

---

---

**Ingénierie de la sécurité incendie —  
Guide sur l'utilisation de modèles  
incendie de zone**

*Fire safety engineering — Guidance for use of fire zone models*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TS 13447:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d7d7b38f-018f-48df-a370-a54da0b4d55e/iso-ts-13447-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d7d7b38f-018f-48df-a370-a54da0b4d55e/iso-ts-13447-2013>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO/TS 13447:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d7d7B8F-018f-48df-a370-a54da0b4d55e/iso-ts-13447-2013>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Symboles (et termes abrégés)</b> .....	<b>1</b>
<b>5</b> <b>Description générale des modèles incendie de zone</b> .....	<b>2</b>
5.1    Qu'est-ce qu'un modèle incendie de zone?.....	2
5.2    Applications.....	2
5.3    Avantages.....	3
5.4    Principes, hypothèses et conséquences généraux.....	3
<b>6</b> <b>Paramètres d'entrée et sources de données pour les modèles incendie de zone</b> .....	<b>6</b>
6.1    Géométrie de l'enceinte.....	6
6.2    Multi-locaux.....	7
6.3    Ouvertures.....	7
6.4    Matériaux de délimitation.....	7
6.5    Paramètres du feu de dimensionnement.....	8
<b>7</b> <b>Sensibilité des modèles</b> .....	<b>11</b>
<b>8</b> <b>Utilisations et limites</b> .....	<b>12</b>
8.1    Généralités.....	12
8.2    Effets localisés.....	12
8.3    Effets dus au compartiment.....	12
8.4    Panaches.....	13
8.5    Événements de plafond.....	14
8.6    Stratification.....	15
8.7    Formation de puits.....	15
8.8    Dimensions et géométrie de l'enceinte.....	15
8.9    Incendies après un embrasement généralisé.....	16
8.10    Comparaison des effets dans le monde réel et des capacités des modèles.....	17
<b>Bibliographie</b> .....	<b>19</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Dans d'autres circonstances, en particulier lorsqu'il existe une demande urgente du marché, un comité technique peut décider de publier d'autres types de documents normatifs:

- une Spécification publiquement disponible ISO (ISO/PAS) représente un accord entre les experts dans un groupe de travail ISO et est acceptée pour publication si elle est approuvée par plus de 50 % des membres votants du comité dont relève le groupe de travail;
- une Spécification technique ISO (ISO/TS) représente un accord entre les membres d'un comité technique et est acceptée pour publication si elle est approuvée par 2/3 des membres votants du comité.

Une ISO/PAS ou ISO/TS fait l'objet d'un examen après trois ans afin de décider si elle est confirmée pour trois nouvelles années, révisée pour devenir une Norme internationale, ou annulée. Lorsqu'une ISO/PAS ou ISO/TS a été confirmée, elle fait l'objet d'un nouvel examen après trois ans qui décidera soit de sa transformation en Norme internationale soit de son annulation.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TS 13447 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 4, *Ingénierie de la sécurité incendie*.

## Introduction

La présente Spécification technique est destinée aux acteurs de la sécurité incendie et aux organismes de réglementation qui utilisent ou évaluent des modèles incendie à une ou deux zones dans le cadre d'une conception ou d'une analyse de sécurité incendie. Les utilisateurs incluent les ingénieurs de la sécurité incendie, les autorités compétentes, telles que les fonctionnaires territoriaux, et le personnel de lutte contre l'incendie. Il est supposé que les utilisateurs de la présente Spécification technique possèdent les qualifications et compétences suffisantes dans le domaine de la dynamique du feu. Il est particulièrement important que les utilisateurs de modèles comprennent le contexte théorique et les limites des modèles incendie de zone.

En plus des articles habituels (1, 2, 3 et 4), la présente Spécification technique comprend les articles suivants:

- 5: *Décrit les modèles incendie de zone en général, incluant les principes et hypothèses sous-jacents*
- 6: *Traite des paramètres d'entrée et des sources de données pour les modèles incendie de zone*
- 7: *Traite de la sensibilité des modèles incendie de zone aux données d'entrée*
- 8: *Donne des lignes directrices sur l'utilisation et les limites des modèles incendie de zone*

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TS 13447:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d7d7B8F-018f-48df-a370-a54da0b4d55e/iso-ts-13447-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d7d7B8F-018f-48df-a370-a54da0b4d55e/iso-ts-13447-2013>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO/TS 13447:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d7d7B8F-018f-48df-a370-a54da0b4d55e/iso-ts-13447-2013>

# Ingénierie de la sécurité incendie — Guide sur l'utilisation de modèles incendie de zone

## 1 Domaine d'application

La présente Spécification technique fournit un guide pour évaluer l'utilisation de modèles incendie de zone pour le calcul de la température et des concentrations de gaz et le calcul de la position des couches de fumée dues à un incendie à l'intérieur d'une enceinte. Elle contient des généralités à consulter conjointement à la documentation spécifique du modèle fournie par les développeurs du modèle. Elle ne sert pas de base pour justifier l'utilisation d'un modèle en particulier.

Il est important que les utilisateurs de modèles incendie de zone comprennent la base théorique d'un modèle et soient capables d'évaluer l'exactitude et la validité des résultats.

Les modèles de zone peuvent également inclure des sous-modèles supplémentaires pour prédire des phénomènes connexes tels que l'activation de sprinklers ou de détecteurs thermiques ou de fumée, une ventilation mécanique, un bris de vitre ou la propagation de flammes. Ces sous-modèles connexes n'entrent pas dans le domaine d'application de la présente Spécification technique.

NOTE Une étude réalisée par Olenick et Carpenter<sup>[1]</sup> peut donner un aperçu des caractéristiques couvertes par différents modèles de zone.

La présente Spécification technique n'est pas destinée à servir de base pour une réglementation.

## 2 Références normatives

ISO/TS 13447:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d7d7b38f-018f-48df-a370->

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 13943, *Sécurité au feu — Vocabulaire*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13943 ainsi que les suivants s'appliquent.

### 3.1

#### modèle de zone

modèle de calcul destiné à prédire l'environnement résultant d'un incendie dans une enceinte où une ou plusieurs zones gazeuses distinctes représentent des couches formées par stratification thermique des gaz

## 4 Symboles (et termes abrégés)

$\dot{Q}$ (kW)	Débit calorifique par rapport au temps
$\dot{m}$ (g/s)	Vitesse de perte de masse du combustible
$\Delta h_c$ (kJ/g)	Chaleur effective de combustion

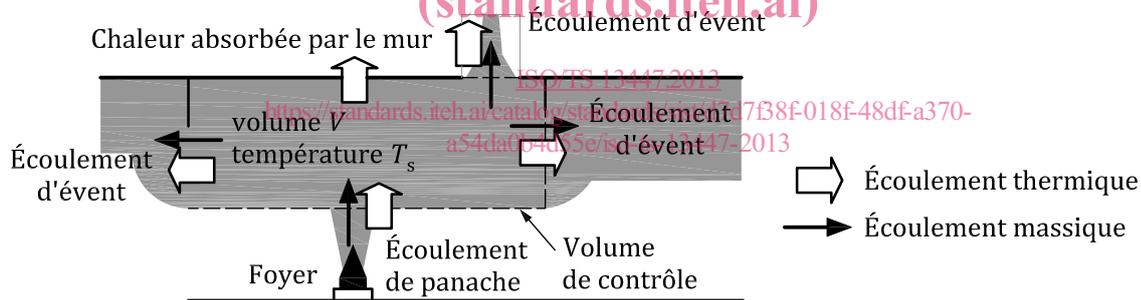
## 5 Description générale des modèles incendie de zone

### 5.1 Qu'est-ce qu'un modèle incendie de zone?

Un modèle incendie de zone est une méthode de calcul destinée à prédire les effets d'un incendie à l'intérieur d'une enceinte. Les calculs sont basés sur le principe de conservation de la masse et de l'énergie appliqué séparément aux volumes de contrôle qui divisent une enceinte en une ou plusieurs zones. À tout instant, les propriétés de chaque zone sont supposées uniformes. Le feu est considéré comme une source de masse et d'énergie et constitue une entrée spécifiée par l'utilisateur dans le calcul. La [Figure 1](#) montrant l'élévation d'une pièce illustre certaines propriétés conceptuelles couramment incluses dans un modèle de zone. L'ISO 16735 donne des formules algébriques pour le calcul de caractéristiques spécifiques des couches de fumée générées par les incendies[2].

Un modèle incendie de zone est le plus souvent un modèle incendie numérique se présentant sous la forme d'un programme informatique, les calculs pouvant toutefois être effectués au moyen d'applications de tableur, ou même à la main. Les modèles de zone comptent le plus souvent deux zones sous la forme d'une couche supérieure chaude et d'une couche inférieure moins chaude. Cela permet une résolution suffisante pour de nombreuses simulations simples d'incendie avant un embrasement généralisé. Cependant des modèles à une zone ont également été développés (par exemple pour les feux pleinement développés après un embrasement généralisé) lorsque l'hypothèse d'une zone uniforme bien mélangée est appropriée. D'autre part, les équations fondamentales relatives à la conservation de la masse et de l'énergie peuvent également être étendues à plus de deux zones afin d'obtenir une meilleure résolution sur la hauteur d'un compartiment.

Les modèles de zone à plusieurs locaux représentent un cas de zones multiples interconnectées où les locaux sont reliés par des ouvertures soit dans les murs, soit dans le sol/plafond.



**Figure 1 — Conservation générale de la chaleur et de la masse dans une enceinte en présence d'une source de feu**

### 5.2 Applications

Les modèles de zone permettent de prédire la température de la fumée, le volume de fumée (et hauteur des couches) et les concentrations d'espèces à l'intérieur d'une enceinte consécutifs à un incendie de dimensions données.

En fonction du niveau des fonctionnalités incluses dans un modèle de zone, des applications type peuvent comprendre:

- la prédiction du temps de remplissage par des fumées d'un compartiment de dimensions données et pour un incendie dont les caractéristiques en fonction du temps sont connues;
- l'évaluation de la tenabilité de la sécurité des personnes dans un environnement incendie pour comparaison avec des critères de conception;
- la reconstitution d'un incendie passé pour appuyer ou réfuter des théories sur le développement du feu;

- la détermination des dimensions probables d'un incendie au moment de l'activation d'un sprinkler et/ou le temps de réponse d'un sprinkler (si un sous-modèle relatif à la réponse du sprinkler est inclus);
- la détermination de la capacité d'extraction des fumées pour les espaces ventilés naturellement ou mécaniquement;
- la détermination de l'impact sur un équipement important pour s'assurer de la continuité de son fonctionnement.

### 5.3 Avantages

L'utilisation d'une physique simplifiée dans les modèles de zone signifie qu'ils sont moins exigeants en termes de calculs et qu'ils sont relativement rapides à exécuter par rapport à d'autres modèles de pointe (par exemple, mécanique des fluides numériques) qui décrivent la physique au moyen des meilleures méthodes disponibles. Pouvoir effectuer un grand nombre de simulations avec la même ressource de calcul est un avantage car cela permet d'étudier de manière plus approfondie la sensibilité des résultats aux différents paramètres d'entrée. Cette fonctionnalité est particulièrement utile pour les applications de conception où les paramètres d'entrée de l'incendie ne sont pas connus avec exactitude, mais peut avoir une grande influence sur les résultats prédits.

Le principal avantage d'utiliser un logiciel basé sur un modèle de zone par rapport à des équations algébriques est la flexibilité que cela permet pour traiter certains effets transitoires tels que le dégagement de chaleur, les productions d'espèces, la conduction, les événements à ouverture automatique ou les ventilateurs automatiques en fonction de l'environnement incendie. Par ailleurs, certains modèles de zone permettent de traiter des scénarios multi-locaux ou avec de multiples foyers.

En revanche, l'utilisation d'une physique simplifiée signifie également que les simulations d'un scénario donné avec des modèles de zone présentent davantage de limitations dans la prédiction de l'environnement d'un feu qu'avec des modèles détaillés. Néanmoins, la précision obtenue avec un modèle de zone est suffisante pour de nombreuses applications, notamment lorsque l'incertitude dans la conception conduit à un conservatisme important dans le choix des entrées de modèle.

### 5.4 Principes, hypothèses et conséquences généraux

#### 5.4.1 Généralités

Un modèle de zone divise un local en un ou plusieurs volumes de contrôle (ou zones) avec une température et une masse volumique de gaz supposées uniformes dans l'ensemble du volume. Dans le cas le plus simple, un modèle à une seule zone peut être utilisé lorsque l'environnement d'un feu dans le local doit être traité comme un «réacteur bien mélangé», tel qu'un feu pleinement développé après un embrasement généralisé. Toutefois, pour le développement d'un feu avant un embrasement généralisé, l'approche la plus courante est de considérer deux zones séparées par une interface de couches horizontales. Des modèles de plus de deux zones (empilées verticalement) ont également été développés<sup>[3][4]</sup>, mais ils sont plus rares.

Pour les petits compartiments ayant une géométrie simple, les modèles de zone sont généralement considérés suffisamment précis pour la plupart des situations impliquant le développement d'un feu avant un embrasement généralisé à l'échelle d'un local. Cependant, cela dépendra des buts de l'analyse. L'utilisateur doit vérifier si une validation appropriée a été démontrée pour le modèle sélectionné pour le scénario considéré dans l'analyse. En [8.8](#), une discussion plus approfondie sur les limites des modèles de zone est proposée.

#### 5.4.2 Conservation de la masse et de l'énergie

Les équations fondamentales (de conservation) relatives au transfert de masse et d'énergie sont appliquées à chaque volume de contrôle. Les débits massiques entrent et sortent de chaque volume de contrôle via le panache et par les ouvertures dans le mur ou le plafond, ou par des conduits/ventilateurs constituant un système de ventilation mécanique. Il existe également des flux enthalpiques associés à chaque débit massique entrant et sortant du volume de contrôle et des transferts thermiques comme le rayonnement et le rerayonnement, ainsi que l'énergie de combustion libérée par le combustible en feu.

Les pertes de chaleur par conduction au travers de surfaces ou par rayonnement au travers d'ouvertures déterminent la chaleur nette transférée vers ou en provenance du volume de contrôle et influe sur la température moyenne des gaz du volume de contrôle.

La position de l'interface entre les zones adjacentes dépend du volume de chaque zone par rapport au volume du local. Les équations de conservation sont généralement résolues pour le volume et la température de gaz de chaque zone ainsi que la pression du local. Beaucoup d'autres formulations des équations de conservation peuvent également être utilisées<sup>[5]</sup>. La plupart des modèles de zone représentent chaque volume comme une couche horizontale de gaz avec une section transversale constante (définie par l'aire du local) et une hauteur qui varie en fonction du temps. Une section transversale constante n'est pas une condition nécessaire et certains modèles autorisent des variations avec par exemple des plafonds inclinés. Cependant, la plupart des modèles de zone supposent un compartiment de volume rectangulaire défini par une longueur, une largeur et une hauteur, et dans ce cas, la section transversale ne change pas au cours du calcul, le modèle de zone permettant ainsi une analyse unidimensionnelle avec des propriétés susceptibles de varier seulement selon la hauteur mais pas au niveau de l'aire de l'enceinte.

Les modèles de zone ne résolvent pas explicitement d'équations relatives à la conservation de la quantité de mouvement. Cela signifie que les gaz chauds sont supposés monter et se propager instantanément sous un plafond en ignorant le temps nécessaire pour que le panache et les flux de jet en plafond atteignent le plafond et se répandent aux quatre coins de l'enceinte. Cette hypothèse est généralement raisonnable pour les petites enceintes, mais pour les grandes enceintes, en pratique cela peut prendre des dizaines de secondes pour qu'un flux de gaz émis par l'incendie n'atteigne l'emplacement le plus éloigné de l'enceinte. Négliger cet effet peut être conservatif ou non conservatif, du moins en théorie, en fonction de l'objectif de conception. Par exemple, pour le temps d'activation d'un détecteur, négliger cet effet sous-estimerait le temps de détection et réduirait la marge de sécurité entre le temps d'évacuation et les conditions intenable. Toutefois, le conservatisme initial basé sur une propagation instantanée sous un plafond peut être réduit ou inversé ultérieurement après que la couche chaude a été établie avec des non-uniformités dans la position de la couche de fumée se produisant dans les compartiments de grandes dimensions en raison d'ondes de gravité, de pertes de chaleur et de perte de flottabilité, etc.

Un modèle à deux zones différencie la couche supérieure et inférieure par une différence dans les propriétés de la couche (par exemple, température, masse volumique, concentration). Chaque couche uniforme est assimilée à un gaz parfait. Il peut exister une couche supérieure à tout moment à partir du début du calcul et elle peut constituer ou non une couche réelle de fumée. Une couche supérieure exempte de fumée peut se développer par les seules conditions de ventilation en cas de différences de température ambiante entre des locaux ou entre un local et l'extérieur<sup>[6]</sup>. Toutefois cela n'aura en général que peu de conséquences lors de l'évaluation de l'environnement incendie dans le but de déterminer la surviabilité des personnes.

Les variations de température de l'air sur la hauteur d'un compartiment dans des conditions ambiantes sans incendie sont généralement ignorées. En pratique, ces gradients de température peuvent conduire à une stratification précoce de la fumée à une certaine distance sous le plafond, ce qui peut être important en cas de tentative de modéliser les performances de systèmes de détection de fumée. Ces effets ne sont généralement importants qu'au début du développement de l'incendie, lorsque les écoulements du panache sont relativement faibles et que l'augmentation de la température du gaz est faible, et encore une fois, cela n'aura en général que peu de conséquences lors de l'évaluation de l'environnement d'un incendie pour la surviabilité des personnes.

### 5.4.3 Ventilation

Les modèles de zone utilisent généralement l'équation de Bernoulli pour mettre en relation la pression et la vitesse au sein d'un écoulement fluide (incompressible), permettant de calculer le débit massique à travers l'ouverture d'un événement alors que les pertes de charges par frottement sont ignorées. Le débit massique des gaz à travers une ouverture dans un mur dépend du profil de pression hydrostatique de chaque côté de l'ouverture. Une description détaillée des équations algébriques correspondantes est donnée dans l'ISO 16737<sup>[7]</sup>.

Dans les grands bâtiments présentant des centaines ou des milliers de compartiments et une ventilation, l'utilisation d'un modèle classique de deux zones devient peu pratique, et des modèles de réseau plus efficaces<sup>[8]</sup> ont été développés, utilisant une approche plus simple de paramètres localisés pour conserver la masse, l'énergie et la quantité de mouvement au niveau des connexions de ventilation (ou nœuds). Ces modèles en réseau n'entrent pas dans le domaine d'application de la présente Spécification technique.

#### 5.4.4 Développement du feu

Normalement les modèles de zone ne modélisent pas le développement du feu, c'est-à-dire le débit calorifique réel du feu. L'utilisateur doit fournir soit le débit calorifique, soit la vitesse de pyrolyse de la masse du combustible et la chaleur de combustion. Si le modèle de zone calcule également la concentration d'oxygène dans chaque couche, alors la vitesse de combustion et le débit calorifique correspondant peuvent être limités à un niveau inférieur à celui pouvant être supporté par l'apport disponible en oxygène. Dans ce cas le modèle permet également de suivre le combustible non brûlé comme espèce supplémentaire, qui peut être susceptible de brûler dans d'autres locaux ou en dehors de l'enceinte à condition que l'oxygène disponible soit suffisant à cet endroit.

Si une quantité considérable de combustible non brûlé est présente dans des espaces éloignés du local d'origine, cela suggère que le local d'origine peut être une condition bien mélangée c'est-à-dire qu'une approche avec une seule zone est raisonnable.

Le développement du feu avant un embrasement généralisé peut être simulée sur la base des caractéristiques des matériaux combustibles réels (contenus dans le local) ou par l'utilisation d'une courbe générique de développement du feu, telle qu'une évolution de la puissance du feu en fonction du temps au carré. Dans le premier cas, sauf si le modèle est capable d'estimer l'inflammation et la combustion de foyers secondaires, la simulation ne peut être basée que sur le foyer initial et il ne sera pas possible d'évaluer l'environnement de l'incendie au-delà du temps nécessaire pour que plus d'un foyer soit impliqué en pratique. Dans le dernier cas d'une courbe générique d'évolution de la puissance du feu en fonction du temps au carré ou similaire décrivant le débit calorifique, il peut être supposé que le développement du feu continue jusqu'à ce qu'il soit limité par l'apport en oxygène, ou jusqu'à ce que la vitesse de combustion atteigne un pic supposé. Si une combustion pleinement développée ou après un embrasement généralisé doit être simulée, le modèle choisi doit avoir été validé dans ce but.

#### 5.4.5 Panaches

L'ISO 16734<sup>[9]</sup> décrit un ensemble d'équations pour les panaches de feu quasi permanents et axisymétriques.

Le feu est considéré comme un point source d'énergie et de particules qui se manifeste par un panache qui transporte de la masse de la couche inférieure à la couche supérieure au cours d'un processus appelé entraînement. Le volume du panache est supposé petit par rapport au volume du compartiment. Aucune masse ne traverse l'interface entre les couches excepté par le biais du panache et des écoulements de ventilation. À un certain stade de l'évolution d'un incendie, des écoulements gouvernés par les forces de gravité peuvent être générés en raison du refroidissement convectif des gaz en contact avec la surface des murs, entraînant le mélange de la fumée avec l'air, viciant ainsi la couche «exempte de fumée». L'entraînement est calculé en utilisant à la fois la théorie et des termes déduits empiriquement. Une variation d'environ 20 % dans l'entraînement peut être attendue entre les coefficients d'entraînement déduits empiriquement couramment utilisés<sup>[10]</sup>. Le panache est supposé ne pas être affecté par les systèmes de ventilation ou le vent ainsi que tout autre écoulement induit (par exemple dû à des apports d'air d'appoint). Si ces effets sont présents, le panache peut être perturbé ou emporté, augmentant la quantité totale d'air entraînée dans le panache et causant une augmentation de l'épaisseur de la couche supérieure et une baisse correspondante de la température. Dans les cas où ces écoulements induits sont élevés, une accumulation de fumée peut être observée dans le local.