
**Ingénierie de la sécurité incendie —
Évaluation, vérification et validation
des méthodes de calcul —**

**Partie 2:
Exemple d'un modèle de zone**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Fire safety engineering — Assessment, verification and validation of
calculation methods —
(standards.iteh.ai)
Part 2: Example of a fire zone model*

[ISO/TR 16730-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-cca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-cca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 16730-2:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-cca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013>



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
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Informations générales sur le modèle de zone étudié	1
3 Méthodologie utilisée dans ce Rapport technique	1
Annexe A (informative) Description de la méthode de calcul	2
Annexe B (informative) Description complète de l'évaluation (vérification et validation) de la méthode de calcul	8
Annexe C (informative) Cas d'étude	10
Annexe D (informative) Manuel de l'utilisateur	20
Bibliographie	21

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO/TR 16730-2:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-eca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013>

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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2, www.iso.org/directives.

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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou sur la liste ISO des déclarations de brevets reçus, www.iso.org/patents.

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 4, *Ingénierie de la sécurité incendie*.

L'ISO 16730 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Ingénierie de la sécurité incendie — Évaluation, vérification et validation des méthodes de calcul*:

- *Partie 2: Exemple d'un modèle de zone* (Rapport technique)
- *Partie 3: Exemple d'un modèle CFD* (Rapport technique)
- *Partie 4: Exemple d'un modèle structural* (Rapport technique)
- *Partie 5: Exemple d'un modèle d'évacuation* (Rapport technique)

La partie suivante est en préparation:

- *Partie 1: Généralités* (révision de l'ISO 16730:2008)

Introduction

Certaines entités et certains équipements, produits ou matériaux commerciaux sont identifiés dans ce document afin de décrire de façon appropriée une procédure ou un concept ou de retracer l'historique des procédures et pratiques utilisées. Ce type d'identification n'est pas destiné à sous-entendre une recommandation, une approbation ou une implication que ces entités, produits, matériaux ou équipements sont nécessairement les meilleurs disponibles aux fins visées. Cette identification n'implique pas non plus l'existence d'une faute ou d'une négligence de la part de l'Organisation internationale de normalisation.

Pour le cas particulier de l'exemple d'application de l'ISO 16730-1 décrit dans le présent document, l'ISO décline toute responsabilité quant à l'exactitude du code utilisé ou la validité des énoncés de vérification ou de validation pour cet exemple. La publication de cet exemple ne signifie pas que l'ISO approuve l'utilisation du logiciel ou des hypothèses du modèle qui y sont décrits, et il est précisé que d'autres méthodes de calcul existent.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16730-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-cca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-cca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16730-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-cca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-cca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013>

Ingénierie de la sécurité incendie — Évaluation, vérification et validation des méthodes de calcul —

Partie 2: Exemple d'un modèle de zone

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 16730 montre comment l'ISO 16730-1^[5] est appliquée à une méthode de calcul pour un exemple spécifique. Elle montre comment décrire de manière appropriée les aspects techniques et l'utilisation de la méthode afin de permettre l'évaluation de la méthode en vue d'une vérification et d'une validation.

L'exemple donné dans la présente partie de l'ISO 16730 décrit l'application des procédures données dans l'ISO 16730-1 à un modèle de zone (CFAST).

Le principal objectif du modèle spécifique traité ici est la simulation d'un incendie dans des compartiments confinés avec un système de ventilation naturelle ou forcée.

2 Informations générales sur le modèle de zone étudié

Le nom donné au modèle de zone étudié dans ce Rapport technique est «CFAST». CFAST est un modèle à deux zones capable de prédire l'environnement dans un bâtiment à plusieurs compartiments soumis à un incendie. Il permet de calculer l'évolution de la distribution de la fumée et des effluents gazeux du feu en fonction du temps ainsi que la température à l'intérieur d'un bâtiment au cours d'un incendie défini par l'utilisateur. Le présent Rapport technique décrit les équations qui constituent le modèle, la base physique de ces équations, et une évaluation de la sensibilité et de la capacité prédictive du modèle.

Les équations de modélisation ont la forme mathématique d'un problème à valeurs initiales pour un système d'équations différentielles ordinaires (EDO). Ces équations sont établies à partir de la conservation de la masse, la conservation de l'énergie (la première loi de la thermodynamique), la loi de gaz parfaits et diverses relations pour la densité et l'énergie interne. Elles permettent de prédire, en fonction du temps, des grandeurs comme la pression, la hauteur d'interface et la température à partir de l'accumulation de masse et d'enthalpie dans les deux couches. Le modèle consiste donc en un ensemble d'EDO pour calculer l'environnement de chaque compartiment et une série d'algorithmes permettant de calculer les termes source de masse et d'enthalpie requis par les EDO.

3 Méthodologie utilisée dans ce Rapport technique

Pour la méthode de calcul étudiée, des vérifications basées sur l'ISO 16730-1 et telles que décrites dans ce Rapport technique sont appliquées. Le présent Rapport technique répertorie dans l'[Annexe A](#) et l'[Annexe B](#) les points importants à contrôler dans la colonne de gauche des tableaux. Les points concernés sont ensuite décrits en détail et il est indiqué comment ceux-ci ont été traités au cours du développement de la méthode de calcul, dans la colonne de droite de l'[Annexe A](#) et l'[Annexe B](#) citées ci-dessus, l'[Annexe A](#) couvrant la description de la méthode de calcul et l'[Annexe B](#) la description complète de l'évaluation (vérification et validation) de la méthode de calcul spécifique. L'[Annexe C](#) décrit un cas d'étude, et l'[Annexe D](#) ajoute un manuel de l'utilisateur.

Annexe A (informative)

Description de la méthode de calcul

A.1 Objet	
Définition du problème résolu ou de la fonction exécutée	<p>Le modèle a été développé afin de résoudre des problèmes pratiques en ingénierie de la protection incendie, tout en fournissant un outil d'étude des fondamentaux de la dynamique du feu et de la propagation des fumées. Il est destiné à la modélisation systémique des bâtiments et des parties de bâtiments. Il n'est pas destiné à l'étude détaillée de l'écoulement au sein d'un compartiment telle que requise pour la pose de détecteurs de fumée.</p> <p>Volumes de l'ordre de 1 m³ à 1 000 m³ et durées de l'ordre de 1 s à plusieurs heures.</p>
Description (qualitative) des résultats de la méthode de calcul	<p>Les données de sortie du modèle sont les variables nécessaires pour évaluer l'environnement d'un bâtiment soumis à un incendie. Celles-ci incluent la température des couches supérieure et inférieure de gaz dans chaque compartiment, la température du plafond, des murs et du plancher dans chaque compartiment, la fumée visible et les concentrations d'espèces de gaz dans chaque couche, la température des cibles et le délai d'activation des sprinklers.</p>
Justifications et études de faisabilité	<p>Le modèle prédit l'environnement, au sein de bâtiments compartimentés, résultant d'un feu défini par l'utilisateur. Il s'agit d'un exemple de la classe des modèles par éléments finis. Cette configuration particulière est appelée un modèle de zone, le point essentiel étant que l'espace à modéliser est divisé en plusieurs éléments. Dans un compartiment en feu, les phénomènes physiques sont dominés par les écoulements de fluides, principalement les effets de flottabilité. L'ensemble des éléments comprend habituellement les zones relatives aux couches supérieure et inférieure de gaz, trois parties relatives respectivement au plafond, aux murs et au plancher, une ou plusieurs zones de panaches et des objets tels que les feux, les cibles et les détecteurs. L'une des caractéristiques de cette configuration de modèle par éléments finis est que l'interface entre les éléments (dans ce cas, les couches supérieure et inférieure de gaz) peut bouger, sa position étant définie par les équations déterminantes.</p> <p>La Bibliographie jointe [Références 1 à 4] présente un compendium de tous les essais de validation qui ont été réalisés.</p>

A.2 Théorie	
Modèle conceptuel sous-jacent (phénomène déterminant)	Les équations de modélisation ont la forme mathématique d'un problème à valeurs initiales pour un système d'équations différentielles ordinaires. Ces équations sont établies à partir de la conservation de la masse, la conservation de l'énergie (la première loi de la thermodynamique) et la loi de gaz parfaits. Elles permettent de prédire, en fonction du temps, des grandeurs comme la pression, la hauteur d'interface et la température à partir de l'accumulation de masse et d'enthalpie dans les deux couches. L'hypothèse d'un modèle de zone est que des propriétés telles que la température peuvent être approximées par une valeur moyenne à l'intérieur d'un volume de contrôle.
Base théorique des phénomènes et des lois physiques sur lesquels repose la méthode de calcul	Les équations utilisées ont la forme mathématique d'un problème à valeurs initiales pour un système d'équations différentielles ordinaires. Ces équations sont établies à partir de la conservation de la masse, la conservation de l'énergie (la première loi de la thermodynamique), la loi de gaz parfaits et diverses relations pour la densité et l'énergie interne. Elles permettent de prédire, en fonction du temps, des grandeurs comme la pression, la hauteur d'interface et la température à partir de l'accumulation de masse et d'enthalpie dans les deux couches.

A.3 Mise en œuvre de la théorie	
Équations déterminantes	<p>Les équations de modélisation utilisées ont la forme mathématique d'un problème à valeurs initiales pour un système d'équations différentielles ordinaires. Ces équations sont établies à partir de la conservation de la masse, la conservation de l'énergie (la première loi de la thermodynamique) et la loi de gaz parfaits. Elles permettent de prédire, en fonction du temps, des grandeurs comme la pression, la hauteur d'interface et les températures à partir de l'accumulation de masse et d'enthalpie dans les deux couches. L'hypothèse d'un modèle de zone est que des propriétés telles que la température peuvent être approximées par une valeur moyenne à l'intérieur d'un volume de contrôle.</p> <p>La formulation utilise les définitions de la densité, de l'énergie interne et de la loi de gaz parfaits. Des débits représentent les échanges de masse et d'enthalpie entre les zones du fait de phénomènes physiques tels que les panaches, la ventilation naturelle ou forcée, le transfert de chaleur par convection ou par rayonnement, etc. Par exemple, une ouverture échange de la masse et de l'enthalpie entre les zones connectées par celle-ci, un panache de feu apporte de la chaleur à la couche supérieure et entraîne un transfert de masse et d'enthalpie de la couche inférieure vers la couche supérieure, et la convection transfère de l'enthalpie des couches de gaz aux parois du local.</p>
Techniques mathématiques, procédures et algorithmes de calcul utilisés, avec leurs références	<p>Les équations utilisées dans la modélisation du feu par zone sont des équations différentielles ordinaires (EDO) raides. Le terme raide signifie que de grandes variations temporelles sont présentes dans la solution des EDO. Dans notre problème, les variations de pression sont plus rapides que d'autres grandeurs comme les températures de couche ou les hauteurs d'interface. Des solveurs spécifiques sont généralement requis pour résoudre les EDO utilisées dans la modélisation du feu par zone du fait de leur raideur, lesquels sont utilisés ici.</p> <p>Deux hypothèses permettent de réduire le temps de calcul. La première est que relativement peu de zones ou d'éléments par compartiment suffisent pour modéliser la situation physique. La deuxième hypothèse est de fermer l'ensemble des équations sans utiliser l'équation de quantité de mouvement au sein des compartiments. Cette simplification élimine les problèmes d'ondes acoustiques. Bien que cela empêche de calculer les ondes de gravité dans les compartiments (ou entre les compartiments), avec seulement quelques éléments par compartiment ces hypothèses permettent une prédiction très rapide dans un espace grand et complexe.</p>

A.3 Mise en œuvre de la théorie	
Identification de chaque hypothèse incluse dans la logique; limitations applicables aux paramètres d'entrée dues au domaine d'applicabilité de la méthode de calcul	<p>Le modèle a été développé afin de résoudre des problèmes pratiques en ingénierie de la protection incendie, tout en fournissant un outil d'étude des fondamentaux de la dynamique du feu et de la propagation des fumées. Il est destiné à la modélisation systémique des bâtiments et des parties de bâtiments. Il n'est pas destiné à l'étude détaillée de l'écoulement au sein d'un compartiment telle que requise pour la pose de détecteurs de fumée. Il inclut l'activation de sprinklers et l'extinction du feu par pulvérisation d'eau.</p> <p>L'utilisation la plus courante du modèle concerne la propagation du feu et de la fumée dans les bâtiments complexes. L'efficacité et la vitesse du calcul sont inhérentes à la faible puissance informatique requise pour la mise en œuvre du modèle de zone. Le modèle est majoritairement utilisé pour déterminer le déroulement chronologique de la propagation du feu et des fumées dans le cadre de reconstitutions d'incendies domestiques, commerciaux et industriels. Certaines applications du modèle ont eu pour but le dimensionnement de systèmes de désenfumage.</p>
	<p>Compartiments: Le modèle se limite généralement aux situations dans lesquelles les volumes au sein du compartiment sont fortement stratifiés. Toutefois, afin de faciliter l'utilisation du modèle pour des estimations préliminaires avant qu'un calcul plus sophistiqué soit finalement réalisé, il existe des algorithmes relatifs à l'écoulement dans les couloirs, à l'activation de détecteurs de fumée et à la conduction précise de la chaleur au travers de surfaces solides. Ce modèle peut être utilisé pour des compartiments non rectangulaires, bien que l'application soit prévue pour être limitée à des espaces relativement simples tels que des greniers et des couloirs de navires. Il n'est pas prévu d'inclure des géométries complexes lorsque les forces d'entraînement induisent un champ d'écoulement complexe. Pour ces applications, les modèles de champs CFD (Computational Fluid Dynamics) sont appropriés.</p>
	<p>Il existe également des limitations inhérentes à l'hypothèse de stratification des couches de gaz. Le concept de modèle de zone, par définition, implique une frontière nette entre les couches supérieure et inférieure, alors que dans la réalité, la transition se fait généralement sur environ 10 % de la hauteur du compartiment et peut-être plus dans le cas d'un écoulement faiblement stratifié. Par exemple, une cigarette qui brûle dans une pièce n'entre pas dans le champ d'application d'un modèle de zone. Même s'il est possible de faire des prédictions avec une précision de 5 % en ce qui concerne la température réelle des couches de gaz, ce n'est pas l'utilisation optimale du modèle. Il est plus approprié pour évaluer la propagation du feu (et non des flammes) et de la fumée, la détection de la fumée, ainsi que la sécurité des personnes.</p>
	<p>Débit calorifique: Il existe des limitations inhérentes aux hypothèses utilisées dans les modèles empiriques. En règle générale, il convient que le débit calorifique ne dépasse pas environ 1 MW/m³. Il s'agit d'une limitation sur les routines numériques due au couplage entre le débit de gaz et le transfert thermique au travers des frontières (conduction, convection et rayonnement). Il est probable que l'hypothèse de stratification parfaite des deux couches ne soit plus valable bien avant que cette limite ne soit atteinte.</p>
	<p>Rayonnement: Étant donné que le modèle inclut un modèle de rayonnement sophistiqué et des algorithmes pour la ventilation, il peut également être utilisé pour étudier la contamination des bâtiments à travers le système de ventilation, ainsi que l'effet cheminée et l'effet du vent sur la circulation de l'air dans les bâtiments.</p>

A.3 Mise en œuvre de la théorie

	<p><u>Ventilation et fuites</u>: Dans un compartiment, il convient que le rapport entre la surface des ouvertures reliant un compartiment à un autre et le volume du compartiment ne dépasse pas 2 m^{-1} environ. Il s'agit d'une limitation sur l'hypothèse de l'écoulement piston pour les ouvertures. Une limitation importante concerne l'incertitude liée à la spécification des scénarios. Par exemple, les fuites dans les bâtiments sont significatives, et cela affecte les calculs d'écoulement, notamment lorsque le vent est présent et d'autant plus lorsque les bâtiments sont de grande hauteur. Ces effets peuvent prendre le pas sur les limitations concernant la précision de la mise en œuvre du modèle. La précision globale du modèle est étroitement liée au soin apporté aux données d'entrée et à leur degré de précision et de complétude.</p>
	<p><u>Propriétés thermiques</u>: La précision des prédictions du modèle est limitée par la capacité de l'utilisateur à spécifier correctement les propriétés thermo-physiques. Par exemple, la fraction de combustible convertie en suies a un effet important sur l'absorption du rayonnement de la couche de gaz et par conséquent sur le rapport entre l'échauffement par convection et l'échauffement par rayonnement des couches et des murs, ce qui a une incidence sur la flottabilité et l'écoulement. Le degré d'incertitude des prédictions est plus élevé si les propriétés des matériaux et des combustibles réels sont inconnues ou difficiles à obtenir, ou si les processus physiques de la combustion, du rayonnement et du transfert thermique sont plus compliqués que leurs représentations mathématiques dans le modèle.</p>

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16730-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-cca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8af17376-cca8-47f1-bb15-20c87e37f206/iso-tr-16730-2-2013>