

Modélisation du feu

Phase d'échauffement

$$\Theta_g = 1,325 [1 - 0,324 \cdot e^{-0,2t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7t^*} - 0,472 \cdot e^{-19t^*}] + 20^\circ\text{C}$$

Avec :

$$\Gamma = (O/0,04)^2 / (b/1,160)^2$$

$$O = A_v \sqrt{h}/At$$

$$t^* = \Gamma t$$

Phase de refroidissement

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 625 (t^* - t_{\max}^* \cdot x) \quad \text{pour } t_{\max}^* \leq 0,5$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 (3 - t_{\max}^*) (t^* - t_{\max}^* \cdot x) \quad \text{pour } 0,5 < t_{\max}^* < 2$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 (t^* - t_{\max}^* \cdot x) \quad \text{pour } t_{\max}^* \geq 2$$

où t^* est donné par (A.2 a)

$$t_{\max}^* = (0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) \cdot \Gamma$$

t	est le temps	[h]
Γ	$= [O/b]^2 / (0,04/1\ 160)^2$	[-]
b	$= \sqrt{(\rho c \lambda)}$	
	avec les limites suivantes : $100 \leq b \leq 2\ 200$	[J/m ² s ^{1/2} K]
ρ	est la densité des parois de l'enceinte	[kg/m ³]
c	est la chaleur spécifique des parois de l'enceinte	[J/kgK]
λ	est la conductivité thermique des parois de l'enceinte	[W/mK]
O	est le facteur d'ouverture : $A_v \sqrt{h_{eq}} / A_t$	[m ^{1/2}]
	avec les limites suivantes : $0,02 \leq O \leq 0,20$	
A_v	est la surface totale des ouvertures verticales sur tous les murs	[m ²]
h_{eq}	est la moyenne pondérée des hauteurs de fenêtre sur tous les murs	[m]
A_t	est la surface totale de l'enceinte (murs, plafond et plancher, y compris les ouvertures)	[m ²]

NOTE Lorsque $\Gamma = 1$, l'équation (A.1) donne une approximation de la courbe température/temps normalisée.

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

— Si $b_1 < b_2$, $b = b_1$ (A.3)

— Si $b_1 > b_2$, une épaisseur limite s_{lim} est calculée pour le matériau exposé conformément à

$$s_{lim} = \sqrt{\frac{3600 t_{max} \lambda_1}{c_1 \rho_1}} \quad \text{avec } t_{max} \text{ donné par l'équation A.7.} \quad [m] \quad (A.4)$$

Si $s_1 > s_{lim}$ alors $b = b_1$ (A.4 a)

Si $s_1 < s_{lim}$ alors $b = \frac{s_1}{s_{lim}} b_1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{lim}}\right) b_2$ (A.4 b)

où

l'indice 1 représente la couche directement exposée au feu, l'indice 2 représente la couche suivante, et ainsi de suite :

s_i est l'épaisseur de la couche i ;

b_i est égal à $\sqrt{(\rho_i c_i \lambda_i)}$;

ρ_i est la densité de la couche i ;

c_i est la chaleur spécifique de la couche i ;

λ_i est la conductivité thermique de la couche i .

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

$$b = (\Sigma(b_j A_j)) / (A_t - A_v) \quad (\text{A.5})$$

où

A_j est la surface de la paroi j de l'enceinte, ouvertures non incluses ;

b_j est la propriété thermique de la paroi j de l'enceinte conformément aux équations (A.3) et (A.4).

(7) La température maximale θ_{\max} en phase d'échauffement est atteinte pour $t^* = t_{\max}^*$.

$$t_{\max}^* = t_{\max} \cdot \Gamma \quad (\text{A.6})$$

$$\text{avec } t_{\max} = \max [(0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / \theta) ; t_{\text{lim}}] \quad [\text{h}] \quad (\text{A.7})$$

$q_{t,d}$ est la valeur de calcul de la densité de charge calorifique rapportée à la surface totale A_t de l'enceinte, telle que $q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t$ [MJ/m²]. Il convient de respecter les limites suivantes : $50 \leq q_{t,d} \leq 1\,000$ [MJ/m²];

$q_{f,d}$ est la valeur de calcul de la densité de charge calorifique rapportée à la surface A_t du plancher [MJ/m²] indiquée dans l'annexe E ;

Annexe E (informative)

Densités de charge calorifique

- à partir d'un classement national des charges calorifiques selon le type d'occupation ; 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 :

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad [\text{MJ/m}^2] \quad (\text{E.1})$$

m est le coefficient de combustion (voir E.3) ;

δ_{q1} est un coefficient qui prend en compte le risque d'activation du feu lié à la taille du compartiment (voir Tableau E.1) ;

δ_{q2} est un coefficient qui prend en compte le risque d'activation du feu lié au type d'occupation (voir Tableau E.1).

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$ est un coefficient qui prend en compte les différentes mesures actives de lutte contre le feu "i" (sprinkleur, détection, alarme automatique, sapeurs-pompiers, etc.). Ces mesures actives sont généralement imposées pour des raisons de sécurité des personnes (voir Tableau E.2 et articles (4) et (5)) ;

$q_{f,k}$ est la densité de charge calorifique caractéristique par unité de surface de plancher [MJ/m^2] (voir par exemple Tableau E.4).

Tableau E.1 — Coefficients δ_{q1} , δ_{q2}

Surface de plancher du compartiment A_f [m ²]	Risque d'activation du feu δ_{q1}	Risque d'activation du feu δ_{q2}	Exemples de types d'occupation
25	1,10	0,78	galerie d'art, musée, piscine
250	1,50	1,00	bureaux, résidence, hôtel, industrie papetière
2 500	1,90	1,22	fabrique de machines et de moteurs
5 000	2,00	1,44	laboratoire de chimie, atelier de peinture
10 000	2,13	1,66	fabrique d'artifices ou de peintures

Tableau E.2 — Coefficients δ_{ni}

δ_{ni} Fonction de mesures actives de lutte contre le feu

Suppression automatique du feu		Détection automatique du feu			Suppression manuelle du feu						
Système d'extinction à eau automatique	Approvisionnements en eau indépendants			Détection automatique du feu et alarme		Alarme automatique transmise aux pompiers	Pompiers sur site	Pompiers hors site	Voies d'accès libres	Équipement de lutte contre le feu	Système de désenfumage
	0	1	2	par la chaleur	par la fumée						
δ_{n1}	δ_{n2}			δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}	δ_{n10}
0,61	1,0	0,87	0,7	0,87 ou 0,73		0,87	0,61 ou 0,78		0,9 ou 1 ou 1,5	1,0 ou 1,5	1,0 ou 1,5

(4) Pour les mesures normales de lutte contre le feu, qu'il convient de prévoir presque toujours, telles que des voies d'accès libres, des équipements de lutte contre le feu et des systèmes de désenfumage dans les escaliers, il est recommandé de considérer les valeurs δ_{ni} du Tableau E.2 comme étant égales à 1,0. Toutefois, si ces mesures n'ont pas été prévues, il est recommandé de considérer la valeur δ_{ni} correspondante comme étant égale à 1,5.

(5) En cas d'alerte incendie, si les escaliers font l'objet d'une surpression, le coefficient δ_{n8} du Tableau E.2 peut être considéré comme étant égal à 0,9.

(6) L'approche ci-dessus repose sur l'hypothèse que les exigences des normes européennes s'appliquant aux sprinkleurs, à la détection, aux alarmes et aux systèmes de désenfumage sont respectées (voir également 1.3). Toutefois, les circonstances au cas par cas peuvent modifier les valeurs indiquées dans le Tableau E.2. Il est fait référence au Document de référence CEN/TC250/SC1/N300A.

(2) Dans le cas des matériaux principalement cellulósiques, il est permis de supposer un coefficient de combustion $m = 0,8$.

Détermination des densités de charge calorifique

(1) Dans la charge calorifique, il convient de prendre en compte tout le contenu du bâtiment et tous les éléments de construction qui sont combustibles, y compris les revêtements et les finitions. Les éléments combustibles qui ne brûlent pas pendant l'incendie ne doivent pas être pris en compte.

- à partir d'un classement des charges calorifiques selon le type d'occupation (voir E.2.5) ; ou
- de manière spécifique pour un projet particulier

(3) Lorsque les densités de charge calorifique 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 le classement et sont ensuite déterminées conformément aux paragraphes suivants applicables.

Classement des charges calorifiques selon le type d'occupation

(1) Il convient de classer les densités de charge calorifique en fonction du type d'occupation, de les rapporter à la surface du plancher et de les utiliser comme densités de charge calorifique caractéristiques $q_{f,k}$ [MJ/m²], selon le Tableau E.4.

Tableau E.4 — Densités de charge calorifique $q_{f,k}$ [MJ/m²] selon différents types d'occupation

Type d'occupation	Moyenne	Fractile à 80 %
Logement	780	948
Hôpital (chambre)	230	280
Hôtel (chambre)	310	377
Bibliothèque	1 500	1 824
Bureau	420	511
Classe d'école	285	347
Centre commercial	600	730
Théâtre (cinéma)	300	365
Transport (espace public)	100	122
NOTE	La loi de Gumbel est supposée s'appliquer pour le fractile à 80 %.	

(2) Les valeurs de densité de charge calorifique $q_{f,k}$ indiquées dans le Tableau E.4 s'appliquent dans le cas d'un coefficient δ_{q2} égal à 1,0 (voir Tableau E.1).

(3) Les charges calorifiques indiquées dans le Tableau E.4 s'appliquent dans le cas de compartiments ordinaires en relation avec les types d'occupation donnés ici. Les pièces spéciales sont prises en compte selon E.2.2.

(4) Il convient de déterminer les charges calorifiques du bâtiment (éléments de construction, revêtements et finitions) selon E.2.2. Le cas échéant, il convient de les ajouter aux densités de charge calorifique de (1).

Évaluation individuelle des densités de charge calorifique

- (1) Dans les cas où les classes d'occupation 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 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 enquête 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.

(1) La charge calorifique caractéristique est définie par :

$$Q_{fi,k} = \sum M_{k,i} \cdot H_{ui} \cdot \Psi_i = \sum Q_{fi,k,i} \quad [\text{MJ}]$$

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 E.2.4) ;

$[\Psi_i]$ est le coefficient facultatif permettant d'évaluer les charges calorifiques protégées (voir E.2.3).

(2) La densité de charge calorifique caractéristique $q_{f,k}$ par unité de surface est définie par :

$$q_{f,k} = Q_{fi,k} / A \quad [\text{MJ/m}^2] \quad (\text{E.3})$$

où

A est la surface de plancher (A_f) du compartiment ou de l'espace de référence, ou l'aire de la surface intérieure (A_t) du compartiment, 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 variables susceptibles de changer pendant la vie utile d'une structure par les valeurs censées ne pas être dépassées pendant 80 % du temps.

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, sans 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, mais au moins égale à 10 % des charges calorifiques protégées, est affectée d'un coefficient $\Psi_i = 1,0$.

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'inflammation, les charges calorifiques protégées restantes peuvent être affectées d'un coefficient $\Psi_i = 0,0$.

Pouvoirs calorifiques inférieurs

(1) Il convient de déterminer les pouvoirs calorifiques inférieurs selon le EN ISO 1716:2002.

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

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

u est l'humidité en pourcentage de poids ;

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

(3) Le Tableau E.3 donne les pouvoirs calorifiques inférieurs de certains solides, liquides, et gaz.

Tableau E.3 — Pouvoirs calorifiques inférieurs H_{ui} [MJ/kg] de matériaux combustibles pour le calcul de charges calorifiques

Solides			
Bois	17,5	Combustibles	45
Autres matériaux cellulosiques	20	<ul style="list-style-type: none"> • Essence, pétrole • Gasoil 	
<ul style="list-style-type: none"> • Vêtements • Liège • Coton • Papier, carton • Soie • Paille • Laine 		Plastiques hydrocarbonés purs	40
Carbone	30	<ul style="list-style-type: none"> • Polyéthylène • Polystyrène • Polypropylène 	
<ul style="list-style-type: none"> • Anthracite • Charbon de bois • Charbon 		Autres produits	
Produits chimiques		Alkylbenzènesulfonate (plastique)	35
Série des paraffines	50	Polyester (plastique)	30
<ul style="list-style-type: none"> • Méthane • Ethane • Propane • Butane 		Polyisocyanurate et polyuréthane (plastiques)	25
Série des oléfines	45	Polychlorure de vinyle (plastique)	20
<ul style="list-style-type: none"> • Ethylène • Propylène • Butène 		Bitume, asphalte	40
Série des aromatiques	40	Cuir	20
<ul style="list-style-type: none"> • Benzène • Toluène 		Linoléum	20
Alcools	30	Pneumatique	30
<ul style="list-style-type: none"> • Méthanol • Ethanol • Alcool éthylique 		NOTE Les valeurs indiquées dans ce tableau ne s'appliquent pas au calcul du contenu énergétique des combustibles.	

Courbes paramétrées température/temps

(1) Les courbes température/temps suivantes sont valables pour des compartiments ayant une surface de plancher inférieure ou égale à 500 m², ne comportant pas d'ouvertures dans le toit et ayant une hauteur maximale de 4 m. On suppose que la charge calorifique du compartiment est totalement consumée.

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

(3) Les courbes température/temps en phase d'échauffement sont données par :

$$\Theta_g = 20 + 1\,325 \left(1 - 0,324e^{-0,2t^*} - 0,204e^{-1,7t^*} - 0,472e^{-19t^*} \right)$$

La température maximale Θ_{\max} en phase d'échauffement est atteinte pour $t^* = t_{\max}^*$.

$$t_{\max}^* = t_{\max} \cdot \Gamma$$

$$\text{avec } t_{\max} = \max \left[(0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) ; t_{\lim} \right] \quad [\text{h}]$$

NOTE Lorsque le feu est contrôlé par le combustible, le temps t_{\max} correspondant à la température maximale est donné par t_{\lim} . Si t_{\lim} est donné par $(0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O)$, le feu est contrôlé par la ventilation.

Quand $t_{\max} = t_{\lim}$, t^* utilisé dans l'équation (A.1) est remplacé par :

$$t^* = t \cdot \Gamma_{\lim} \quad [\text{h}] \quad (\text{A.2 b})$$

$$\text{avec } \Gamma_{\lim} = [O_{\lim}/b]^2 / (0,04/1\,160)^2 \quad (\text{A.8})$$

$$\text{où } O_{\lim} = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / t_{\lim} \quad (\Delta q)$$

Si ($O > 0,04$ et $q_{t,d} < 75$ et $b < 1\,160$), Γ_{\lim} dans (A.8) doit être multiplié par k donné par :

$$k = 1 + \left(\frac{O - 0,04}{0,04} \right) \left(\frac{q_{t,d} - 75}{75} \right) \left(\frac{1\,160 - b}{1\,160} \right)$$

(10) Dans le cas d'un feu à faible vitesse de développement, $t_{\lim} = 25$ min, dans le cas d'un feu à vitesse de développement moyenne, $t_{\lim} = 20$ min, dans le cas d'un feu à vitesse de développement élevée, $t_{\lim} = 15$ min.

NOTE Pour plus d'informations sur la vitesse de développement des feux, se reporter au Tableau E.5 de l'annexe E.

Type d'occupation	Vitesse de développement du feu
Logement	Moyen
Hôpital (chambre)	Moyen
Hôtel (chambre)	Moyen
Bibliothèque	Rapide
Bureau	Moyen

Classe d'école	Moyen
Centre commercial	Rapide
Théâtre (cinéma)	Rapide
Transport (espace public)	Lent

Les courbes température/temps en phase de refroidissement sont données par :

$$\theta_g = \theta_{\max} - 625 (t^* - t_{\max}^* \cdot x) \quad \text{pour } t_{\max}^* \leq 0,5 \quad (\text{A.11 a})$$

$$\theta_g = \theta_{\max} - 250 (3 - t_{\max}^*) (t^* - t_{\max}^* \cdot x) \quad \text{pour } 0,5 < t_{\max}^* < 2 \quad (\text{A.11 b})$$

$$\theta_g = \theta_{\max} - 250 (t^* - t_{\max}^* \cdot x) \quad \text{pour } t_{\max}^* \geq 2 \quad (\text{A.11 c})$$

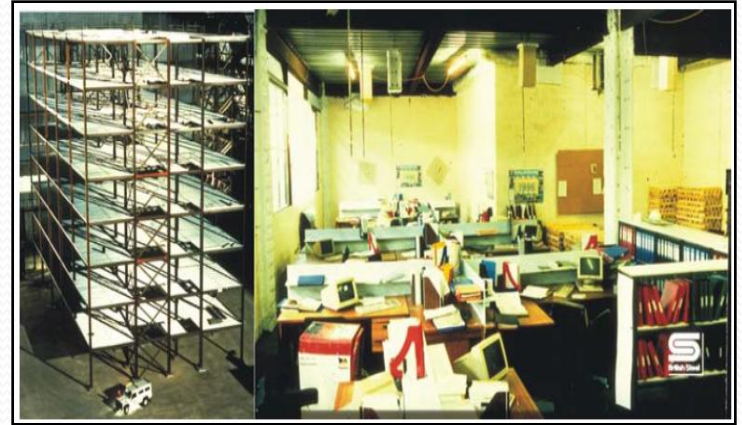
où t^* est donné par (A.2 a)

$$t_{\max}^* = (0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) \cdot \Gamma$$

$$x = 1,0 \text{ si } t_{\max} > t_{\text{lim}} \text{ ou } x = t_{\text{lim}} \cdot \Gamma / t_{\max}^* \text{ si } t_{\max} = t_{\text{lim}}$$

EXEMPLE D'APPLICATION

L'objectif est de calculer la température des gaz d'un feu généralisé dans un bureau. La pièce de l'essai du bureau reconstitué du bâtiment de Cardington a été choisie pour cette analyse. Les températures mesurées au cours de l'incendie généralisé sont présentées sur la figure I.3 et comparées aux températures calculées.



Aire du plancher

$$A_f = 135 \text{ m}^2$$

Aire totale des ouvertures verticales

$$A_v = 27 \text{ m}^2$$

Facteur d'ouverture verticale

$$\alpha_v = 0,2$$

Facteur d'ouverture horizontal

$$\alpha_h = 0,0$$

Hauteur

$$H = 4,0 \text{ m}$$

Hauteur moyenne des ouvertures

$$h_{eq} = 1,8 \text{ m (hypothèse)}$$

Béton léger

$$\rho = 1900 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 840 \text{ J/kgK}$$

$$\lambda = 1,0 \text{ W/mK}$$

Déterminations de la densité de charge calorifique en EN1991-1-2

Dans l'exemple traité, la seconde méthode est choisie. La densité de charge calorifique est définie par :

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad (I.1)$$

m est le coefficient de combustion ;

δ_{q1} est le coefficient qui prend en compte le risque d'activation du feu lié à la taille du compartiment ;

δ_{q2} est le facteur qui prend en compte le risque d'activation du feu lié au type d'occupation

δ_n est un coefficient qui prend en en compte les différentes mesures actives de lutte contre le feu.

A_f [1]

Pour l'essai de Cardington, la charge calorifique est composée de 20% de plastiques, 11% de papier et 69% de bois, c'est-à-dire uniquement de matériaux cellulosiques. Par conséquent, le facteur de combustion est : $m=0.8$

Le facteur δ_{q1} prend en compte, comme indiqué dans le tableau 1, le risque d'activation du feu liée à la taille du compartiment

Tableau I.1 Valeurs du coefficient (voir EN 1991-1-2, Tableau E.1)

	surface de plancher du compartiment				
Risque d'activation du feu	≤ 25	≤ 250	≤ 2500	≤ 5000	≤ 10,000
	1,10	1,50	1,90	2,00	2,13

Pour l'essai de Cardington $\delta_{q1} = 1.5$

Le facteur δ_{q2} prend en compte le risque d'activation du feu lié au type d'occupation. Il est donné dans le tableau 2.

Tableau I.2 Valeurs du coefficient (voir EN 1991-1-2, Tableau E.1)

Risque d'activation du feu	Exemple de type d'occupation
0,78	Galerie d'art, muse, piscine
1,00	Bureaux, résidence, hôtel, industrie papetière
1,22	Fabrique de machines et de moteurs
1,44	Laboratoire de chimie, atelier de peinture
1,66	Fabrique de peinture ou d'artifices

Pour l'essai de Cardington $\delta_{q2} = 1.5$

Le facteur qui prend en compte toutes les mesures actives de lutte contre le feu est défini par :

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$$

Tableau I.3		Les facteurs suivant le système d'activation (voir EN 1991-1-2, Tableau E.2)		
		fonction de mesures actives contre le feu		
Suppression automatique du feu	Système d'extinction à eau automatique			0,61
	Approvisionnement en eau indépendants		0	1,0
			1	0,87
			2	0,7
Détection automatique du feu	Détection automatique du feu		Par la chaleur	0,87
			Par la fumée	0,73
	Alarme automatique transmise aux pompiers			0,87
Suppression manuelle du feu	Pompiers sur site			0,87
	Pompiers hors site			0,61
	Voies d'accès libres			0,78
	Equipement de lutte contre le feu			0,9 ou
				1,0 ou
				1,5
Système de désenfumage			1,0 ou	
			1,5	

Pour l'essai de Cardington : $\delta n = 1,0 \cdot 0,73 \cdot 0,87 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,50$

Tableau E.2 — Coefficients δ_{ni}

δ_{ni} Fonction de mesures actives de lutte contre le feu

Suppression automatique du feu	Détection automatique du feu	Suppression manuelle du feu
--------------------------------	------------------------------	-----------------------------

Avant de calculer la densité de charge calorifique, Il est nécessaire de calculer la charge calorifique caractéristique. Elle est définie par :

$$Q_{fi,k} = \sum M_{k,i} \cdot H_{ui} \cdot \psi_i$$

Où :

$M_{k,i}$ est la quantité de matériau combustible ; l [kg]

H_{ui} est le pouvoir calorifique inférieur [MJ/kg], (EN 1991-1-2, Tableau E.3)

ψ_i le coefficient facultatif permettant les charges calorifiques protégées

La charge calorifique totale était équivalente à 46 Kg de bois/m². Par conséquent, la charge calorifique caractéristique est :

$$Q_{fi,k} = (135 \cdot 46) \cdot 17,5 \cdot 1,0 = 108,675 \text{ MJ}$$

La densité de charge calorifique caractéristique est définie par :

$$q_{f,k} = Q_{fi,k}/A_f = 108,675/135 = 805 \text{ MJ/m}^2$$

On obtient alors la densité de charge calorifique suivante :

$$q_{f,d} = 805 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 483,0 \text{ MJ/m}^2$$

La valeur de calcul de la densité de charge calorifique relative à la surface totale est donnée par :

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f/A_t = 483,0 \cdot 135/474 = 137,6 \text{ MJ/m}^2$$

Détermination préliminaire des facteurs géométriques

Pour le calcul des phases d'échauffement et de refroidissements de la courbe paramétrée température-temps,

le facteur b et O doivent être calculés

Le plafond, la dalle et les murs sont constitués de béton léger :

$$b = \sqrt{\rho \cdot c \cdot \lambda} = \sqrt{1900 \cdot 840 \cdot 1,0} = 1263 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{s}^{1/2} \text{K}} \begin{cases} \geq 100 \\ \leq 2200 \end{cases}$$

Les facteurs d'inertie thermiques sont bien dans l'intervalle [100 ; 2200].

De la même manière on calcule le facteur d'ouverture O et on vérifie qu'il est dans l'intervalle [0,02 ; 0,2] :

Facteur d'ouverture :

$$O = A_v \sqrt{h_{eq.}} / A_t = \sqrt{1,8} \cdot 27 / 474 = 0,076 \text{m}^{1/2} \begin{cases} \geq 0,02 \\ \leq 0,2 \end{cases}$$

Il ne reste plus qu'évaluer Γ :

$$\Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0,04/1160)^2} = \frac{(0,076/1263,3)^2}{(0,04/1160)^2} = 3,04$$

Calcul de la courbe paramétrées température/temps

Elle est déterminée lorsque le feu généralisé est contrôlé en ventilation ou en fioul. Dans ce cas la détermination, si le feu est contrôlé par le combustible ou par la ventilation est :

CALCUL DE LA DUREE D'ECHAUFFEMENT

$$t_{\max} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O \\ t_{\lim} \end{array} \right. ,$$

Dans le cas d'un feu à faible vitesse de développement, $t_{\lim} = 25$ min, dans le cas d'un feu à vitesse de développement moyenne, $t_{\lim} = 20$ min, dans le cas d'un feu à vitesse de développement élevée, $t_{\lim} = 15$ min.

Pour des locaux de type bureau le feu est supposé à développement moyen ($t_{\lim} = 20$ min = 0,333 h).

$$0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O = 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 137,6 / 0,076 = 0,362 \text{ h} > t_{\lim} = 0,333 \text{ h}$$

Avec la condition vérifiée, le feu est contrôlé par la ventilation. La courbe température-temps en phase d'échauffement est donnée par :

$$\theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0,324 \cdot e^{-0,2 t^*} - 0,204 \cdot e^{-1,7 t^*} - 0,472 e^{-19 t^*}) \quad (\text{I.4})$$

Etant donné que le feu est contrôlé par la ventilation, le temps t est calculé de la manière suivante :

$$t^* = t \cdot \Gamma \quad (\text{I.5})$$