
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 (mesurage dynamique)**

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

Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement)



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Full standard:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e14fc290-6cbb-430-9e86-d6175ae9b233/iso-5660-1-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015

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	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	3
5 Principe	4
6 Appareillage	5
6.1 Généralités.....	5
6.2 Dispositif conique de chauffage électrique par rayonnement.....	5
6.3 Écran antirayonnement.....	5
6.4 Système de contrôle de l'éclairage énergétique.....	6
6.5 Dispositif de pesage.....	6
6.6 Support d'éprouvette.....	6
6.7 Cadre de retenue.....	6
6.8 Système d'évacuation des gaz avec appareillage de mesure de débit.....	6
6.9 Appareillage d'échantillonnage des gaz.....	7
6.10 Circuit d'allumage.....	7
6.11 Dispositif de mesure du temps d'allumage.....	7
6.12 Analyseur d'oxygène.....	7
6.13 Fluxmètres thermiques.....	8
6.14 Brûleur d'étalonnage.....	8
6.15 Système de collecte et d'analyse des données.....	8
6.16 Écrans latéraux facultatifs.....	8
6.17 Système de mesure de l'obscurcissement par la fumée (photomètre).....	8
6.18 Thermocouple du système de mesure de la fumée.....	9
6.19 Filtres optiques.....	9
7 Aptitude d'un produit aux essais	9
7.1 Caractéristiques de surface.....	9
7.2 Produits asymétriques.....	9
7.3 Matériaux à faible temps de combustion.....	10
7.4 Éprouvettes composites.....	10
7.5 Matériaux dimensionnellement instables.....	10
7.6 Matériaux devant être soumis à essai sous compression.....	10
8 Construction et préparation des éprouvettes	11
8.1 Éprouvettes.....	11
8.2 Conditionnement des éprouvettes.....	11
8.3 Préparation.....	12
9 Environnement d'essai	12
10 Étalonnage	13
10.1 Étalonnages préliminaires.....	13
10.2 Étalonnages pendant les essais.....	15
10.3 Étalonnage du photomètre.....	16
10.4 Étalonnages moins fréquents.....	16
11 Mode opératoire d'essai	17
11.1 Précautions générales.....	17
11.2 Préparation initiale.....	17
11.3 Mode opératoire.....	18
12 Calculs	19
12.1 Généralités.....	19
12.2 Constante d'étalonnage pour l'analyse de la consommation d'oxygène.....	19

12.3	Débit calorifique.....	20
12.4	Débit du conduit d'évacuation.....	20
12.5	Vitesse de perte de masse.....	21
12.6	Obscurcissement par la fumée.....	21
13	Rapport d'essai.....	22
Annexe A	(informative) Commentaires et notes explicatives à l'attention des opérateurs.....	33
Annexe B	(informative) Calculs supplémentaires — Surface spécifique d'extinction de l'éprouvette rapportée à la vitesse de perte de masse.....	39
Annexe C	(informative) Résolution, fidélité et erreur de justesse.....	41
Annexe D	(informative) Vitesse de perte de masse et chaleur effective de combustion.....	47
Annexe E	(informative) Essais en orientation verticale.....	48
Annexe F	(informative) Étalonnage du fluxmètre thermique de travail.....	51
Annexe G	(informative) Calcul du débit calorifique à l'aide d'une analyse de gaz supplémentaires.....	52
Annexe H	(informative) Calcul du flux énergétique critique effectif pour l'allumage.....	57
Bibliographie	58

ITeH STANDARD PREVIEW
 (standards.iteh.ai)
 Full standard:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e14fc290-6cbb-4f30-9e86-d6175ae9b233/iso-5660-1-2015>

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).

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 dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir 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 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: Avant-propos — Informations supplémentaires

Le comité en charge du présent document est l'ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 1, *Amorçage et développement du feu*.

Cette troisième édition de l'ISO 5660-1 annule et remplace l'ISO 5660-1:2002 (deuxième édition) et l'ISO 5660-2:2002 (première édition), qui ont fait l'objet d'une révision technique et d'une fusion.

L'ISO 5660 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *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)*
- *Partie 3: Lignes directrices relatives au mesurage* [Spécification technique]

La partie suivante est en cours d'élaboration:

- *Partie 4: Mesurage du débit calorifique pour la détermination des bas niveaux de combustibilité*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Full standard:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e14fc290-6cbb-430-9e86-d6175ae9b233/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 (mesurage dynamique)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 5660 spécifie une méthode permettant d'évaluer le débit calorifique et le taux de dégagement dynamique de fumée d'éprouvettes orientées horizontalement et exposées à des niveaux d'éclairement énergétique contrôlés au moyen d'une source externe. Le débit calorifique est déterminé en mesurant la consommation d'oxygène dérivée de la concentration d'oxygène, ainsi que le débit dans le conduit d'évacuation des produits de combustion. Le temps d'allumage (flamme persistante) est également mesuré au cours de cet essai.

Le taux de dégagement dynamique de fumée est calculé à partir d'une mesure de l'atténuation d'un faisceau laser par le flux de produits de combustion. L'obscurcissement par la fumée est enregistré pendant toute la durée de l'essai, que l'éprouvette s'enflamme ou non.

2 Références normatives

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

ISO 554, *Atmosphères normales de conditionnement et/ou d'essai — Spécifications*

ISO 13943, *Sécurité au feu — Vocabulaire*

ISO 14697, *Essais de réaction au feu — Lignes directrices sur le choix de subjectiles pour les produits du bâtiment et du transport*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13943 ainsi que les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

surface essentiellement plane

surface dont les irrégularités par rapport à un plan n'excèdent pas ± 1 mm

3.2

flamme intermittente

présence d'une flamme sur ou au-dessus de la surface de l'éprouvette pendant des périodes inférieures à 1 s

3.3

allumage

apparition d'une flamme persistante telle que définie en 3.10

3.4
éclairage énergétique

(en un point d'une surface) quotient du flux radiatif incident reçu par un élément de surface infinitésimal contenant le point, par l'aire de cet élément

Note 1 à l'article: Le chauffage par convection étant négligeable pour les éprouvettes orientées horizontalement, la présente partie de l'ISO 5660 emploie le terme « éclairage énergétique » à la place de « flux de chaleur » car il indique mieux le mode essentiellement rayonnant du transfert thermique.

3.5
matériau

substance simple ou mélange uniformément dispersé

EXEMPLE Métal, pierre, bois, béton, fibres minérales et polymères.

3.6
orientation

plan dans lequel se situe la face exposée de l'éprouvette pendant les essais, la face verticale ou horizontale étant dirigée vers le haut

3.7
principe de consommation d'oxygène

relation de proportionnalité entre la masse d'oxygène consommée pendant la combustion et la chaleur dégagée

3.8
produit

matériau, composite ou assemblage à propos duquel des informations sont requises

3.9
éprouvette

partie représentative du produit à soumettre à essai avec un éventuel subjectile ou traitement

Note 1 à l'article: Pour certains types de produits (contenant une lame d'air ou des joints, par exemple), la préparation d'éprouvettes représentatives des conditions d'utilisation finale (voir Article 7) peut s'avérer impossible.

3.10
flamme persistante

présence d'une flamme sur ou au-dessus de la surface de l'éprouvette pendant des périodes supérieures à 10 s

3.11
flamme fugace

présence d'une flamme sur ou au-dessus de la surface de l'éprouvette pendant des périodes comprises entre 1 s et 10 s

3.12
obscurcissement par la fumée

réduction, généralement exprimée en pourcentage, de l'intensité de la lumière lors de son passage à travers la fumée

3.13
coefficient d'extinction

logarithme népérien du rapport de l'intensité lumineuse incidente à l'intensité lumineuse transmise, par unité de longueur du trajet optique

3.14
production de fumée

intégrale du taux de dégagement de fumée sur l'intervalle de temps considéré

3.15

taux de dégagement de fumée

produit du débit volumétrique de fumée par le coefficient d'extinction de la fumée au point de mesure

4 Symboles

Voir le Tableau 1.

Tableau 1 — Symboles et leurs désignations et unités

Symbole	Désignations	Unité
A	aire de la surface exposée de l'éprouvette	m^2
A_s	aire de la surface initialement exposée de l'éprouvette	m^2
C	constante d'étalonnage du débitmètre à diaphragme	$m^{1/2} g^{1/2} K^{1/2}$
D'	densité optique	1
F	facteur d'étalonnage de densité optique	m^{-1}
Δh_c	pouvoir calorifique inférieur	$kJ g^{-1}$
$\Delta h_{c,eff}$	chaleur effective de combustion	$MJ kg^{-1}$
I_o/I	rapport de la lumière incidente à la lumière transmise	1
k	coefficient népérien d'absorption linéaire (communément appelé coefficient d'extinction)	m^{-1}
k_1	coefficient d'extinction d'étalonnage mesuré	m^{-1}
k_2	coefficient d'extinction d'étalonnage calculé	m^{-1}
k_m	coefficient d'extinction mesuré	m^{-1}
L	longueur du trajet optique à travers la fumée	m
m	masse de l'éprouvette	g
Δm	perte de masse totale	g
m_f	masse de l'éprouvette à la fin de l'essai	g
m_s	masse de l'éprouvette à l'apparition d'une flamme persistante	g
$\dot{m}_{A,10-90}$	vitesse moyenne de perte de masse par unité de surface entre 10 % et 90 % de perte de masse	$g m^{-2} s^{-1}$
m_{10}	masse de l'éprouvette à 10 % de la perte de masse totale	g
m_{90}	masse de l'éprouvette à 90 % de la perte de masse totale	g
\dot{m}	vitesse de perte de masse de l'éprouvette	$g s^{-1}$
\dot{m}_e	débit massique à l'intérieur du conduit d'évacuation	$kg s^{-1}$
M	masse moléculaire des gaz circulant dans le conduit d'évacuation	$kg mol^{-1}$
Δp	pression différentielle du débitmètre à diaphragme	Pa
P_s	taux de dégagement de fumée	$m^2 s^{-1}$
$P_{s,A}$	taux de dégagement de fumée rapporté à l'aire de l'éprouvette	s^{-1}
\dot{q}	débit calorifique	kW
\dot{q}_A	débit calorifique par unité de surface	$kW m^{-2}$
$\dot{q}_{A,max}$	valeur maximale du débit calorifique par unité de surface	$kW m^{-2}$
$\dot{q}_{A,180}$	débit calorifique moyen par unité de surface sur la période débutant à t_{ig} et prenant fin 180 s plus tard	$kW m^{-2}$

Tableau 1 (suite)

Symbole	Désignations	Unité
$\dot{q}_{A,300}$	débit calorifique moyen par unité de surface sur la période débutant à t_{ig} et prenant fin 300 s plus tard	kW m ⁻²
$Q_{A,tot}$	chaleur totale dégagée par unité de surface pendant la totalité de l'essai	MJ m ⁻²
r_o	rapport stœchiométrique de masse oxygène/combustible	1
S	production totale de fumée	m ²
S_A	production totale de fumée par unité de surface	m ² m ⁻²
$S_{A,1}$	production totale de fumée par unité de surface avant allumage	m ² m ⁻²
$S_{A,2}$	production totale de fumée par unité de surface après allumage	m ² m ⁻²
t	temps	s
t_d	temps de retard de l'analyseur d'oxygène	s
t_{ig}	temps d'allumage (apparition d'une flamme persistante)	s
Δt	intervalle d'échantillonnage	s
t_{10}	temps à 10 % de la perte de masse totale	s
t_{90}	temps à 90 % de la perte de masse totale	s
T_e	température absolue du gaz au niveau du débitmètre à diaphragme	K
T_s	température de la fumée au point de mesure	K
\dot{V}_s	débit volumétrique de fumée au point de mesure	m ³ s ⁻¹
X_{O_2}	fraction molaire d'oxygène indiquée par l'analyseur d'oxygène	1
$X^0_{O_2}$	valeur initiale indiquée par l'analyseur d'oxygène	1
$X^1_{O_2}$	valeur indiquée par l'analyseur d'oxygène avant la correction du temps de retard	1
ρ	masse volumique	kg m ⁻³
σ	surface spécifique d'extinction	m ² kg ⁻¹

NOTE Une discussion détaillée concernant certains de ces paramètres et leurs unités figure dans la référence[11].

5 Principe

La méthode d'essai est basée sur l'observation suivante: le pouvoir calorifique inférieur est généralement proportionnel à la quantité d'oxygène requise pour la combustion. La relation est qu'environ $13,1 \times 10^3$ kJ de chaleur sont libérés par kilogramme d'oxygène consommé. Lors de l'essai, les éprouvettes sont brûlées dans des conditions d'air ambiant, tout en étant soumises à un éclairage énergétique externe prédéterminé compris entre 0 kW m⁻² et 75 kW m⁻². Les concentrations d'oxygène et les débits de gaz évacués sont mesurés.

Cette méthode d'essai permet d'évaluer la contribution que le produit soumis à essai peut apporter à la vitesse d'évolution de la chaleur au cours d'un feu dans lequel il est impliqué. Ces propriétés sont déterminées sur de petites éprouvettes représentatives.

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. Il est communément appelé loi de Bouguer. Lors de l'essai, les éprouvettes sont brûlées dans des conditions d'air ambiant, tout en étant soumises à un éclairage énergétique externe prédéterminé compris entre 0 kW m⁻² et 75 kW m⁻². L'obscurcissement par la fumée, le débit de gaz évacués et la vitesse de perte de masse de l'éprouvette sont mesurés. L'obscurcissement par la fumée est mesuré en tant que fraction de l'intensité de la lumière laser qui est transmise à travers la fumée dans le conduit d'évacuation. Cette fraction est utilisée pour calculer le coefficient d'extinction

selon la loi de Bouguer. Les résultats d'essai sont consignés en termes de production 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 à l'aire parce que la production de fumée est proportionnelle à l'aire.

La méthode d'essai permet d'évaluer la contribution que le produit soumis à essai peut apporter à la vitesse d'évolution de la fumée et à la quantité de fumée produite au cours d'un feu bien ventilé dans lequel il est impliqué. Ces propriétés sont elles aussi déterminées sur de petites éprouvettes représentatives.

6 Appareillage

6.1 Généralités

Une représentation schématique de l'appareillage requis pour la présente partie de l'ISO 5660 est donnée à la Figure 1. Les composants individuels sont décrits en détail en 6.2 à 6.19.

Des mesurages du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone peuvent être réalisés de façon facultative et complémentaire et utilisés pour calculer le débit calorifique. L'appareillage, les modes opératoires et les méthodes de calcul décrits dans l'Annexe G sont alors applicables.

En apportant des modifications mineures à l'appareillage, les éprouvettes peuvent être soumises à essai en orientation verticale. L'Annexe E fournit des informations sur ces modifications.

6.2 Dispositif conique de chauffage électrique par rayonnement

L'élément actif du dispositif de chauffage doit être constitué d'un serpentin chauffant électrique, étroitement enroulé de façon à obtenir une forme tronconique (voir Figure 2) et capable de délivrer une puissance de 5 000 W à la tension de fonctionnement. Le dispositif de chauffage doit être enfermé dans un cône en acier inoxydable à double coque, l'espace entre les deux coques étant occupé par un matelas de fibres réfractaires de 13 mm d'épaisseur nominale et de 100 kg m⁻³ de masse volumique nominale. L'éclairement énergétique créé par le dispositif de chauffage doit être maintenu à un niveau préréglé en contrôlant la température moyenne de trois thermocouples (les thermocouples gainés en acier inoxydable de type K se sont avérés adaptés, mais l'inconel ou d'autres matériaux à hautes performances conviennent également), disposés de façon symétrique et en contact avec l'élément chauffant, sans être soudés à celui-ci (voir Figure 2). Des thermocouples gainés de 3,0 mm de diamètre extérieur avec jonction chaude exposée, ou des thermocouples gainés de 1,0 mm à 1,6 mm de diamètre extérieur avec jonction chaude non exposée, doivent être utilisés. Le dispositif de chauffage doit être capable de créer, à la surface de l'éprouvette, un éclairement énergétique allant jusqu'à 75 kW m⁻². Cet éclairement énergétique doit être uniforme à l'intérieur d'une zone centrale de 50 mm x 50 mm de la surface exposée de l'éprouvette, avec une tolérance de $\pm 2\%$ pour un éclairement énergétique de 50 kW m⁻².

6.3 Écran antirayonnement

Le dispositif de chauffage conique doit être équipé d'un écran antirayonnement amovible destiné à protéger l'éprouvette contre l'éclairement énergétique avant le début d'un essai. Cet écran doit être constitué d'un matériau incombustible, d'épaisseur totale inférieure ou égale à 12 mm. Il doit également présenter l'un des types de construction suivants:

- a) avec refroidissement par eau et apprêt noir mat permanent offrant une émissivité de surface $\varepsilon = 0,95 \pm 0,05$; ou
- b) sans refroidissement par eau, c'est-à-dire que cet écran peut être constitué d'un métal à face supérieure réfléchissante ou d'un métal à face supérieure en céramique, ou de céramique, afin de minimiser le transfert par rayonnement.

L'écran doit être muni d'une poignée ou d'un autre moyen approprié permettant d'insérer et de retirer rapidement l'écran. Le socle du dispositif de chauffage conique doit être équipé d'un mécanisme de mise en place de l'écran.

6.4 Système de contrôle de l'éclairage énergétique

Le système de contrôle de l'éclairage énergétique doit être correctement réglé de façon à maintenir, pendant l'étalonnage décrit au 10.1.2, la température moyenne des thermocouples du dispositif de chauffage au niveau prédéfini avec une tolérance de ± 10 °C.

6.5 Dispositif de pesage

Le dispositif de pesage doit offrir une résolution de 0,1 g et une exactitude minimale de $\pm 0,3$ g, déterminée conformément au mode opératoire d'étalonnage décrit à l'Article 10.2.2. Ce dispositif doit être capable de mesurer la masse d'éprouvettes pesant au minimum 500 g. Son temps de réponse de 10 % à 90 %, déterminé conformément à l'étalonnage décrit au 10.1.3, doit être inférieur ou égal à 4 s. La sortie du dispositif de pesage ne doit pas engendrer de dérive supérieure à 1 g sur une période de 30 minutes, déterminée conformément à l'étalonnage décrit à l'Article 10.1.4

6.6 Support d'éprouvette

Le support d'éprouvette est représenté à la Figure 3. Le support d'éprouvette doit se présenter sous forme d'un plateau carré de (25 ± 1) mm de profondeur, comportant une ouverture supérieure de (106 ± 1) mm x (106 ± 1) mm. Le support doit être constitué d'acier inoxydable de $(2,4 \pm 0,15)$ mm d'épaisseur. Il doit être muni d'une poignée destinée à faciliter sa mise en place et son retrait, ainsi que d'un mécanisme garantissant le centrage de l'éprouvette sous le dispositif de chauffage et l'alignement correct par rapport au dispositif de pesage. La partie inférieure du support doit être garnie d'une couche de fibres en céramique à faible masse volumique (65 kg m^{-3} de masse volumique nominale) présentant une épaisseur minimale de 13 mm. La distance entre la surface inférieure du dispositif de chauffage conique et le haut de l'éprouvette doit être ajustée à (25 ± 1) mm, sauf pour les matériaux dimensionnellement instables pour lesquels cette distance doit être de (60 ± 1) mm (voir Article 7.5).

6.7 Cadre de retenue

Le cadre de retenue doit être constitué d'acier inoxydable de $(1,9 \pm 0,1)$ mm d'épaisseur et se présenter sous forme d'une boîte dont chaque face intérieure mesure (111 ± 1) mm de largeur et (54 ± 1) mm de hauteur. L'ouverture prévue pour la face de l'éprouvette doit être un carré de $(94,0 \pm 0,5)$ mm, comme représenté à la Figure 4. Le cadre de retenue doit être équipé d'un système adapté permettant de le fixer sur le support d'éprouvette avec une éprouvette en place.

6.8 Système d'évacuation des gaz avec appareillage de mesure de débit

Le système d'évacuation des gaz doit se composer d'un ventilateur centrifuge d'évacuation dimensionné pour supporter les températures de fonctionnement, d'une hotte, de conduits d'admission et de refoulement raccordés au ventilateur et d'un débitmètre à diaphragme (voir Figure 5). La distance entre le bas de la hotte et la surface de l'éprouvette doit être de (210 ± 50) mm. Le système d'évacuation doit être capable de créer des écoulements jusqu'à un débit de $0,035 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, dans des conditions de température et de pression normalisées. La Figure 5 indique l'emplacement recommandé pour le ventilateur. Une autre solution consiste à positionner le ventilateur plus en aval et à installer le diaphragme de mesure avant le ventilateur, à condition que les exigences décrites dans le reste de cet article soient satisfaites.

Un diaphragme de (57 ± 3) mm de diamètre intérieur doit être installé entre la hotte et le conduit afin de favoriser le mélange.

Une sonde annulaire d'échantillonnage des gaz assurant le prélèvement des échantillons gazeux doit être installée dans le conduit d'admission du ventilateur, à (685 ± 15) mm de la hotte (voir Figure 5). La sonde annulaire d'échantillonnage des gaz doit comporter 12 petits trous de $(2,2 \pm 0,1)$ mm de diamètre

qui permettront d'établir la composition moyenne du flux gazeux. Ces trous doivent être orientés dans le sens opposé à l'écoulement gazeux afin d'éviter tout colmatage par la suie.

La température du flux gazeux doit être mesurée au moyen d'un thermocouple à jonction gainée de 1,0 mm à 1,6 mm de diamètre extérieur, ou d'un thermocouple à jonction exposée de 3 mm de diamètre extérieur, positionné dans l'axe de la cheminée d'évacuation et à (100 ± 5) mm en amont du diaphragme de mesure.

Le débit doit être déterminé en mesurant la pression différentielle à travers un diaphragme à paroi mince [diamètre intérieur de (57 ± 3) mm et épaisseur de $(1,6 \pm 0,3)$ mm], installé dans la cheminée d'évacuation, à 350 mm minimum en aval du ventilateur, si la position de ce dernier est conforme à celle de la Figure 5. Si le ventilateur est installé plus en aval de la position indiquée à la Figure 5, le diaphragme peut être positionné entre la sonde annulaire d'échantillonnage des gaz et le ventilateur. Cependant, dans ce cas, la longueur de la section droite du conduit installé de part et d'autre du diaphragme doit être supérieure ou égale à 350 mm.

6.9 Appareillage d'échantillonnage des gaz

L'appareillage d'échantillonnage des gaz comprend une pompe, des filtres empêchant l'entrée de suie, un moyen permettant d'éliminer l'humidité, un système de dérivation réglé de façon à dévier la totalité du flux gazeux hormis celui requis pour les analyseurs de gaz, un second piège à humidité et un piège destiné à éliminer le CO₂.

Le schéma de la Figure 6 illustre un exemple d'appareillage d'échantillonnage des gaz. D'autres montages satisfaisant aux exigences susmentionnées peuvent être utilisés. Le temps de retard de l'analyseur d'oxygène, t_d , doit être déterminé conformément à 10.1.5 et être inférieur ou égal à 60 s.

NOTE Si un analyseur de CO₂ (facultatif) est utilisé, les formules utilisées pour calculer le débit calorifique peuvent différer de celles indiquées pour le cas normalisé (voir Article 12 et [Annexe G](#)).

6.10 Circuit d'allumage

L'allumage externe est réalisé au moyen d'une bougie alimentée par un transformateur de 10 kV, ou d'un allumeur à étincelle. Les électrodes de la bougie doivent présenter un écartement de $(3,0 \pm 0,5)$ mm. La longueur des électrodes et l'emplacement de la bougie doivent être tels que l'éclateur se situe à (13 ± 2) mm au-dessus du centre de l'éprouvette, sauf pour les matériaux dimensionnellement instables pour lesquels la distance doit être de (48 ± 2) mm (voir Article 7.5).

6.11 Dispositif de mesure du temps d'allumage

Le dispositif de mesure du temps d'allumage doit être capable d'enregistrer le temps écoulé à la seconde près et offrir une exactitude de 1 s sur une période d'une heure.

6.12 Analyseur d'oxygène

L'analyseur d'oxygène doit être de type paramagnétique et offrir une plage de mesure minimale comprise entre 0 % et 25 % d'oxygène. L'analyseur doit engendrer une dérive inférieure ou égale à 50 µl/l d'oxygène sur une période de 30 minutes, et un bruit inférieur ou égal à 50 µl/l d'oxygène pendant cette période de 30 minutes, mesurés conformément au 10.1.6. Les analyseurs d'oxygène étant sensibles aux pressions des flux gazeux, la pression doit être régulée (en amont de l'analyseur) afin de réduire au minimum les fluctuations de débit, et les valeurs indiquées par l'analyseur doivent être compensées à l'aide d'un capteur de pression absolue afin de tenir compte des variations de pression atmosphérique. L'analyseur et le capteur de pression absolue doivent être installés dans un environnement isotherme. La température de l'environnement doit être maintenue dans les limites de 2 °C par rapport à une valeur prédéfinie entre 30 °C et 70 °C. L'analyseur d'oxygène doit engendrer un temps de réponse de 10 % à 90 % de sa déviation totale inférieur ou égal à 12 s, mesuré conformément au 10.1.5.