

---

---

**Ingénierie de la sécurité incendie —  
Exigences régissant les équations  
algébriques — Écoulements au travers  
d'une ouverture**

*Fire safety engineering — Requirements governing algebraic  
formulas — Vent flows*

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

ISO 16737:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-b91-291c078981fc/iso-16737-2006>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

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

[ISO 16737:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-b91-291c078981fc/iso-16737-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-b91-291c078981fc/iso-16737-2006>

© ISO 2006

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du 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

Avant-propos.....	iv
Introduction .....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	2
4 <b>Exigences régissant la description de phénomènes physiques</b> .....	2
5 <b>Exigences régissant la documentation</b> .....	2
6 <b>Exigences régissant les limites</b> .....	2
7 <b>Exigences régissant les paramètres d'entrée</b> .....	3
8 <b>Exigences régissant le domaine d'application</b> .....	3
<b>Annexe A (informative) Aspects généraux des écoulements au travers d'une ouverture</b> .....	4
<b>Annexe B (informative) Équations spécifiques pour des écoulements au travers d'une ouverture satisfaisant aux exigences de l'Annexe A</b> .....	9
<b>Bibliographie</b> .....	23

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-b91-291c078981fc/iso-16737-2006>  
 (standards.iteh.ai)

## 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.

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 16737 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 4, *Ingénierie de la sécurité incendie*.

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

[ISO 16737:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-bf91-291c078981fc/iso-16737-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-bf91-291c078981fc/iso-16737-2006>

## Introduction

La présente Norme internationale est destinée à être utilisée par des spécialistes de la sécurité incendie qui se servent de méthodes de calcul technique de sécurité incendie. Ce sont notamment des ingénieurs en sécurité incendie; des autorités compétentes, comme des responsables de l'autorité territoriale; du personnel des services incendie; des contrôleurs et des responsables de l'élaboration de codes. Les utilisateurs de la présente Norme internationale sont censés être suffisamment qualifiés et compétents dans le domaine de la technique de la sécurité incendie. Il est particulièrement important que les utilisateurs comprennent les paramètres selon lesquels des méthodologies particulières peuvent être utilisées.

Des équations algébriques conformes aux exigences de la présente Norme internationale sont utilisées avec d'autres méthodes de calcul technique lors de la conception de la sécurité incendie. Cette conception est précédée par la mise en place d'un contexte intégrant les objectifs à remplir en matière de sécurité incendie ainsi que des critères de performance lorsqu'une ébauche de conception de sécurité incendie est soumise à des scénarios spécifiques d'incendie de référence. Les méthodes de calcul technique sont utilisées pour définir si ces critères de performance sont satisfaits par une conception particulière et si ce n'est pas le cas, comment la conception doit être modifiée.

Les sujets des calculs techniques incluent la conception de sécurité incendie d'environnements construits entièrement nouveaux, comme des bâtiments, des navires ou des véhicules, ainsi que l'évaluation de la sécurité incendie de bâtiments construits existants.

Les équations algébriques évoquées dans la présente Norme internationale sont très utiles pour quantifier les conséquences de scénarios d'incendies de référence. Ces équations sont particulièrement précieuses pour permettre au spécialiste de déterminer très rapidement comment il convient de modifier une ébauche de conception de sécurité incendie pour qu'elle satisfasse à des critères de performance, sans avoir à passer du temps sur des calculs numériques détaillés jusqu'à l'étape de la documentation finale de la conception. Parmi les domaines où des équations algébriques ont été appliquées, on trouve la détermination de l'échange thermique, convectif et rayonné, depuis des panaches de feu, la prévision de propriétés des écoulements en jet sous plafond régissant les délais de réponse des détecteurs, le calcul du transport de fumée par des ouvertures d'événements et l'analyse de risques d'incendie de compartiments comme le remplissage de fumée et l'embrasement généralisé instantané.

Les équations algébriques évoquées dans la présente Norme internationale sont essentielles pour vérifier les résultats de modèles numériques complets qui calculent le développement d'un incendie et ses conséquences.

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

ISO 16737:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-b91-291c078981fc/iso-16737-2006>

# Ingénierie de la sécurité incendie — Exigences régissant les équations algébriques — Écoulements au travers d'une ouverture

## 1 Domaine d'application

**1.1** Les exigences de la présente Norme internationale régissent l'application d'ensembles d'équations algébriques explicites pour le calcul de caractéristiques spécifiques des écoulements au travers d'une ouverture.

**1.2** La présente Norme internationale est une mise en œuvre des exigences générales établies dans l'ISO/TR 13387-3 pour le cas de calculs dynamiques d'incendie, associant des ensembles d'équations algébriques explicites.

**1.3** La présente Norme internationale est organisée sous forme d'un modèle, où les informations spécifiques relatives aux équations algébriques des écoulements au travers d'une ouverture sont fournies pour répondre aux types suivants d'exigences générales.

- a) description de phénomènes physiques abordés par la méthode de calcul;
- b) documentation du mode opératoire de calcul et sa base scientifique;
- c) limites de la méthode de calcul; <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-bf91-291c078981fc/iso-16737-2006>
- d) paramètres d'entrée pour la méthode de calcul;
- e) domaine d'application de la méthode de calcul.

**1.4** Des exemples d'ensembles d'équations algébriques répondant à toutes les exigences de la présente Norme internationale seront fournis dans des annexes séparées de celle-ci pour chaque type différent de scénario d'écoulements au travers d'une ouverture. Actuellement, il existe une annexe informative contenant des informations générales et des relations de conservation pour les écoulements au travers d'une ouverture et une seconde annexe informative avec des équations algébriques spécifiques pour le calcul des caractéristiques des écoulements au travers d'une ouverture.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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/TR 13387-3, *Ingénierie de la sécurité contre l'incendie — Partie 3: Évaluation et vérification des modèles mathématiques*

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 s'appliquent.

NOTE Voir chaque annexe pour les termes et définitions spécifiques à cette annexe.

### 4 Exigences régissant la description de phénomènes physiques

4.1 L'effet de flottabilité au travers d'une ouverture résultant d'un incendie dans un espace clos ayant une ou plusieurs ouvertures est un phénomène thermophysique complexe qui peut être extrêmement transitoire ou proche d'un état quasi stationnaire. Les écoulements au travers d'une ouverture peuvent contenir des régions associées à la combustion avec flammes et des régions où aucune combustion ne se produit. Outre la poussée, les écoulements au travers d'une ouverture peuvent être influencés par des forces dynamiques dues au vent extérieur ou à des ventilateurs mécaniques.

4.2 Des types généraux de conditions de limite de débit et d'autres éléments de scénarios auxquels l'analyse est applicable doivent être décrits à l'aide de diagrammes.

4.3 Les caractéristiques des écoulements au travers d'une ouverture à calculer et leurs plages utiles doivent être clairement identifiées, y compris les caractéristiques déduites par association avec des quantités calculées.

4.4 Des éléments de scénarios (par exemple un environnement à deux couches, un mélange uniforme, etc.) auxquels des équations spécifiques s'appliquent doivent être clairement identifiés.

4.5 Du fait que des équations différentes décrivent des caractéristiques différentes d'écoulements au travers d'une ouverture (voir 4.3) ou s'appliquent à des scénarios différents (voir 4.4), il doit être montré que s'il existe plusieurs méthodes pour calculer une quantité donnée, le résultat est indépendant de la méthode utilisée.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-bf91-291c078981fc/iso-16737-2006>

### 5 Exigences régissant la documentation

5.1 Les exigences générales régissant la documentation se trouvent dans l'ISO/TR 13387-3.

5.2 Le mode opératoire à suivre dans l'exécution des calculs doit être décrit par l'intermédiaire d'un ensemble d'équations algébriques.

5.3 Chaque équation doit être présentée dans un paragraphe séparé contenant une phrase qui décrit le résultat de l'équation, ainsi que des notes explicatives et des limites concernant uniquement l'équation présentée.

5.4 Chaque variable de l'ensemble d'équations doit être clairement définie, ainsi que les unités SI appropriées, bien que les versions d'équations avec des coefficients sans dimension soient privilégiées.

5.5 La base scientifique de l'ensemble d'équations doit être fournie par référence à des manuels reconnus, la littérature scientifique revue par des pairs ou par des dérivations, selon le cas le plus approprié.

5.6 Des exemples doivent démontrer comment l'ensemble d'équations est évalué, en utilisant des valeurs pour tous les paramètres d'entrée cohérents avec les exigences de l'Article 4.

### 6 Exigences régissant les limites

6.1 Des limites quantitatives à l'application directe de l'ensemble d'équations algébriques pour calculer des paramètres de sortie cohérents avec les scénarios décrits dans l'Article 4 doivent être prévues.



**6.2** Des avertissements sur l'utilisation de l'ensemble d'équations algébriques à l'intérieur d'une méthode de calcul plus générale doivent être prévus et inclure des vérifications de cohérence avec les autres relations utilisées dans la méthode de calcul et les procédures numériques utilisées. Par exemple, l'utilisation d'un ensemble donné d'équations pour les écoulements au travers d'une ouverture dans un modèle de zone peut produire des résultats incohérents avec ceux provenant d'un autre ensemble d'équations pour les couches de fumée dans le modèle de zone, où l'écoulement au travers d'une ouverture est provoqué par une couche de fumée, ce qui entraîne des erreurs.

## 7 Exigences régissant les paramètres d'entrée

**7.1** Les paramètres d'entrée pour l'ensemble d'équations algébriques doivent être clairement définis, comme le débit calorifique ou les dimensions géométriques.

**7.2** Les sources des données des paramètres d'entrée doivent être définies ou fournies de façon explicite dans la Norme internationale.

**7.3** Les plages valables des paramètres d'entrée doivent être énumérées comme spécifié dans l'ISO/TR 13387-3.

## 8 Exigences régissant le domaine d'application

**8.1** Un ou plusieurs recueils de données de mesure doivent être définis pour établir le domaine d'application de l'ensemble d'équations. Ces données doivent avoir un niveau de qualité (par exemple répétabilité, reproductibilité) évalué par une procédure documentée/normalisée [voir l'ISO 5725 (toutes les parties)].

**8.2** Le domaine d'application des équations algébriques doit être défini par comparaison avec les données de mesure de 8.1, suivant les principes d'évaluation, de vérification et de validation des méthodes de calcul.

**8.3** Des sources potentielles d'erreur qui limitent l'ensemble d'équations algébriques aux scénarios spécifiques donnés dans l'Article 4 doivent être identifiées, par exemple l'hypothèse d'une ou de plusieurs couches de gaz uniformes dans le volume clos.

## Annexe A (informative)

### Aspects généraux des écoulements au travers d'une ouverture

#### A.1 Termes et définitions utilisés dans l'Annexe A

Les termes et définitions donnés dans l'ISO 13943 et les suivants s'appliquent.

##### A.1.1

###### limite

surface qui définit l'étendue d'un volume clos

##### A.1.2

###### plan de référence

élévation utilisée comme élévation de référence pour l'évaluation des profils de pression hydrostatique

##### A.1.3

###### volume clos

pièce, espace ou volume qui est limité par des surfaces

##### A.1.4

###### coefficient d'écoulement

facteur d'efficacité empirique qui tient compte de la différence entre le débit réel et le débit théorique par une ouverture

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO 16737:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-bf91-291c078981fc/iso-16737-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b97af1e-3781-41d9-bf91-291c078981fc/iso-16737-2006>

##### A.1.5

###### pression hydrostatique

gradient de pression atmosphérique associé à l'élévation

##### A.1.6

###### position de l'interface

###### hauteur de la couche de fumée

élévation de l'interface de la couche de fumées par rapport à l'élévation de référence, généralement l'élévation de la limite la plus basse du volume clos

##### A.1.7

###### hauteur du plan neutre

élévation à laquelle la pression à l'intérieur d'un volume clos est la même que la pression extérieure au volume clos

##### A.1.8

###### différentiel de pression

différence entre la pression à l'intérieur d'un volume clos et à l'extérieur du volume clos à une élévation spécifiée

##### A.1.9

###### fumée

courant de particules solides et liquides et de gaz dans l'air qui évolue lorsqu'un matériau subit une pyrolyse ou une combustion, avec une quantité d'air qui est entraînée ou autrement mélangée dans le courant

**A.1.10****couche de fumée  
couche chaude supérieure  
couche de gaz chauds**

volume relativement homogène de fumée qui se forme et qui s'accumule au-dessous de la limite ayant l'élévation la plus haute dans un volume clos en conséquence d'un incendie

**A.1.11****interface de la couche de fumée**

plan horizontal séparant la couche de fumée de la couche inférieure de l'air relativement exempt de fumée

**A.1.12****ouverture**

ouverture dans une limite de volume clos par lequel l'air et la fumée peuvent s'écouler grâce à des forces induites naturellement ou mécaniquement

**A.1.13****écoulement au travers d'une ouverture**

écoulement de fumée ou d'air par une ouverture dans une limite de volume clos

**A.2 Symboles et abréviations utilisés dans l'Annexe A**

$A_{\text{vent}}$	surface de l'ouverture (m <sup>2</sup> )
$B_{\text{vent}}$	largeur de l'ouverture (m)
$C_D$	coefficient de l'écoulement (—)
$g$	accélération due à la gravité (m·s <sup>-2</sup> )
$H_l$	hauteur du bord inférieur de l'ouverture au-dessus de l'élévation de référence (m)
$H_u$	hauteur du bord supérieur de l'ouverture au-dessus de l'élévation de référence (m)
$\max(x_1, x_2)$	maximum de $x_1$ et de $x_2$
$\dot{m}_{ij}$	débit massique de fumée s'écoulant d'un volume clos $i$ à un espace adjacent $j$ (kg·s <sup>-1</sup> )
$\dot{m}_{ji}$	débit massique de fumée s'écoulant d'un espace adjacent $j$ à un volume clos $i$ (kg·s <sup>-1</sup> )
$p_i(z)$	pression dans un volume clos $i$ à la hauteur $z$ au-dessus de l'élévation de référence (Pa)
$p_j(z)$	pression dans un volume clos $j$ à la hauteur $z$ au-dessus de l'élévation de référence (Pa)
$v$	vitesse de l'écoulement (m·s <sup>-1</sup> )
$\rho_i$	masse volumique de la fumée (ou de l'air) dans le volume clos $i$ (kg·m <sup>-3</sup> )
$\rho_j$	masse volumique de la fumée (ou de l'air) dans le volume clos $j$ (kg·m <sup>-3</sup> )
$\Delta p_{ij}(z)$	différentiel de pression entre les volumes clos $i$ et $j$ à la hauteur $z$ ; c'est-à-dire $p_i(z) - p_j(z)$ , (Pa)
$z$	hauteur au-dessus de l'élévation de référence (m)

### A.3 Description de phénomènes physiques abordés par l'ensemble d'équations

La présente annexe est destinée à documenter les méthodes générales qui peuvent servir à calculer le débit massique par une ouverture. L'ensemble d'équations repose sur la théorie d'écoulements par un orifice.

#### A.3.1 Description générale de la méthode de calcul

Les méthodes de calcul permettent le calcul des écoulements au travers d'une ouverture dans des limites de volumes clos résultant de différentiels de pression qui se développent entre un volume clos et les espaces adjacents, à la suite de différences de température entre le volume clos et les espaces adjacents. Les différentiels de pression peuvent également résulter de la détente des gaz d'incendie, de la ventilation mécanique, du vent ou d'autres forces agissant sur les limites de volumes clos et les ouvertures, mais ces forces ne sont pas abordées dans la présente norme. À partir d'un différentiel de pression en travers d'une ouverture et les températures du volume clos et les espaces adjacents que l'ouverture relie, le débit massique est calculé au moyen d'une théorie des écoulements par des orifices.

Les propriétés d'un volume clos, comme la hauteur de l'interface de la couche de fumée, la température et d'autres propriétés, sont calculées grâce au principe de la conservation de la chaleur et de la masse pour la couche de fumée. L'écoulement au travers d'une ouverture est alors calculé au moyen de la conservation de la chaleur et de la masse pour les débits par les limites. La description des propriétés de la couche de fumée est donnée dans l'ISO 16735.

#### A.3.2 Caractéristiques de l'écoulement au travers d'une ouverture à calculer

Les équations fournissent le débit massique, l'enthalpie et les espèces chimiques de l'écoulement.

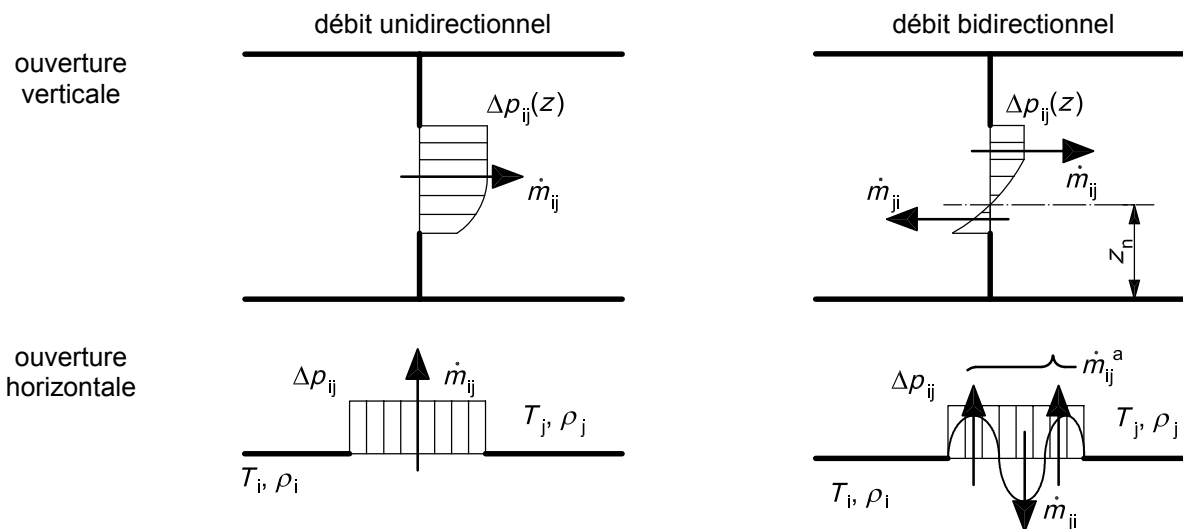
(standards.iteh.ai)

### A.4 Documentation de l'ensemble d'équations

ISO 16737:2006

#### A.4.1 Ensembles d'équations

La vitesse de l'écoulement au travers d'ouvertures est calculée conformément à la théorie sur l'écoulement par des orifices, basée sur l'application de l'équation de Bernoulli. Des méthodes pour calculer les écoulements au travers d'une ouverture sont développées pour les conditions montrées à la Figure A.1.



<sup>a</sup> Le débit est instable. Pas d'équation explicite disponible actuellement.

Figure A.1 — Conditions de calcul des écoulements au travers d'une ouverture