

---

---

**Essais de réaction au feu — Débit calorifique, taux de dégagement de fumée et taux de perte de masse —**

Partie 5:

**Débit calorifique (méthode au calorimètre à cône) et taux de dégagement de fumée (mesurage dynamique) dans des atmosphères pauvres en oxygène**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2e5ebe40-e506-42a2-8d62-627777777777>

Reaction-to-fire tests — Heat release, smoke production and mass loss rate —

*Part 5: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement) under reduced oxygen atmospheres*

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

ISO/TS 5660-5:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2e5ebe40-e506-42a2-8d62-621d7707534d/iso-ts-5660-5-2020>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2020

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  
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>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4 Symboles</b> .....	<b>2</b>
<b>5 Principe</b> .....	<b>3</b>
<b>6 Appareillage</b> .....	<b>5</b>
6.1 Généralités.....	5
6.2 Disposition du dispositif de chauffage, de l'enceinte et de la cheminée avec le calorimètre à cône selon l'ISO 5660-1.....	5
6.2.1 Enceinte.....	6
6.3 Refroidissement à l'eau du dispositif de pesage.....	7
6.4 Cheminée.....	7
6.5 Système d'alimentation en air et en gaz.....	7
6.6 Analyseur d'oxygène dans l'enceinte.....	8
6.7 Système de collecte et d'analyse des données.....	8
<b>7 Aptitude du produit aux essais</b> .....	<b>8</b>
<b>8 Construction et préparation des éprouvettes</b> .....	<b>8</b>
<b>9 Environnement d'essai</b> .....	<b>8</b>
<b>10 Étalonnage</b> .....	<b>8</b>
10.1 Étalonnages pendant les essais.....	9
10.1.1 Analyseur d'oxygène dans l'enceinte.....	9
10.1.2 Mesurage du débit dans l'enceinte.....	9
10.1.3 Étalonnage du dispositif de chauffage.....	9
<b>11 Mode opératoire d'essai</b> .....	<b>9</b>
11.1 Précautions générales.....	9
11.2 Préparation initiale.....	9
11.3 Mode opératoire.....	9
11.4 Critères à prendre en compte pour la réussite d'un essai.....	12
<b>12 Calculs</b> .....	<b>12</b>
12.1 Généralités.....	12
12.2 Constante d'étalonnage pour l'analyse de la consommation d'oxygène.....	12
12.3 Délai d'attente correct.....	12
12.4 Débit calorifique.....	13
<b>13 Rapport d'essai</b> .....	<b>14</b>
<b>Annexe A (informative) Commentaires et notes explicatives à l'attention des opérateurs</b> .....	<b>18</b>
<b>Annexe B (informative) Informations supplémentaires pour utiliser la configuration reliée</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe C (informative) Informations supplémentaires pour utiliser l'enceinte comme dispositif autonome avec les systèmes de contrôle de l'ISO 13927</b> .....	<b>20</b>
<b>Annexe D (informative) Débits de gaz</b> .....	<b>21</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>24</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 (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 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 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.html](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 1, *Amorçage et développement du feu*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 5660 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).

# Essais de réaction au feu — Débit calorifique, taux de dégagement de fumée et taux de perte de masse —

Partie 5:

## Débit calorifique (méthode au calorimètre à cône) et taux de dégagement de fumée (mesurage dynamique) dans des atmosphères pauvres en oxygène

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie l'appareillage et le mode opératoire permettant de mesurer le comportement de réaction au feu dans des atmosphères appauvries en oxygène. Des mesurages continus sont réalisés pour calculer les débits calorifiques, les taux de dégagement de fumée et de gaz spécifiques, ainsi que les vitesses de perte de masse. Des mesurages du délai d'allumage sont également réalisés et le comportement à l'allumage est également déterminé. Les paramètres de pyrolyse des éprouvettes exposées à des niveaux contrôlés d'éclaircissement énergétique et d'alimentation en oxygène peuvent aussi être déterminés.

Il est possible d'obtenir les différentes atmosphères appauvries en oxygène dans l'environnement d'essai en contrôlant la concentration en volume d'oxygène du gaz qui est introduit dans la chambre (viciation) ou en contrôlant le débit de l'atmosphère qui est introduite dans la chambre (ventilation). Les plages avec une concentration en volume d'oxygène inférieure à 20,95 % peuvent être étudiées. En revanche, l'appareillage n'est pas destiné à contrôler les atmosphères enrichies en oxygène dont la concentration d'oxygène dépasse la concentration atmosphérique de 20,95 %.

Le système de mesure décrit dans le présent document est basé sur le calorimètre à cône décrit dans l'ISO 5660-1. Par conséquent, le présent document est destiné à être utilisé conjointement avec l'ISO 5660-1.

### 2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 5660-1:2015, *Essais de réaction au feu — Débit calorifique, taux de dégagement de fumée et taux de perte de masse — Partie 1: Débit calorifique (méthode au calorimètre à cône) et taux de dégagement de fumée (mesure dynamique)*

ISO 13927:2015, *Plastiques — Essai simple pour la détermination du débit calorifique au moyen d'un radiateur conique et d'une sonde à thermopile*

ISO 13943, *Sécurité au feu — Vocabulaire*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 5660-1 et 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 <http://www.electropedia.org/>

**3.1  
atmosphère ambiante**

atmosphère dont la concentration en volume d'oxygène est d'environ 20,95 % dans un volume contrôlé et avec une circulation d'air non restreinte dans le même volume de contrôle

**3.2  
atmosphère appauvrie en oxygène**

atmosphère pour laquelle l'une des conditions suivantes diffère des atmosphères ambiantes:

- a) atmosphère viciée: atmosphère contenant moins de molécules d'oxygène que l'air ambiant dans le même volume et les mêmes conditions de température et de pression (concentration d'oxygène inférieure à 20,95 %; conditions viciées), les molécules restantes étant compensées par des molécules de gaz inerte;
- b) atmosphère sous-ventilée: atmosphère ayant une alimentation en air limitée qui fait que le nombre de molécules d'oxygène par unité de temps qui alimentent une réaction de combustion est inférieur au nombre nécessaire pour que des réactions stœchiométriques se produisent (conditions sous-ventilées).

**3.3  
conditions de viciation contrôlée**

conditions dans lesquelles la concentration en volume d'oxygène est volontairement contrôlée ou réduite dans l'environnement de combustion

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 5660-5:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/66610-600-124-3062/621d7707534d/iso-ts-5660-5-2020)

Note 1 à l'article: Les conditions de viciation contrôlée représentent un environnement au feu appauvri en oxygène.

**3.4  
conditions de ventilation contrôlée**

conditions dans lesquelles le débit d'alimentation en air (ambiant ou vicié) de l'environnement de combustion est volontairement contrôlé ou limité

Note 1 à l'article: Les conditions de ventilation contrôlée représentent un environnement au feu avec une alimentation en air frais limitée.

**4 Symboles**

Pour les besoins du présent document, les symboles donnés dans l'ISO 5660-1 ainsi que les suivants, s'appliquent.

**Tableau 1 — Symboles et leurs désignations et unités**

Symbole	Désignations	Unité
$A_S$	aire de la surface initialement exposée de l'éprouvette	m <sup>2</sup>
$C$	constante d'étalonnage du débitmètre à diaphragme	m <sup>1/2</sup> g <sup>1/2</sup> K <sup>1/2</sup>
$\gamma$	facteur de dilatation thermique	(sans dimension)
$\tilde{\gamma}$	facteur de dilution thermique modifiable	(sans dimension)
$\Delta h_c$	pouvoir calorifique inférieur	kJ g <sup>-1</sup>
$\dot{m}_e$	débit massique dans le conduit d'évacuation pendant l'essai	kg s <sup>-1</sup>

Tableau 1 (suite)

Symbole	Désignations	Unité
$\dot{m}_e^0$	débit massique initial à l'intérieur du conduit d'évacuation	kg s <sup>-1</sup>
$\dot{m}_f$	débit massique de combustible, vitesse de combustion de l'éprouvette	kg s <sup>-1</sup>
$\dot{m}_g^E$	débit massique du mélange de gaz qui entre dans l'enceinte	kg s <sup>-1</sup>
$\Delta p$	pression différentielle du débitmètre à diaphragme	Pa
$\dot{q}(t)$	débit calorifique	kW
$\dot{q}_A(t)$	débit calorifique par unité de surface	kW m <sup>-2</sup>
$\phi$	facteur d'appauvrissement en oxygène	(sans dimension)
$\phi_{GER}$	rapport d'équivalence global	(sans dimension)
$T_e$	température absolue du gaz au niveau du débitmètre à diaphragme	K
$\dot{V}_A$	débit volumétrique de l'air	L/min
$\dot{V}_g^E$	débit volumétrique du gaz qui entre dans l'enceinte	L/min
$\dot{V}_N$	débit volumétrique de l'azote gazeux	L/min
$X_{O_2, Air}$	concentration d'oxygène dans l'air (embouteillé, sous pression)	(sans dimension)
$X_{O_2}^1$	valeur indiquée par l'analyseur d'oxygène dans les gaz de combustion avant la correction du temps de retard	(sans dimension)
$X_{O_2}^A$	valeur réelle indiquée par l'analyseur d'oxygène dans les gaz de combustion	(sans dimension)
$X_{O_2}^0$	valeur de base initiale indiquée par l'analyseur d'oxygène dans les gaz de combustion (une fois l'environnement dans l'enceinte établi)	(sans dimension)
$X_{O_2}^S$	valeur de base ambiante indiquée par l'analyseur d'oxygène (avant d'établir l'environnement dans l'enceinte – porte de l'enceinte ouverte)	(sans dimension)
$X_{CO}^A$	valeur réelle indiquée par l'analyseur de monoxyde de carbone dans les gaz de combustion	(sans dimension)
$X_{CO_2}^A$	valeur réelle indiquée par l'analyseur de dioxyde de carbone dans les gaz de combustion	(sans dimension)
$X_{O_2}^E$	concentration d'oxygène dans l'enceinte	(sans dimension)
$X_{CO_2}^S$	valeur de base ambiante indiquée par l'analyseur de dioxyde de carbone dans les gaz de combustion (avant d'établir l'environnement dans l'enceinte – porte de l'enceinte ouverte)	(sans dimension)
$X_{H_2O}^S$	valeur de vapeur d'eau ambiante	(sans dimension)

## 5 Principe

Le principe de cette méthode d'essai est basé sur l'observation suivante: généralement, les produits thermiques et chimiques d'une réaction de combustion varient en quantité et en qualité en fonction des conditions environnementales atmosphériques dans lesquelles se produit la réaction. Cette méthode d'essai fournit un environnement contrôlé pour évaluer la contribution que le produit soumis à essai peut apporter au débit calorifique, au taux de dégagement de produits gazeux et au taux de dégagement de fumée, dans différentes atmosphères appauvries en oxygène et/ou dans des atmosphères ventilées différemment au cours d'un feu dans lequel il est impliqué. Ces propriétés sont déterminées sur de petites éprouvettes représentatives. Lors de l'essai, les éprouvettes sont brûlées dans des atmosphères ambiantes ou dans des atmosphères appauvries en oxygène prédéterminées, tout en étant soumises à un éclairage énergétique externe prédéterminé compris entre 0 kW m<sup>-2</sup> et

50 kW m<sup>-2</sup>. Les concentrations d'oxygène et d'autres gaz sont mesurées au niveau de l'évacuation, ainsi que la transmission lumineuse, les débits de gaz évacués et la masse de l'éprouvette.

Le mesurage du débit calorifique est basé sur l'observation suivante: le pouvoir calorifique inférieur est proportionnel à la quantité d'oxygène requise pour la combustion. La relation est la suivante: environ 13,1 × 10<sup>3</sup> kJ de chaleur sont libérés par kilogramme d'oxygène consommé. Cette relation est exacte à ± 5 % dans le cas d'une combustion complète et elle diffère considérablement, de ± 20 %, dans le cas d'une combustion incomplète. Des mesurages des concentrations d'oxygène et des débits de gaz évacués totaux sont conventionnellement réalisés. Des mesurages complémentaires des concentrations de dioxyde de carbone, de monoxyde de carbone et d'autres espèces, de la suie, de la vapeur d'eau et du combustible non brûlé permettent d'appliquer des corrections appropriées en fonction de la stœchiométrie des réactions de combustion. Ces mesurages sont utilisés pour calculer la masse d'oxygène consommée. Les résultats sont consignés en termes de débit calorifique et de chaleur totale dégagée, tous deux rapportés à l'aire de la surface exposée de l'éprouvette. Le débit calorifique d'une éprouvette qui brûle est calculé sous la forme du produit de la masse d'oxygène consommée par le feu et la proportionnalité moyennée 13,1 × 10<sup>3</sup> kJ kg<sup>-1</sup> avec des corrections pour tenir compte de la combustion incomplète. Les mesurages complémentaires du dioxyde de carbone, du monoxyde de carbone et de la vapeur d'eau sont appliqués en guise de corrections générales dans le présent document. Lorsqu'elles sont disponibles, des valeurs spécifiques peuvent être utilisées pour la proportionnalité comme quotient de la chaleur de combustion d'un combustible qui brûle et son rapport stœchiométrique de masse oxygène/combustible. La chaleur totale dégagée est calculée par intégration numérique du débit calorifique sur l'intervalle de temps considéré. Les deux variables sont rapportées par unité de surface parce que la quantité de chaleur dégagée est proportionnelle à l'aire de la surface qui brûle.

Le principe du mesurage de la fumée est basé sur l'observation suivante: l'intensité de la lumière transmise à travers un volume de produits de combustion est généralement une fonction exponentielle décroissante de la distance. L'obscurcissement par les gaz évacués, le débit de gaz évacués et la vitesse de perte de masse de l'éprouvette sont mesurés. L'obscurcissement par les gaz évacués est mesuré en tant que fraction de l'intensité de la lumière laser qui est transmise à travers le mélange de gaz, d'aérosols et de particules dans le conduit d'évacuation. Cette fraction est utilisée pour calculer le coefficient d'extinction selon la loi de Bouguer. En particulier, avec des processus de pyrolyse sans flammes et anaérobie, les coefficients d'extinction diffèrent des valeurs d'extinction pour la fumée de combustion. Les résultats d'essai sont consignés en termes de dégagement de fumée et de taux de dégagement de fumée, tous deux rapportés à l'aire de la surface exposée de l'éprouvette. Le taux de dégagement de fumée est calculé comme le produit du coefficient d'extinction par le débit volumétrique de fumée dans le conduit d'évacuation. La production de fumée est calculée par intégration numérique du taux de dégagement de fumée sur l'intervalle de temps considéré. Les variables sont rapportées par unité de surface parce que la production de fumée est proportionnelle à l'aire.

Des mesurages de la production de gaz sont réalisés en mesurant les concentrations de gaz dans le conduit d'évacuation. Les taux de dégagement de gaz sont calculés à partir de ces mesurages de concentration en utilisant les équations et relations générales. Les taux de production d'espèces sont dérivés du débit massique du gaz spécifique divisé par la vitesse réelle de perte de masse du combustible dans le même intervalle de temps.

Les conditions environnementales atmosphériques peuvent aller d'environ 1 % à 20,95 % d'oxygène et de 10 L/min à 180 L/min de débit volumétrique. Elles sont prédéterminées et contrôlées dans l'environnement de combustion en maintenant le rapport et le débit volumétrique de l'air et de l'azote gazeux, respectivement. La concentration d'oxygène dans les conditions atmosphériques et le débit total de gaz dans l'environnement sont surveillés avec des dispositifs de mesure appropriés. L'air et l'azote gazeux doivent être fournis en bouteilles ou sous forme d'air sous pression exempt d'huile provenant d'un compresseur et d'un vaporisateur d'azote liquide, respectivement.

NOTE Les conditions environnementales atmosphériques peuvent être caractérisées en termes de rapport d'équivalence global. Des détails sont donnés à l'[Annexe A](#).

## 6 Appareillage

L'appareil décrit dans le présent document permet de mesurer le comportement de réaction au feu dans des atmosphères appauvries en oxygène. Les plages avec une concentration en volume d'oxygène inférieure à 20,95 % peuvent être étudiées. Dans des conditions avec plus de 15 % d'oxygène, une combustion avec flammes est généralement attendue. À moins de 15 % d'oxygène, il peut y avoir des flammes, mais ce ne sera généralement pas le cas pour la plupart des produits. Les expériences de pyrolyse anaérobie à une concentration proche de 0 % d'oxygène peuvent être réalisées en l'absence de mesures d'appauvrissement en oxygène.

L'appareillage utilise les composants et les systèmes de contrôle de l'appareillage spécifiés dans l'ISO 5660-1 avec la modification détaillée dans le présent document, afin de faciliter les essais dans des atmosphères appauvries en oxygène. Cette modification consiste principalement à remplacer le dispositif de chauffage conique normalisé par une seconde unité logée dans une chambre pouvant être alimentée avec des mélanges contrôlés d'air et d'azote. Les mesurages sont par ailleurs similaires à ceux réalisés dans l'ISO 5660-1.

Un équipement de mesure de gaz facultatif doit être utilisé comme indiqué en détail dans l'Annexe G de l'ISO 5660-1:2015.

Sinon, un appareillage exclusivement conçu pour les expériences de pyrolyse anaérobie peut utiliser les composants et les systèmes de contrôle de l'appareillage spécifiés dans l'ISO 13927.

Une représentation schématique de l'appareillage requis pour le présent document est fournie à la Figure 1. Les composants décrits dans l'ISO 5660-1 sont marqués. Les composants spécifiques des essais dans une atmosphère appauvrie en oxygène sont spécifiés de 6.1 à 6.7 du présent document.

### 6.1 Généralités

(standards.iteh.ai)

Le dispositif conique de chauffage par rayonnement décrit en 6.1 de l'ISO 5660-1:2015 doit être intégré sur la face supérieure d'une enceinte décrite en 6.2.1. L'enceinte doit également inclure l'écran antirayonnement (ISO 5660-1:2015, 6.3), le dispositif de pesage (ISO 5660-1:2015, 6.4) avec un écran de refroidissement additionnel tel que décrit en 6.3, le support d'éprouvette (ISO 5660-1:2015, 6.5) et le circuit d'allumage (ISO 5660-1:2015, 6.9). Le fluxmètre thermique et son logement (ISO 5660-1:2015, 6.12) et le brûleur d'étalonnage (ISO 5660-1:2015, 6.13) doivent également être fournis. Des dispositifs de montage appropriés doivent être disponibles pour réaliser les mesurages d'étalonnage à l'aide du fluxmètre thermique et l'étalonnage à l'intérieur de l'enceinte. Un système de mélange de gaz et d'alimentation en gaz doit être connecté à l'enceinte pour permettre d'ajuster les conditions atmosphériques.

### 6.2 Disposition du dispositif de chauffage, de l'enceinte et de la cheminée avec le calorimètre à cône selon l'ISO 5660-1

L'enceinte d'essai décrite en 6.2.1 remplace le dispositif de chauffage conique normalisé de l'appareillage décrit dans l'ISO 5660-1. Elle doit être centrée sous la hotte d'évacuation et peut être utilisée dans chacune des configurations suivantes utilisant une cheminée au-dessus de l'enceinte comme décrit en 6.5.

- 1) Lorsque les essais portent sur un débit d'alimentation en gaz de l'enceinte inférieur au débit d'évacuation, il convient que l'enceinte et la cheminée ne soient pas raccordées directement à la hotte d'évacuation. De l'air venant de l'extérieur doit pouvoir être admis dans la hotte d'évacuation.

NOTE 1 La référence [2] traite de l'effet de la cheminée sur les différents résultats dans la configuration non reliée.

NOTE 2 Un débit d'évacuation supérieur au débit d'alimentation de l'enceinte causerait une sous-pression, des fuites et des conditions potentiellement non contrôlées dans l'enceinte.

- 2) Pour les expériences de pyrolyse anaérobie, les essais peuvent être réalisés sur un appareillage relié ou non en fonction du débit d'alimentation en gaz applicable ou, si l'enceinte est autonome,

sans mettre en marche l'équipement de mesure d'appauvrissement en oxygène. L'[Annexe C](#) spécifie de manière plus détaillée la configuration autonome.

Quels que soient la configuration ou le débit d'alimentation en gaz de l'enceinte, le débit d'évacuation dans le conduit doit être suffisamment élevé pour entraîner de manière fiable tous les produits de combustion/pyrolyse libérés pendant le processus. Le débit minimal d'évacuation au début de l'essai doit être au moins égal à  $0,012 \pm 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 6.2.1 Enceinte

Une enceinte en acier inoxydable doit avoir des dimensions internes  $L \times P \times H$  égales à  $(370 \pm 20) \text{ mm} \times (300 \pm 20) \text{ mm} \times (320 \pm 20) \text{ mm}$ . Une porte doit être installée sur l'avant de l'enceinte pour donner accès aux parties intérieures et permettre le chargement de l'éprouvette. Lorsqu'elle est ouverte pour charger l'éprouvette, la porte peut laisser passer des quantités importantes d'air dans l'enceinte. Cela peut involontairement modifier l'atmosphère contrôlée prédéterminée. Une autre solution d'ouverture peut être utilisée si elle permet à une quantité minimale d'air de pénétrer dans l'enceinte pendant le chargement de l'éprouvette. Au moins un élément de paroi ou de porte doit comporter une fenêtre pour permettre d'observer l'éprouvette pendant l'essai. Au moins un orifice de raccordement de gaz doit être installé au niveau de l'échantillon pour permettre d'échantillonner le gaz dans l'atmosphère de l'enceinte. Il peut également y avoir des orifices supplémentaires pour l'entrée de l'eau de refroidissement, l'échantillonnage de gaz supplémentaire et/ou le mesurage de la température, ainsi qu'un équipement de mesure d'extinction et de rayonnement.

Toutes les connexions des panneaux muraux, des orifices et des ouvertures doivent être étanches pour empêcher l'air environnant de pénétrer dans l'enceinte pendant l'essai.

Le dispositif de chauffage conique spécifié en 6.1 de l'ISO 5660-1:2015 doit être monté au centre de la face supérieure de l'enceinte. Il doit être capable de produire un niveau d'éclairement énergétique sur la surface de l'éprouvette compris entre  $0 \text{ kW m}^{-2}$  et  $50 \text{ kW m}^{-2}$ . Des niveaux d'éclairement énergétique plus élevés peuvent être possibles si l'équipement est adapté aux températures élevées. Il convient de monter un collier refroidi à l'eau entre le dispositif de chauffage et le sommet de l'enceinte pour minimiser le gauchissement de la plaque supérieure dû au dispositif de chauffage électrique lorsqu'il est chaud. Un matériau d'étanchéité résistant à la chaleur doit être utilisé pour sceller les ouvertures du dispositif de chauffage conique afin d'empêcher la diffusion/pénétration involontaire d'air dans l'enceinte.

Conformément aux sections applicables de l'ISO 5660-1, l'enceinte doit contenir un écran antirayonnement (ISO 5660-1:2015, 6.3), un circuit d'allumage (ISO 5660-1:2015, 6.10) et un support d'éprouvette (ISO 5660-1:2015, 6.6). L'enceinte doit également pouvoir contenir le dispositif de pesage et permettre de l'utiliser selon 6.5 de l'ISO 5660-1:2015. Le dispositif de pesage peut être situé hors de l'enceinte si l'étanchéification appropriée de la barre de connexion est assurée et si une mesure exacte de la masse de l'échantillon est fournie.

Deux points d'entrée locaux ou un maillage de points doivent être fournis à la base de l'enceinte pour alimenter cette dernière avec un prémélange d'air et de gaz selon un rapport adapté pour créer l'atmosphère d'essai souhaitée. Les points d'entrée doivent être conçus de manière à minimiser les débits locaux élevés à l'intérieur de l'enceinte. Une conception en chicanes qui a été utilisée pour satisfaire à ces exigences est illustrée à la [Figure 3](#). Il est admis d'utiliser d'autres équipements, comme des écrans et des billes, ou autres équipements similaires, s'ils minimisent les débits locaux élevés. La présence d'écrans et de billes au fond de l'enceinte permet d'assurer une vitesse d'entrée ascendante uniforme. Les chicanes utilisées doivent être conformes à la [Figure 3](#). En cas de recours à une autre solution que les chicanes de la [Figure 3](#), des essais comparatifs entre un appareillage conforme à l'ISO 5660-1 et l'appareillage décrit dans le présent document doivent être réalisés avec le même produit à un taux de 20,95 % d'oxygène. Les résultats de mesure du temps d'allumage et du débit calorifique doivent être comparés.

### 6.3 Refroidissement à l'eau du dispositif de pesage

Un écran refroidi à l'eau ou un logement doit être prévu sur le dessus ou autour du dispositif de pesage pour assurer un mesurage approprié du poids tout en protégeant le dispositif de pesage de la chaleur régnant à l'intérieure de l'enceinte pendant un essai. La barre de connexion du dispositif peut aussi être refroidie. Cependant, le refroidissement à l'eau ne doit pas avoir d'incidence sur le mesurage de la masse à un moment quelconque avant ou pendant l'essai. Les dispositifs de pesage qui sont situés hors de l'enceinte ne nécessitent pas de refroidissement à l'eau.

### 6.4 Cheminée

Une cheminée de section circulaire doit être montée sur le dessus de la plaque supérieure du dispositif de chauffage conique. L'axe de la cheminée doit coïncider avec celui du dispositif de chauffage. La cheminée doit avoir une longueur de  $(600 \pm 2)$  mm et un diamètre interne de  $(115 \pm 2)$  mm en fonction de la conception de la cheminée selon 6.4 de l'ISO 13927:2015.

NOTE Le diamètre interne de 115 mm est un compromis empirique acceptable qui assure des débits de gaz évacués et des longueurs de flammes appropriés pour la plage attendue des résultats de débit calorifique. Les grands diamètres font chuter le débit de gaz dans la cheminée et retardent le transport du gaz vers le point d'échantillonnage, ce qui fausse la résolution dans le temps du comportement en combustion. Des diamètres plus petits augmentent le débit de gaz et la longueur des flammes, ce qui peut conduire à l'apparition involontaire de flammes dans des conditions atmosphériques non contrôlées au-dessus de la cheminée (combustion secondaire; voir l'[Annexe A](#)).

La cheminée doit être en acier inoxydable ou en verre de 1 mm d'épaisseur. Son extrémité supérieure doit empiéter sur le fond de la hotte d'évacuation et pénétrer à l'intérieur de celle-ci sur une distance de  $(45 \pm 5)$  mm. La hauteur de l'enceinte doit être positionnée correctement.

Le but de la cheminée est de limiter toute combustion secondaire potentielle lorsque les flammes sont en contact avec l'air ambiant. Si une combustion secondaire est observée au-dessus de la cheminée, l'essai doit être considéré comme non concluant selon 11.4 du présent document et les données d'essai doivent être non valides. Les données des essais en atmosphère contrôlée réalisés avec une cheminée plus longue ou avec une configuration à liaison directe selon 6.2 peuvent être prises en compte. Cependant, la longueur de la cheminée doit être limitée de manière à ne pas dépasser les critères de chevauchement mentionnés ci-dessus. Il convient également de ne pas positionner l'enceinte trop près du sol afin d'éviter tout conflit avec les réglementations d'hygiène et de sécurité au travail.

Pour empêcher les gaz d'évacuation de s'échapper de la hotte d'évacuation, l'extrémité de la cheminée doit être conçue pour assurer une vitesse d'écoulement et une direction d'écoulement adaptées pour recueillir tous les gaz qui passent dans la hotte. Un réducteur de débit qui réduit le diamètre de la cheminée s'est révélé efficace pour assurer une vitesse d'écoulement suffisante pour que la fumée atteigne la hotte. La [Figure 4](#) illustre un réducteur de débit avec des dimensions adaptées. D'autres conceptions peuvent également être utilisées. Ce dispositif ne doit pas être inclus dans la longueur de 600 mm de la cheminée. Il ne doit toutefois pas ajouter plus de  $(40 \pm 5)$  mm à la longueur de la cheminée.

### 6.5 Système d'alimentation en air et en gaz

Le prémélange d'air ou de gaz doit être créé dans une unité de mélange et d'alimentation en gaz. Cette unité doit comprendre au moins les éléments suivants:

- des robinets d'arrêt pour chaque composant gazeux connecté;
- des régulateurs de débit manuels ou électriques précis dans une plage de 5 L/min à 200 L/min;
- des débitmètres pour surveiller le débit de chaque composant gazeux (précis dans la même plage);
- des dispositifs stabilisateurs d'écoulement pour chaque composant gazeux;
- une chambre de mélange de gaz;

- un débitmètre pour lire le débit total d'alimentation en gaz de l'enceinte. Le débit total d'alimentation en gaz de l'enceinte doit être mesuré et surveillé pendant l'essai.

Le système d'alimentation en gaz doit être capable de délivrer des mélanges d'air ou de gaz avec une concentration d'oxygène allant d'environ 1 % d'oxygène à 20,95 % d'oxygène, à chaque débit compris entre 10 L/min et 180 L/min. Pour les études de pyrolyse, des concentrations d'oxygène d'environ 1 % d'oxygène doivent pouvoir être obtenues.

Idéalement, les conditions environnementales commencent à partir de 0 % d'oxygène. Comme ces conditions sont techniquement difficiles à obtenir et que cela n'ajoute pas de valeur dans le contexte des essais en atmosphère contrôlée prévus dans le présent document, la formulation ci-dessus « environ 1 % » a été choisie. Il convient que la capacité réelle de l'appareillage soit aussi proche de 0 % que possible en déployant des efforts raisonnables.

## 6.6 Analyseur d'oxygène dans l'enceinte

Les niveaux d'oxygène dans l'enceinte doivent être mesurés et surveillés pendant l'essai afin de faciliter le réglage et le contrôle de la concentration. Un analyseur d'oxygène gazeux paramagnétique ayant une plage de 0 % d'oxygène à 25 % d'oxygène et une exactitude de 0,1 % doit être utilisé à cet effet.

L'échantillonnage est effectué via une sonde située à l'intérieur de l'enceinte à la hauteur de la surface de l'échantillon et à une distance de  $(20 \pm 5)$  mm de celui-ci sur le plan horizontal. La sonde doit être connectée à un orifice de gaz dans l'enveloppe de l'enceinte.

## 6.7 Système de collecte et d'analyse des données

Le système de collecte et d'analyse des données doit être équipé d'un dispositif permettant de lire le débit total d'alimentation en gaz de l'enceinte indiqué par le débitmètre comme spécifié en 6.6 et la valeur indiquée par l'analyseur d'oxygène dans l'enceinte comme spécifié en 6.7 du présent document. Ce système de collecte des données doit être intégré au système de collecte et d'analyse des données décrit en 6.15 de l'ISO 5660-1:2015.

## 7 Aptitude du produit aux essais

Voir l'Article 7 de l'ISO 5660-1:2015.

## 8 Construction et préparation des éprouvettes

Voir l'Article 8 de l'ISO 5660-1:2015. Ce qui suit s'applique également.

Trois éprouvettes différentes doivent être soumises à essai dans chaque condition atmosphérique (viciation et/ou ventilation).

## 9 Environnement d'essai

Voir l'Article 9 de l'ISO 5660-1:2015.

## 10 Étalonnage

Les étalonnages doivent être effectués conformément à l'Article 10 de l'ISO 5660-1:2015, et ce qui suit s'applique en plus. Tous les étalonnages doivent être effectués sans alimentation en gaz de l'enceinte. La porte de l'enceinte doit être ouverte pendant les processus d'étalonnage.