

# PROJET DE NORME INTERNATIONALE

## ISO/DIS 24678-5

ISO/TC 92/SC 4

Secrétariat: AFNOR

Début de vote:  
2022-07-08

Vote clos le:  
2022-09-30

---

---

## Ingénierie de la sécurité incendie — Exigences régissant les formules algébriques —

### Partie 5: Ecoulements au travers d'une ouverture

*Fire safety engineering — Requirements governing algebraic formulae —  
Part 5: Vent flows*

ICS: 13.220.01

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO/PRF 24678-5](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1775a31a-a3ab-4868-96c9-fbf46a29c87e/iso-prf-24678-5)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1775a31a-a3ab-4868-96c9-fbf46a29c87e/iso-prf-24678-5>

CE DOCUMENT EST UN PROJET DIFFUSÉ POUR OBSERVATIONS ET APPROBATION. IL EST DONC SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION ET NE PEUT ÊTRE CITÉ COMME NORME INTERNATIONALE AVANT SA PUBLICATION EN TANT QUE TELLE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

Le présent document est distribué tel qu'il est parvenu du secrétariat du comité.



Numéro de référence  
ISO/DIS 24678-5:2022(F)

© ISO 2022

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO/PRF 24678-5](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1775a31a-a3ab-4868-96c9-fbf46a29c87e/iso-prf-24678-5)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1775a31a-a3ab-4868-96c9-fbf46a29c87e/iso-prf-24678-5>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2022

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
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>Exigences régissant la description des phénomènes physiques</b> .....	<b>1</b>
<b>5</b> <b>Exigences régissant le processus de calcul</b> .....	<b>2</b>
<b>6</b> <b>Exigences régissant les limites</b> .....	<b>2</b>
<b>7</b> <b>Exigences régissant les paramètres d'entrée</b> .....	<b>2</b>
<b>8</b> <b>Exigences régissant le domaine d'application</b> .....	<b>2</b>
<b>9</b> <b>Exemple de documentation</b> .....	<b>2</b>
<b>Annexe A (informative) Formules pour les écoulements au travers d'une ouverture</b> .....	<b>3</b>
<b>Annexe B (informative) Exemples de valeurs de coefficient de débit</b> .....	<b>44</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>48</b>

ISO/PRF 24678-5

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1775a31a-a3ab-4868-96c9-fbf46a29c87e/iso-prf-24678-5>

## 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 (IEC) 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/IEC, 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/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée 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 brevets. 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 dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant : [www.iso.org/iso/fr/avant-propos](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos).

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

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 16737:2006), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes :

- le corps principal du texte a été simplifié par l'introduction d'une référence à la Partie 1 de la présente norme ;
- les anciennes Annexes A et B ont été fusionnées en une nouvelle Annexe A ;
- des comparaisons avec des données expérimentales ont été ajoutées à l'Annexe A ;
- une nouvelle Annexe B a été ajoutée pour décrire les exemples des valeurs de coefficient de débit.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 24678 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Le présent document est destiné à être utilisé par les praticiens de la sécurité incendie impliqués dans les méthodes de calcul utilisées dans l'ingénierie de la sécurité incendie. Il est attendu que les utilisateurs du présent document possèdent une qualification et une compétence appropriées dans le domaine de l'ingénierie de la sécurité incendie. Il est particulièrement important que les utilisateurs comprennent les paramètres pour lesquels des méthodologies particulières peuvent être employées.

Les formules algébriques conformes aux exigences de la présente norme sont utilisées conjointement avec d'autres méthodes de calcul d'ingénierie lors de la conception de la sécurité contre l'incendie. Cette conception est précédée de la détermination d'un contexte, y compris les buts et objectifs de sécurité contre l'incendie à atteindre, ainsi que de critères de performance lorsqu'un plan expérimental de sécurité incendie est confronté à des scénarios d'incendie de dimensionnement spécifiés. Les méthodes de calcul d'ingénierie sont utilisées pour déterminer si ces critères de performance seront satisfaits par une conception donnée et, dans la négative, la manière dont la conception nécessite d'être modifiée.

Les aspects couverts par les calculs d'ingénierie incluent la conception de la sécurité incendie des environnements bâtis entièrement neufs, par exemple les bâtiments, les navires ou les véhicules, ainsi que l'évaluation de la sécurité incendie des environnements bâtis existants.

Les formules algébriques mentionnées dans la présente norme peuvent être utiles pour estimer les conséquences des scénarios d'incendie de dimensionnement. Ces formules sont utiles dans la mesure où elles permettent au praticien de déterminer rapidement la manière dont il est nécessaire de modifier un plan de sécurité incendie proposé pour répondre aux critères de performance, et de le comparer avec de multiples plans expérimentaux. Des calculs numériques détaillés peuvent être réalisés jusqu'à l'étape de documentation de la conception finale. Les domaines dans lesquels des formules algébriques se sont révélées applicables comprennent, par exemple, la détermination du transfert thermique convectif et radiatif des panaches de feu, la prédiction des propriétés des écoulements en jet sous plafond régissant les temps de réponse des détecteurs, le calcul du transport de la fumée dans les ouvertures de ventilation et l'analyse des dangers d'un feu en compartiment tels que le remplissage par la fumée et l'embrasement généralisé. Cependant, les modèles simples ont souvent des limites contraignantes et sont moins susceptibles d'inclure les effets des multiples phénomènes qui se produisent dans les scénarios d'incendie de dimensionnement.

Les principes généraux sont décrits dans l'ISO 23932-1, qui fournit une méthodologie axée sur les performances permettant aux ingénieurs d'évaluer le niveau de sécurité incendie des environnements bâtis neufs ou existants. La sécurité incendie est évaluée selon une approche d'ingénierie reposant sur la quantification du comportement au feu et sur la connaissance des conséquences d'un tel comportement sur les personnes, les biens et l'environnement. L'ISO 23932-1 décrit le processus (à savoir, les étapes nécessaires) et les éléments essentiels pour mener à bien une conception de la sécurité incendie robuste et axée sur les performances.

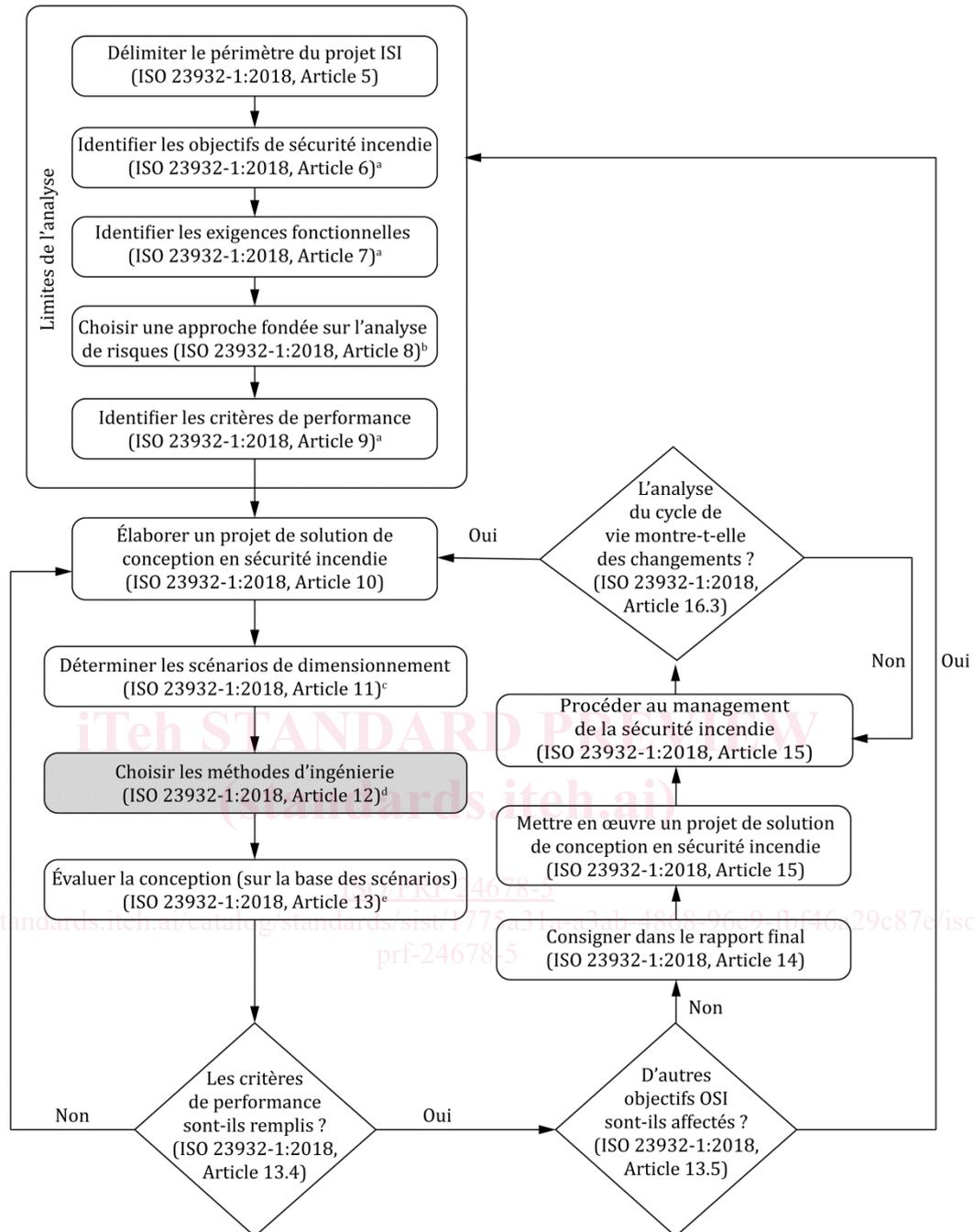
L'ISO 23932-1 s'appuie sur un ensemble de Normes internationales et de Spécifications techniques relatives à l'ingénierie de la sécurité incendie, qui contiennent les méthodes et les données nécessaires aux étapes de la conception d'un processus d'ingénierie de la sécurité incendie résumées à la Figure 1 (issue de l'ISO 23932-1:2018, Article 4). Cet ensemble de documents est appelé Système global d'information et d'analyse de l'ingénierie de la sécurité incendie. Cette approche globale ainsi que le système de normes permettent de mieux comprendre les interactions qui existent entre les évaluations des incendies lorsque l'ensemble de documents relatif à l'ingénierie de la sécurité incendie est utilisé. Cet ensemble comprend l'ISO 16732-1, l'ISO 16733-1, l'ISO 16734, l'ISO 16735, l'ISO 16736, l'ISO 16737, l'ISO 24678, l'ISO/TS 24679, l'ISO 16730-1, l'ISO/TS 29761, l'ISO/TS 13447 ainsi que d'autres Rapports techniques d'accompagnement qui fournissent des exemples et des recommandations relatives à l'application de ces documents.

Chaque document se rapportant au système global d'information et d'analyse de l'ingénierie de la sécurité incendie comprend, dans son introduction, du vocabulaire permettant de relier ledit document aux étapes correspondantes du processus de conception en ingénierie de la sécurité incendie présenté dans l'ISO 23932-1. L'ISO 23932-1 exige que les méthodes d'ingénierie soient sélectionnées de manière appropriée afin de prédire les conséquences d'un incendie dans le cadre de scénarios et d'éléments de scénario spécifiques (ISO 23932:2018, Article 12). Conformément aux exigences de l'ISO 23932-1, le présent document spécifie les exigences régissant les formules algébriques liées à l'ingénierie de la sécurité incendie. Cette étape du processus de l'ingénierie de la sécurité incendie est présentée dans l'encadré grisé de la Figure 1 et décrite dans l'ISO 23932-1.

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

[ISO/PRF 24678-5](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1775a31a-a3ab-4868-96c9-fbf46a29c87e/iso-prf-24678-5)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1775a31a-a3ab-4868-96c9-fbf46a29c87e/iso-prf-24678-5>



<sup>a</sup> Voir également l'ISO/TR 16576 (exemples).

<sup>b</sup> Voir également l'ISO 16732-1, l'ISO 16733-1, l'ISO/TS 29761.

<sup>c</sup> Voir également l'ISO 16732-1, l'ISO 16733-1, l'ISO/TS 29761.

<sup>d</sup> Voir également l'ISO/TS 13447, l'ISO 16730-1, l'ISO/TR 16730-2 à 5 (exemples), l'ISO 16735, l'ISO 16736, l'ISO 16737, l'ISO/TR 16738, l'ISO 24678.

<sup>e</sup> Voir également l'ISO/TR 16738, l'ISO 16733-1.

NOTE Documents liés à des parties importantes du processus de conception en ingénierie de la sécurité incendie : ISO 16732-1, ISO 16733-1, ISO 24678, ISO/TS 24679-1, ISO/TS 29761, ISO/TR 16732-2 et ISO/TR 16732-3 (exemples), ISO/TR 24679-2, ISO/TR 24679-4, ISO/TR 24679-5 et ISO/TR 24679-6 (exemples).

**Figure 1 — Diagramme illustrant le processus de conception en ingénierie de la sécurité incendie (ISI) (issu de l'ISO 23932-1:2018)**

# Ingénierie de la sécurité incendie — Exigences régissant les formules algébriques — Partie 5 : Écoulements au travers d'une ouverture

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences régissant l'application d'ensembles de formules algébriques explicites pour le calcul de caractéristiques spécifiques des écoulements au travers d'une ouverture.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 13943:2017, *Sécurité au feu — Vocabulaire*.

ISO 24678-1:2019, *Ingénierie de la sécurité incendie — Exigences régissant les formules algébriques — Partie 1 : Exigences générales*.

## 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.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes :

- ISO Online browsing platform : disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp> ;
- IEC Electropedia : disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>.

### 3.1

#### ouverture (événement)

ouverture dans la limite physique d'une enceinte par laquelle l'air et la fumée peuvent s'écouler sous l'action de forces induites naturellement ou mécaniquement

### 3.2

#### écoulements au travers d'une ouverture

écoulements de fumée ou d'air au travers d'une ouverture dans la limite physique d'une enceinte

## 4 Exigences régissant la description des phénomènes physiques

4.1 Les exigences régissant la description des phénomènes physiques spécifiées dans l'ISO 24678-1 s'appliquent, en complément des exigences spécifiées dans les paragraphes suivants.

**4.2** L'écoulement flottant de fumée au travers d'une ouverture est un phénomène thermophysique complexe qui peut être extrêmement transitoire ou quasi stationnaire. Les écoulements au travers d'une ouverture peuvent comprendre des zones impliquées dans la combustion avec flamme et des zones où il ne se produit pas de combustion. Outre la flottabilité, les écoulements au travers d'une ouverture peuvent être influencés par des forces dynamiques dues au vent ou à des ventilateurs mécaniques.

**4.3** Les phénomènes physiques, tels qu'un écoulement naturel au travers d'une ouverture, un système d'extraction mécanique de la fumée, un système de désenfumage par pressurisation, auxquels s'appliquent des formules spécifiques doivent être clairement identifiés.

## **5 Exigences régissant le processus de calcul**

Les exigences spécifiées dans l'ISO 24678-1 régissant le processus de calcul s'appliquent.

## **6 Exigences régissant les limites**

Les exigences spécifiées dans l'ISO 24678-1 régissant les limites s'appliquent.

## **7 Exigences régissant les paramètres d'entrée**

Les exigences spécifiées dans l'ISO 24678-1 régissant les paramètres d'entrée s'appliquent.

## **8 Exigences régissant le domaine d'application**

Les exigences spécifiées dans l'ISO 24678-1 régissant le domaine d'application s'appliquent.

## **9 Exemple de documentation**

Un exemple de documentation répondant aux exigences des Articles 4 à 8 est donné dans l'Annexe A. L'Annexe B contient des exemples de valeurs de coefficient de débit à utiliser dans les calculs d'écoulement au travers d'une ouverture.

## Annexe A (informative)

### Formules pour les écoulements au travers d'une ouverture

#### A.1 Domaine d'application

La présente annexe est destinée à documenter les méthodes permettant de calculer le débit massique au travers d'ouvertures. L'ensemble de formules couvre l'écoulement au travers d'ouvertures reliant deux enceintes présentant la même température, des températures uniformes mais différentes, et des profils de température à deux couches.

#### A.2 Termes et définitions utilisés dans la présente annexe

Les termes et définitions donnés dans le corps principal du présent document ainsi que les suivants s'appliquent :

##### A.2.1

##### **limite physique**

surface qui définit l'étendue d'une enceinte

##### A.2.2

##### **plan de référence**

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

##### A.2.3

**enceinte** [standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1775a31a-a3ab-4868-96c9-fbf46a29c87e/iso-24678-5](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1775a31a-a3ab-4868-96c9-fbf46a29c87e/iso-24678-5)  
pièce, espace ou volume limité par des surfaces

##### A.2.4

##### **coefficient de débit**

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

##### A.2.5

##### **pression hydrostatique**

profil de pression atmosphérique associé à la hauteur

##### A.2.6

##### **hauteur du plan neutre**

élévation à laquelle la pression à l'intérieur d'une enceinte est la même que la pression à l'extérieur de l'enceinte

##### A.2.7

##### **différence de pression**

différence entre la pression à l'intérieur d'une enceinte et à l'extérieur de cette enceinte à une élévation spécifiée

### A.2.8

#### état quasi stationnaire

hypothèse selon laquelle la totalité des effets liés à des variations du débit calorifique au niveau de la source d'incendie sont ressentis immédiatement partout dans le champ d'écoulement

### A.2.9

#### fumée

particules solides et liquides et gaz émis dans l'atmosphère lorsqu'un matériau subit une pyrolyse ou une combustion, associés à la quantité d'air qui est entraînée ou mélangée d'une autre manière dans la masse

### A.2.10

#### couche de fumée

volume de fumée relativement homogène qui se forme et qui s'accumule au-dessous de la limite physique la plus haute dans une enceinte à la suite d'un incendie ; également désignée « couche chaude de fumée » ou « couche de gaz chaud »

### A.2.11

#### hauteur de la couche de fumée

altitude de l'interface d'une couche de fumée par rapport à une altitude de référence, habituellement la limite inférieure de l'enceinte ; également désignée « position de l'interface »

## A.3 Symboles et abréviations utilisés dans la présente annexe

$A_{eq}$	surface équivalente de plusieurs ouvertures en série (m)
$A_{ij}$	surface de l'ouverture qui relie les enceintes i et j (m <sup>2</sup> )
$B_{eq}$	largeur équivalente de plusieurs ouvertures en série (m)
$B_{ij}$	largeur de l'ouverture qui relie les enceintes i et j (m)
$c_p$	chaleur spécifique de l'air et de la fumée (kJ/kg·K)
$C_D$	coefficient de débit (-)
$g$	accélération due à la pesanteur (m/s <sup>2</sup> )
$h$	hauteur au-dessus du plan de référence (m)
$h_{ij}$	hauteur de l'ouverture qui relie les enceintes i et j
$h_l$	hauteur du bord inférieur de l'ouverture au-dessus du plan de référence (m)
$h_m$	hauteur de la partie basse du segment du milieu au-dessus du plan de référence (m)
$h_n$	hauteur du plan neutre au-dessus du plan de référence (m)
$h_t$	hauteur de la partie basse du segment supérieur au-dessus du plan de référence (m)
$h_u$	hauteur du bord supérieur de l'ouverture au-dessus du plan de référence (m)

$\dot{H}_{ij}$	flux d'enthalpie de l'enceinte i vers l'enceinte j (kW)
$\max(x_1, x_2)$	maximum de $x_1$ et $x_2$
$\min(x_1, x_2)$	minimum de $x_1$ et $x_2$
$p_i(h)$	pression dans l'enceinte i à la hauteur $h$ au-dessus du plan de référence (Pa)
$q_{m,ij}$	débit massique de fumée ou d'air de l'enceinte i vers l'enceinte j (kg/s)
$q_{m,ij,b}$	débit massique de fumée ou d'air de l'enceinte i vers l'enceinte j dans le segment inférieur (kg/s)
$q_{m,ij,m}$	débit massique de fumée ou d'air de l'enceinte i vers l'enceinte j dans le segment du milieu (kg/s)
$q_{m,ij,t}$	débit massique de fumée ou d'air de l'enceinte i vers l'enceinte j dans le segment supérieur (kg/s)
$q_{w,ij}$	flux de masse d'espèces chimiques de l'enceinte i vers l'enceinte j (kg/s)
$T_0$	température de référence, généralement la température extérieure (K)
$T_i$	température de l'enceinte i (K)
$T_{a,i}$	température de la couche d'air dans l'enceinte i (K)
$T_{s,i}$	température de la couche de fumée dans l'enceinte i (K)
$u_{ij}$	vitesse d'écoulement de l'enceinte i vers l'enceinte j (m/s)
$w_i$	fraction massique d'espèces chimiques dans l'enceinte i (kg/kg)
$\rho_{a,i}$	masse volumique de la couche d'air dans l'enceinte i (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_i$	masse volumique de la fumée (ou de l'air) dans l'enceinte i (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_j$	masse volumique de la fumée (ou de l'air) dans l'enceinte j (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{s,i}$	masse volumique de la couche de fumée dans l'enceinte i (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_0$	masse volumique de la fumée (ou de l'air) à la température de référence (kg/m <sup>3</sup> )
$\Delta p_{ij}(h)$	différence de pression entre l'enceinte i et l'enceinte j à la hauteur $h$ ; c'est-à-dire $p_i(h) - p_j(h)$ , (Pa)
$\Delta p_{\text{flot}}$	différence de pression minimale pour déclencher un écoulement unidirectionnel (Pa)
$\zeta$	hauteur utilisée comme variable d'intégration (m)

## **A.4 Description des phénomènes physiques traités par l'ensemble de formules**

### **A.4.1 Description générale de la méthode de calcul**

#### **A.4.1.1 Mode opératoire de calcul**

Les méthodes permettent le calcul des écoulements au travers d'ouvertures situées sur les limites physiques d'une enceinte résultant de différences de pression qui se produisent entre une enceinte et les espaces adjacents, à cause de leur différence de température. Les différences de pression peuvent également résulter de la dilatation des gaz brûlés, de la ventilation mécanique, du vent ou d'autres forces agissant sur les limites des enceintes et les ouvertures, mais ces forces ne sont pas abordées dans le présent document. À partir de la différence de pression au travers d'une ouverture et des températures des enceintes reliées par l'ouverture, le débit massique est calculé selon de la théorie de l'écoulement à travers un orifice.

Les propriétés d'une enceinte, telles que la hauteur de la couche de fumée, la température et d'autres propriétés, sont calculées selon le principe de conservation de la chaleur et de la masse pour la couche de fumée comme décrit dans l'ISO 24678-4<sup>[1]</sup>.

#### **A.4.1.2 Propriétés d'un écoulement au travers d'une ouverture à calculer**

Les formules donnent le débit massique, le débit d'enthalpie et le débit des espèces chimiques.

#### **A.4.2 Éléments de scénario auxquels est applicable l'ensemble de formules**

L'ensemble de formules s'applique aux écoulements quasi stationnaires au travers d'une ouverture gouvernés par les forces de flottabilité sous l'effet du feu. Les effets de pression dynamique, comme le vent, ne sont pas pris en compte. Des méthodes permettant de calculer les conditions d'écoulement au travers d'une ouverture sont développées pour deux types de profils de température : l'un est un profil de température uniforme alors que l'autre est un profil à deux couches, tel que calculé par l'ISO 24687-4.<sup>[1]</sup> Les conditions de calcul sont résumées à la Figure A.1.

Profil de température	Disposition de l'ouverture ou des ouvertures	Configurations de l'écoulement
Uniforme	(a) Une seule ouverture	
Une seule couche	(b) Une seule ouverture verticale (cas général, l'écoulement peut être unidirectionnel ou bidirectionnel)	
	(c) Une seule ouverture verticale (cas particulier, l'écoulement est bidirectionnel)	
	(d) Ouvertures verticales multiples (cas général, l'écoulement peut être unidirectionnel ou bidirectionnel)	
	(e) Ouvertures verticales multiples (cas particulier de deux petites ouvertures verticales dans une enceinte, l'écoulement est bidirectionnel)	
	(f) Ouvertures verticales multiples en série (combinaison de plusieurs ouvertures verticales en une seule ouverture équivalente)	
	(g) Une seule ouverture horizontale (écoulement unidirectionnel stable uniquement)	
	Deux couches	(h) Une seule ouverture verticale (cas général, l'écoulement peut être unidirectionnel ou bidirectionnel)
(i) Ouvertures verticales multiples (cas général, l'écoulement peut être unidirectionnel ou bidirectionnel)		

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

#### A.4.3 Cohérence interne de l'ensemble de formules

L'ensemble de formules de la présente annexe a été élaboré et vérifié par de nombreux chercheurs (voir l'Article A.6) en vue de garantir la cohérence des résultats de calcul issus des différentes formules de cet ensemble (en d'autres termes, garantir l'absence de conflit entre les résultats).

**A.4.4 Normes et autres documents dans lesquels est utilisé l'ensemble de formules**

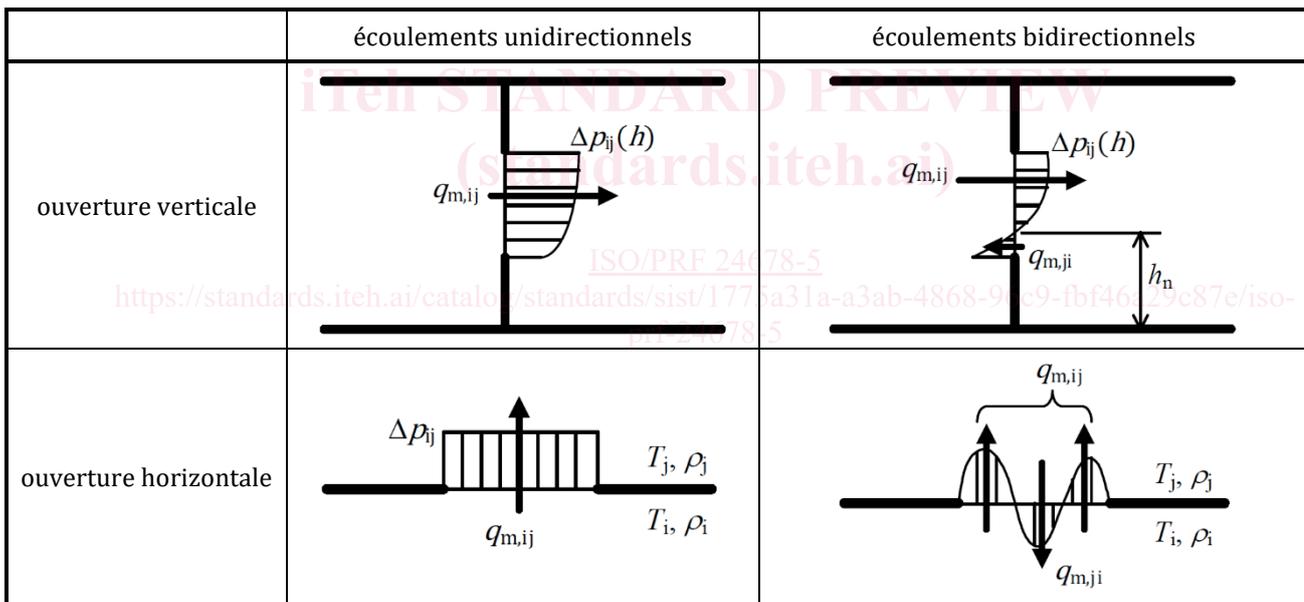
L'ISO 24678-4<sup>[1]</sup> utilise des formules liées à l'écoulement au travers d'une ouverture pour calculer les propriétés de la couche de fumée.

**A.5 Documentation de l'ensemble de formules du processus de calcul**

**A.5.1 Aspects généraux d'un écoulement au travers d'une ouverture**

**A.5.1.1 Classification des écoulements au travers d'une ouverture**

La vitesse de l'écoulement au travers d'une ouverture est calculée conformément à la théorie d'écoulement par un orifice, d'après l'application de la théorie de Bernoulli. Des méthodes pour calculer les écoulements au travers d'une ouverture sont développées pour les conditions représentées à la Figure A.2. Dans le cas d'ouvertures verticales et horizontales, l'écoulement peut être unidirectionnel ou bidirectionnel. Les formules explicites de la présente annexe s'appliquent aux écoulements bidirectionnel et unidirectionnel au travers d'ouvertures verticales et à un écoulement unidirectionnel au travers d'ouvertures horizontales. Pour les ouvertures horizontales, un écoulement bidirectionnel se produit lorsque la différence de pression est faible. Aucune formule générale n'est proposée dans la présente annexe, car l'écoulement est instable.



**Figure A.2 — Classification des écoulements au travers d'une ouverture**

**A.5.1.2 Formule pour l'écoulement au travers d'un orifice – différence de pression uniforme sur la surface de l'ouverture**

Lorsqu'une différence de pression uniforme est créée par certaines actions telles que des ventilateurs mécaniques, le débit massique au travers de l'ouverture est donné par :

$$q_{m,ij} = C_D A_{ij} u_{ij} = C_D A_{ij} \sqrt{2 \rho_i \Delta p_{ij}} \tag{A.1}$$

où

$$\Delta p_{ij} = p_i - p_j \tag{A.2}$$