $\gamma_n = [0,6]$ .

**(3) CR** Dans le cadre de l'application de l'annexe C,  $\gamma_q$  et  $\gamma_n$  sont pris égaux à 1, eu égard à la faible sensibilité du résultat à la valeur de la charge calorifique.

#### D.2 Détermination des densités de charge calorifique

##### D.2.1 Généralités

(1) Il convient de considérer tout le contenu des bâtiments et tous les éléments de construction qui sont combustibles, y compris les revêtements et les finitions.

(2) Les articles suivants de D.2 s'appliquent à la détermination des densités de charge calorifique :

- à partir d'un classement national des charges calorifiques selon le type d'occupation (voir D.3) et/ou ;
- de manière spécifique pour un projet particulier (voir D.4).

(3) Lorsque les densités de charge calorifiques sont déterminées à partir d'un classement des charges calorifiques selon le type d'occupation, on distingue :

- les charges calorifiques dues à l'occupation, données dans le classement ;
- les charges calorifiques du bâtiment (éléments de construction, revêtements et finitions) qui n'entrent généralement pas dans la classification et sont ensuite déterminées conformément aux articles suivants applicables.

## D.2.2 Définitions

(1) La charge calorifique caractéristique est définie par :

$$Q_{fi,k} = \sum M_{k,i} \cdot H_{ui} \cdot m_i \cdot \psi_i = \sum Q_{fi,k,i} \quad [\text{MJ}] \quad \dots (\text{D.2})$$

où :

$M_{k,i}$  est la quantité de matériau combustible [kg], selon (3) et (4) ;

$H_{ui}$  est le pouvoir calorifique inférieur [MJ/kg], voir (D.2.4) ;

$[m_i]$  est un coefficient facultatif décrivant le comportement à la combustion, voir (D.2.5) ;

$[\psi_i]$  est un coefficient facultatif permettant d'évaluer les charges calorifiques protégées, voir (D.2.3).

(2) La densité de charge calorifique caractéristique  $q_k$  par unité de surface est définie par :

$$q_k = Q_{fi,k} / A \quad \left[ \text{MJ} / \text{m}^2 \right] \quad \dots (\text{D.3})$$

où :

$A$  est la surface de plancher ( $A_f$ ) du compartiment en feu ou de l'espace de référence ou bien l'aire de la surface intérieure ( $A_t$ ) du compartiment en feu, donnant  $q_{f,k}$  ou  $q_{t,k}$ .

(3) Il convient de présenter sous la forme de leurs valeurs escomptées résultant de l'étude les charges calorifiques permanentes qui ne sont pas censées varier pendant la durée de vie d'une structure.

(4) Il convient de représenter les charges calorifiques variables susceptibles de changer pendant la vie utile d'une structure par les valeurs censées ne pas être dépassées pendant 80 % du temps

## D.2.3 Charges calorifiques protégées

(1) Il n'est pas nécessaire de prendre en compte les charges calorifiques placées dans des enceintes conçues pour résister à l'exposition au feu.

(2) Les charges calorifiques placées dans des enceintes non combustibles, sous conception particulière vis-à-vis du feu mais qui restent intactes pendant l'exposition au feu, peuvent être prises en compte comme suit :

La charge calorifique la plus importante, avec un minimum de 10 % au moins des charges calorifiques protégées sont associés à  $\psi_i = 1,0$ .

Si cette charge calorifique plus les charges calorifiques non protégées ne suffisent pas pour porter les charges calorifiques protégées restantes au-delà de la température d'allumage, les charges calorifiques protégées restantes peuvent être associées à  $\psi_i = 0,0$ .

Sinon, il est nécessaire d'évaluer séparément les valeurs de  $\psi_i$ .

## D.2.4 Pouvoirs calorifiques inférieurs

(1) Il convient de déterminer les pouvoirs calorifiques inférieurs selon l'ISO 1716.

(2) L'humidité des matériaux peut être prise en compte de la manière suivante :

$$H_u = H_{u0}(1 - 0,01u) - 0,025u \quad [\text{MJ/kg}] \quad \dots (\text{D.4})$$

où :

$u$  est l'humidité en pourcentage de poids ;

$H_{u0}$  est le pouvoir calorifique inférieur des matériaux secs.

(3) Le tableau D.1 donne les pouvoirs calorifiques inférieurs de certains solides, liquides et gaz.

**Tableau D.1**

Solides	[MJ/kg]	Liquides	[MJ/kg]
anthracite	34	essence	44
asphalte	41	carburant diesel	41
bitume	42	huile de lin	39
cellulose	17	méthanol	20
charbon de bois	35	huile de paraffine	41
vêtements	19	alcool	29
charbon, coke	31	goudron	38
liège	29	benzène	40
coton	18	alcool benzylique	33
grains	17	alcool éthylique	27
graisse	41	alcool isopropylique	31
déchets domestiques	18		
cuir	19		
linoléum	20		
papier, carton	17		
cire de paraffine	47		
caoutchouc mousse	37		
caoutchouc isoprène	45		
bandage en caoutchouc	32		
soie	19		
paille	16		
bois	19		
laine	23		
panneau d'aggloméré	18		
Plastiques	[MJ/kg]	Gaz	[MJ/kg]
ABS	36	acétylène	48
acrylique	28	butane	46
celluloïde	19	monoxyde de carbone	10
plastique époxydique	34	hydrogène	120
résine à base de mélamine	18	propane	46
phénol-formaldéhyde	29	méthane	50

(à suivre)

Tableau D.1 (fin)

Plastiques	[MJ/kg]	Gaz	[MJ/kg]
polyester	31	éthanol	27
polyester, renforcé par des fibres	21		
polyéthylène	44		
polystyrène	40		
pétrole	41		
mousse polyisocyanurate	24		
polycarbonate	29		
polypropylène	43		
polyuréthane	23		
mousse de polyuréthane	26		
polychlorure de vinyle	17		
urée-formaldéhyde	15		
mousse urée-formaldéhyde	14		

### D.2.5 Comportement à la combustion

- (1) Il convient de prendre en compte le comportement à la combustion conformément aux règlements nationaux.
- (2) Dans le cas des matériaux principalement cellullosiques, il est permis de supposer de manière conservatoire un coefficient de combustion  $m_i = 1,0$ .

### D.3 Classement des charges calorifiques selon le type d'occupation

(1) Sous réserve d'approbation et d'ajout par les autorités nationales, il convient de partir de l'hypothèse de densités de charge calorifique selon le tableau D.2 en fonction de l'occupation du compartiment en feu. Les densités de charge calorifique couvrent uniquement les charges calorifiques dues à l'occupation et correspondent à la surface du plancher.

(1) CR Le tableau D.2 n'ayant pas été approuvé, il n'est pas applicable dans le cadre de la réglementation nationale.

(2) Il convient de déterminer les charges calorifiques venant du bâtiment selon D.2 pour obtenir la densité de charge calorifique totale.

**Tableau D.2 : Format de classement des charges calorifiques selon le type d'occupation**

Classe	$q_{f,k}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]
I	250
II	500
III	1 000
IV	1 500
V	2 000

#### **D.4 Évaluation individuelle des densités de charge calorifique**

(1) Dans les cas où les classes d'occupation nationales ne s'appliquent pas, les densités de charge calorifique peuvent être déterminées spécifiquement pour un projet particulier en effectuant une étude des charges calorifiques dues à l'occupation.

(2) Il convient d'estimer les charges calorifiques et leur localisation en concertation avec le client, en tenant compte de l'usage prévu, du mobilier et des installations, des changements dans le temps, des tendances défavorables et des modifications éventuelles de l'occupation.

(3) Si possible, il convient d'effectuer une étude sur un projet existant comparable de manière à ce que le client n'ait à spécifier que les différences éventuelles entre le projet envisagé et celui existant.

## Annexe E

(informative)

### Temps équivalent d'exposition au feu

**CR** L'annexe E n'est pas applicable dans le cadre de la réglementation nationale.

**C** On ne peut pas caractériser un incendie par un temps unique. En effet, le temps équivalent est largement fonction des caractéristiques thermiques de l'élément concerné.

(1) L'approche suivante peut être utilisée conformément au domaine d'application national. Contrairement à l'annexe B, cette approche est destinée à être utilisée lorsque le calcul des éléments est assuré par des données présentées sous forme de tableau ou d'autres règles simplifiées correspondant à l'exposition au feu normalisée.

(2) Si les densités de charge calorifique sont spécifiées sans prendre spécifiquement en compte le comportement à la combustion (voir annexe D), il convient alors de limiter cette approche aux compartiments contenant des charges calorifiques principalement de type cellulosique.

(3) Le temps équivalent d'exposition au feu est défini par :

$$\begin{aligned} t_{e,d} &= q_{f,d} k_b \cdot w_f && \dots \text{ (E.1)} \\ &= q_{t,d} k_b \cdot w_t \end{aligned}$$

où :

$q_d$  est la densité de charge calorifique de calcul, selon l'annexe D ;

$k_b$  est le facteur de conversion selon (4) ;

$w$  est le facteur de ventilation selon (5), qui veut que :

$$W_t = W_f A_t / A_f$$

(4) En l'absence d'évaluation détaillée des propriétés thermiques de l'enceinte,  $k_b$  peut être adoptée à :

$$k_b = 0,07 \left[ \text{min} \cdot \text{m}^2 / \text{MJ} \right] \quad \text{lorsque } q_d \text{ est donnée en } \left[ \text{MJ} / \text{m}^2 \right] \quad \dots \text{ (E.2)}$$

Sinon,  $k_b$  peut correspondre à la propriété thermique  $b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$  de l'enceinte selon le tableau E.1. Pour déterminer  $b$  pour des couches multiples de matériau ou différents matériaux dans les murs, le plancher et le plafond, voir annexe B (4) et (5).

**Tableau E.1 : Facteur de conversion  $k_b$  en fonction des propriétés thermiques de l'enceinte**

$b = \sqrt{(\rho c \lambda)}$ [Jm <sup>2</sup> S <sup>1/2</sup> K]	$k_b$ [min·m <sup>2</sup> /MJ]
$b > 2\,500$	0,04
$720 \leq b \leq 2\,500$	0,055
$b < 720$	0,07

(5) Le facteur de ventilation  $w_f$  peut être calculé comme :

$$W_f = (6,0/H)^{0,3} \left[ 0,62 + 90(0,4 - \alpha_v)^4 / (1 + b_v \alpha_h) \right] \geq 0,5 \quad [—] \quad \dots (E.3)$$

où :

$\alpha_v = A_v/A_f$  est la surface des ouvertures verticales  $A_v$  de la façade rapportée à la surface de plancher du compartiment où il convient de respecter la limite  $0,025 \leq \alpha_v \leq 0,25$  ;

$\alpha_h = A_h/A_f$  est la surface des ouvertures horizontales  $A_h$  du toit rapportée à la surface de plancher du compartiment

$$b_v = 12,5 \left( 1 + 10\alpha_v - \alpha_v^2 \right) \geq 10,0$$

$H$  est la hauteur du compartiment en feu [m]

Pour les petits compartiments en feu [ $A_f < 100 \text{ m}^2$ ] sans ouvertures dans le toit, le coefficient  $w_f$  peut également être calculé comme :

$$W_f = O^{-1/2} \cdot A_f/A_t \quad \dots (E.4)$$

où :

$O$  est le coefficient d'ouverture selon l'annexe B.

(6) Il faut vérifier que :

$$t_{e,d} < t_{fi,d} \quad \dots (E.5)$$

où :

$t_{fi,d}$  est la valeur de calcul de la résistance au feu normalisée des éléments, évaluée selon les parties des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 relatives au feu.

## Annexe F

(normative)

### Base de calcul — Articles supplémentaires à l'ENV 1991-1 pour l'analyse structurale dans les situations d'incendie

#### F.1 Généralités

- (1) En principe, le format général donné dans l'ENV 1991-1 pour les procédures de calcul est applicable.
- (2) Cette annexe fournit des indications supplémentaires applicables aux structures exposées au feu en ce qui concerne la simultanéité des actions et les règles de combinaison.

#### F.2 Simultanéité des actions

##### F.2.1 Actions à partir d'un calcul à température normale $G$ , $Q$

- (1)P Les actions doivent être considérées comme pour un calcul à température normale si elles sont susceptibles d'intervenir en situation de feu.
- (2) Il convient d'introduire conformément à F.3 les valeurs représentatives des actions variables correspondant à la situation accidentelle d'exposition au feu.
- (3) La diminution des charges imposées du fait de la combustion peut ne pas être prise en compte.
- (4) Il convient d'évaluer individuellement les cas où il est inutile de tenir compte des charges de neige du fait de sa fonte.
- (5) Les charges résultant d'opérations industrielles ne sont généralement pas prises en compte, par exemple les forces horizontales dues au freinage d'une grue.

##### F.2.2 Actions additionnelles

- (1) En fonction des situations accidentelles selon 3.1 qu'il faut faire intervenir dans le calcul, des actions additionnelles peuvent être nécessaires au cours de l'exposition au feu, par exemple un impact dû à l'effondrement d'éléments structuraux ou de matériels lourds.

NOTE : Les valeurs de calcul  $A_d$  sont spécifiées par les autorités ou en concertation avec le client.

- (2) Il peut être nécessaire de tenir compte d'un impact horizontal pour les murs pare-feu. Il convient qu'ils résistent à un impact horizontal d'une énergie théorique  $A_d = 3\,000\text{ Nm}$ .

## F.3 Règles de combinaison des actions

### F.3.1 Règles générales

(1)P Pour obtenir les effets voulus des actions  $E_{fi,d,t}$  pendant l'exposition au feu, il faut combiner les actions mécaniques conformément à l'ENV 1991-1 «Bases de calcul», à l'aide de la combinaison accidentelle suivante (donnée sous forme symbolique) :

$$\sum \gamma_{GA} \cdot G_k + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \sum A_d(t) \quad \dots (F.1)$$

où :

- $G_k$  sont les valeurs caractéristiques des actions permanentes ;
- $Q_{k,1}$  sont les valeurs caractéristiques d'une action variable (la principale) ;
- $Q_{k,i}$  sont les valeurs caractéristiques des autres actions variables ;
- $A_d(t)$  sont les valeurs admises des actions dues à l'exposition au feu selon les sections 4 et 5, suivant le cas ;
- $\gamma_{GA}$  est égal au coefficient partiel de sécurité [1,0] pour les actions permanentes en situation accidentelle ;
- $\Psi_{1,1}, \Psi_{2,i}$  sont les coefficients de combinaison pour les bâtiments selon l'ENV 1991-1.

### F.3.2 Règles simplifiées

(1) Lorsqu'il n'est pas nécessaire de prendre explicitement en compte les actions indirectes du feu, les effets des actions peuvent être déterminés en analysant la structure pour les actions combinées selon F.3.1 pour  $t = 0$  uniquement. L'application de ces effets des actions peut être constante tout au long de l'exposition au feu.

(2) F.3.2 (1) s'applique, par exemple, aux effets des actions au niveau des limites et des appuis, où une analyse des parties de la structure est effectuée conformément aux parties des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 relatives au calcul au feu.

(3) Pour simplifier encore par rapport à F.3.2 (1), les effets des actions peuvent être déduits de ceux déterminés dans le calcul à température normale :

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi} \cdot E_d \quad \dots (F.2)$$

où :

- $E_d$  est la valeur de calcul des effets des actions à partir de la combinaison fondamentale selon l'ENV 1991-1 (y compris les coefficients partiels  $\gamma_F$ ) ;
- $E_{fi,d,t}$  est la valeur de calcul correspondant à la situation d'incendie ;
- $\eta_{fi}$  est égal à  $(\gamma_{GA} + \Psi_{1,1} \cdot \xi) / (\gamma_G + \gamma_Q \cdot \xi)$ , coefficient de réduction, fonction de  $\xi = Q_{k,1}/G_k$ , qui est le rapport global entre les actions variables principales et les actions permanentes appliquées à la structure.

(4) Les valeurs correspondantes de  $\eta_{fi}$  sont données dans les parties des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 relatives au calcul au feu.

### F.3.3 Niveau de charge

(1) Lorsque les données présentées sous forme de tableau sont spécifiées pour un niveau de charge de référence, ce niveau de charge correspond à :

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi,t} \cdot R_d \quad \dots \text{(F.3)}$$

où :

$R_d$  est la résistance porteuse de l'élément, déterminée selon les parties 1.1 des ENV 1992 à 1996 et de l'ENV 1999 ;

$\eta_{fi,t}$  est le niveau de charge pour le calcul au feu.





