

---

---

**Moteurs à combustion interne à allumage  
par compression — Appareillage de  
mesure de la fumée des moteurs dans les  
conditions stabilisées — Fumimètres à  
filtre**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Internal combustion compression-ignition engines — Measurement  
apparatus for smoke from engines operating under steady-state  
conditions — Filter-type smokemeter*

[ISO 10054:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b30cb2c4-e755-4c6c-bed6-15b6726c2633/iso-10054-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b30cb2c4-e755-4c6c-bed6-15b6726c2633/iso-10054-1998>



## Sommaire

Page

<b>1</b>	Domaine d'application .....	<b>1</b>
<b>2</b>	Références normatives .....	<b>1</b>
<b>3</b>	Définition .....	<b>2</b>
<b>4</b>	Symboles .....	<b>2</b>
<b>5</b>	Principe de mesure .....	<b>2</b>
<b>6</b>	Caractéristiques des fumimètres à filtre .....	<b>2</b>
<b>6.1</b>	Conditions de référence .....	<b>2</b>
<b>6.2</b>	Spécifications générales .....	<b>3</b>
<b>6.3</b>	Paramètres .....	<b>5</b>
<b>7</b>	Informations devant être fournies par le fabricant .....	<b>7</b>
<b>8</b>	Conditions de fonctionnement du fumimètre à filtre .....	<b>7</b>
<b>8.1</b>	Installation du fumimètre à filtre .....	<b>7</b>
<b>8.2</b>	Mode opératoire d'échantillonnage .....	<b>8</b>
<b>9</b>	Maintenance des capacités fonctionnelles du fumimètre à filtre .....	<b>8</b>
<b>10</b>	Vérification des types de fumimètres à filtre .....	<b>8</b>
<b>10.1</b>	Modes opératoires applicables .....	<b>8</b>
<b>10.2</b>	Instrumentation et moyens de vérification .....	<b>8</b>
<b>10.3</b>	Contrôles de vérification .....	<b>9</b>
<b>10.4</b>	Mesurages et calculs de vérification .....	<b>9</b>

© ISO 1998

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse  
Internet iso@iso.ch

Imprimé en Suisse

<b>10.5</b>	Propreté du gaz dans le volume mort .....	<b>10</b>
<b>10.6</b>	Température à la fin de l'échantillonnage .....	<b>10</b>
<b>10.7</b>	Échantillonnage représentatif .....	<b>10</b>
<b>10.8</b>	Noircissement uniforme de la surface du filtre .....	<b>11</b>
<b>10.9</b>	Caractéristiques du réflectomètre .....	<b>11</b>
<b>10.10</b>	Caractéristiques du filtre .....	<b>12</b>
<b>10.11</b>	Écran d'étalonnage .....	<b>12</b>
<b>10.12</b>	Exactitude du système réflectométrique .....	<b>12</b>
<b>10.13</b>	Méthodes statistiques .....	<b>12</b>

### Annexes

<b>A</b>	Équipement de vérification du volume de fuite et du volume réel d'aspiration du fumimètre à filtre .....	<b>13</b>
<b>A.1</b>	Description générale .....	<b>13</b>
<b>A.2</b>	Spécifications de l'équipement nécessaire .....	<b>13</b>
<b>A.3</b>	Opérations préliminaires .....	<b>15</b>
<b>A.4</b>	Mode opératoire de contrôle de l'étanchéité et du volume réel d'aspiration, $V_A$ .....	<b>16</b>
<b>A.5</b>	Mode opératoire de contrôle du volume nominal d'aspiration .....	<b>16</b>
<b>B</b>	Bibliographie .....	<b>17</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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 10054 a été élaborée conjointement par les comités techniques ISO/TC 22, *Véhicules routiers*, sous-comité SC 5, *Essais des moteurs* et ISO/TC 70, *Moteurs à combustion interne*, sous-comité SC 5, *Prescriptions spéciales*.

L'annexe A fait partie intégrante de la présente Norme internationale. L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b30cb2c4-e755-4c6c-bed6-15f6726c2633/iso-10054-1998>

# Moteurs à combustion interne à allumage par compression — Appareillage de mesure de la fumée des moteurs dans les conditions stabilisées — Fumimètres à filtre

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit les caractéristiques des appareils destinés à mesurer la teneur en suie des gaz d'échappement des moteurs alternatifs à combustion interne à allumage par compression (diesel) fonctionnant dans des conditions stabilisées par la méthode dite «du noircissement d'un filtre». Ces appareils de mesure sont appelés «fumimètres à filtre».

La présente Norme internationale ne traite pas des appareils mesurant dans les conditions transitoires. Si les fumimètres à filtre travaillent dans les conditions transitoires, les résultats de divers types d'instruments ne peuvent être comparés que si les conditions d'échantillonnage sont identiques.

La présente Norme internationale n'est pas applicable aux moteurs d'aéronef.

## 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 534:1988, *Papier et carton — Détermination de l'épaisseur et de la masse volumique des feuilles uniques ou des feuilles en liasses.*

ISO 2602:1980, *Interprétation statistique de résultats d'essais — Estimation de la moyenne — Intervalle de confiance.*

ISO 2758:—<sup>1)</sup>, *Papier — Détermination de la résistance à l'éclatement.*

ISO/CIE 10526:1991, *Illuminants colorimétriques normalisés CIE.*

CIE 584-1:1995, *Couples thermoélectriques — Première partie: Tables de référence.*

CEI 584-2:1982, *Couples thermoélectriques — Deuxième partie: Tolérances.*

CIE 38:1977, *Caractéristiques radiométriques et photométriques des matériaux et leur mesure.*

CIE 64:1984, *Determination of the spectral responsivity of optical radiation detectors* (publiée en anglais uniquement).

CEI 69:1987, *Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters: performance, characteristics and specifications* (publiée en anglais uniquement).

ANSI/ASTM D2156-94, *Méthode d'essai de fumée des gaz de combustion de distillats.*

DIN 5036-1:1978, *Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien — Teil 1: Begriffe, Keunzahlen* [propriétés

1) À publier. (Révision de l'ISO 2758:1983)

radiométriques et photométriques des matériaux — Partie 1: Définitions, caractéristiques].

DIN 5036-3:1979, *Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien — Teil 3: Meßverfahren für lichttechnische and spektrale strahlung — physikalische Kennzahlen* [propriétés radiométriques et photométriques des matériaux — Partie 3: Méthode de mesure des caractéristiques radiométriques et photométriques spectrales].

JIS D 8004:1986, *Reflection type smokemeters for automobile diesel engine* (il existe une traduction en anglais de la version de 1971).

### 3 Définition

Pour les besoins de la présente Norme internationale, la définition suivante s'applique.

**3.1 suie:** Constituants du gaz d'échappement noircissant le filtre.

### 4 Symboles

Les symboles suivants sont utilisés dans la présente Norme internationale:

$A_F$	est la surface effective du filtre (voir 6.2.1.3, 6.3.3 et 10.4.4)
$A_S$	est la section droite du système d'échantillonnage en un point quelconque (voir 6.2.4)
FSN	est l'indice de fumée du filtre (voir 6.3.2)
$i$	est l'indice identifiant les différentes surfaces (voir 10.8)
$I_F$	est la longueur effective de colonne filtrée, c'est-à-dire la longueur de la colonne de gaz d'échappement traversant le filtre (voir 6.3.4)
$R'_b$	est la valeur réflectométrique (visuelle du filtre noirci) (voir 6.3.1 et 6.3.2)
$R'_c$	est la valeur réflectométrique (visuelle) du filtre propre (voir 6.3.1)
$R'_r$	est la valeur réflectométrique relative du filtre noirci (voir 6.3.1 et 6.3.2)
$R'_{ri}$	est la valeur réflectométrique relative de la partie $i$ du filtre noirci (voir 10.8)
$t$	est le temps d'aspiration (voir 6.2.4 et 10.4.2)
$\bar{V}$	est la vitesse moyenne du gaz (voir 6.2.4)

$V_D$  est le volume mort du système d'échantillonnage (voir 6.2.1.2, 6.3.4 et 10.4.3)

$V_E$  est le volume effectif d'aspiration (voir 6.3.4)

$V_L$  est le volume de fuite (voir 6.2.5, 6.3.4 et A.4)

$V_N$  est le volume nominal d'aspiration (voir 6.2.4, 6.3.3 et 6.3.4 et 10.4.1)

## 5 Principe de mesure

Pour mesurer la fumée à l'aide d'un fumimètre à filtre, une certaine quantité de gaz d'échappement est prélevée dans le tuyau d'échappement au moyen d'un conduit d'échantillonnage et on la fait passer sur un filtre de surface connue. Le filtre est ainsi noirci par la suie contenue dans une colonne de gaz d'une certaine longueur. Ce noircissement est une mesure de la teneur en suie du gaz d'échappement. Le noircissement du filtre est évalué par calcul, à partir du facteur de réflexion du filtre noirci par rapport à celui d'un filtre propre.

Le degré de noircissement s'exprime sous la forme d'un indice de fumée du filtre (FSN) et se calcule par la formule indiquée en 6.3.2.

Le fumimètre à filtre ne mesure ni la fumée blanche ni la fumée bleue.

En cas d'injection d'eau dans le système d'échappement, le mesurage ou l'échantillonnage ne peut s'effectuer qu'en amont du point d'injection.

## 6 Caractéristiques des fumimètres à filtre

### 6.1 Conditions de référence

Pour les essais pratiques sur moteur, il convient d'utiliser une pression de référence ambiante et une température de référence de 298 K (25 °C). La raison en est que, dans la pratique courante, les fumimètres à filtre mesurent à une pression quasi ambiante et qu'on ne sépare pas les effets des conditions ambiantes sur la production de fumée par un moteur et les effets des conditions ambiantes sur les relevés du fumimètre. Une telle séparation exigerait d'ailleurs de corriger très largement les relevés de l'appareil lorsque les mesurages sont effectués en altitude, alors que la méthode de correction n'est pas encore complètement mise au point.

Toutefois, si l'on doit faire une comparaison dans l'absolu entre deux gaz d'échappement (sans tenir compte de l'influence des conditions sur les performances du moteur), une pression de référence de

100 kPa et une température de référence de 298 K doivent être utilisées.

NOTE 1 Aux conditions de référence de fonctionnement du moteur dans l'ISO 1585 et dans l'ISO 3046-1 (pression d'admission de l'air dans le moteur de 100 kPa), les unités absolues et pratiques coïncident.

La longueur de référence de la colonne de gaz d'échappement doit être de 405 mm (pour la définition de la longueur effective de colonne de gaz d'échappement pour un appareillage donné, voir 6.3.4).

## 6.2 Spécifications générales

Des écarts par rapport aux spécifications suivantes sont permis si l'on peut prouver l'équivalence ou apporter des corrections. Les demandes de correction doivent être validées à la vérification, en s'assurant qu'elles demeurent valables en service.

### 6.2.1 Sonde et système d'échantillonnage

#### 6.2.1.1 Conception de la sonde

La sonde doit être conçue de manière à :

- prélever un échantillon représentatif de gaz d'échappement (approximativement au centre de la section du système d'échappement à l'entrée de la sonde, voir 8.1.1), avec une augmentation minimale de la contre-pression;
- ne pas permettre d'écoulement net de gaz d'échappement dans le (les) orifice(s) de la sonde, sauf pendant l'échantillonnage;
- avoir un diamètre intérieur d'au moins 3 mm sur toute la longueur du système d'échantillonnage en amont du filtre.

#### 6.2.1.2 Volume mort, $V_D$

Le volume mort est le volume total compris entre l'entrée de la sonde et la surface du filtre. Il ne doit pas dépasser 15 % du volume nominal d'aspiration pour une sonde et des conduits d'échantillonnage normaux.

Si différent(e)s sondes et/ou conduits d'échantillonnage sont fournis par le fabricant (par exemple pour de gros moteurs), le volume mort peut dépasser 15 % mais ne doit pas être supérieur à 40 %; dans ce cas, le fabricant doit fournir les données permettant de corriger les valeurs mesurées à la longueur effective de référence de 405 mm. Dans tous les cas, le volume mort doit être rempli de gaz propre avant l'échantillonnage.

### 6.2.1.3 Conception du dispositif de serrage

C'est le diamètre intérieur de la partie amont du dispositif de serrage du filtre qui définit la surface effective de filtration. Ce diamètre ne doit pas être supérieur à 35 mm, ni inférieur à 15 mm. Le diamètre intérieur de la partie aval doit être inférieur ou égal de 0,5 mm au diamètre intérieur de la partie amont, les deux diamètres intérieurs étant coaxiaux à 0,2 mm près, ou à 0,7 % près du diamètre intérieur de la partie amont si cette dernière valeur est plus faible.

Pour limiter l'effet d'un chanfrein sur le bord intérieur du dispositif de serrage du filtre, le chanfrein en question ne doit pas dépasser 0,7 % du diamètre intérieur ou 2 mm si cette dernière valeur est plus faible.

### 6.2.2 Noircissement de la surface du filtre

Il faut garantir, par une conception appropriée, un écoulement homogène du gaz, et donc un noircissement uniforme du filtre sur toute sa surface effective. Les variations de noircissement à la surface du filtre doivent respecter les prescriptions de 10.8.

### 6.2.3 Évaluation du filtre noirci

La valeur réflectométrique, conformément aux normes CIE 38 ou DIN 5036-1, doit être déterminée sur une zone représentative de la surface effective du filtre telle que la valeur mesurée correspond à  $\pm 0,05$  FSN plus 3 % de la moyenne des 80 % centraux de la surface effective du filtre.

### 6.2.4 Écoulement dans le circuit d'échantillonnage

Pour éviter des dépôts excessifs de suie, la vitesse moyenne du gaz pendant l'échantillonnage, en tout point du circuit d'échantillonnage situé en amont du filtre, ne doit pas être inférieure à 0,1 m/s pour un filtre propre.

La vitesse moyenne du gaz en un point quelconque se détermine par la formule:

$$\bar{V} = \frac{V_N}{A_S \times t}$$

Pour un appareillage avec pompe à piston, le temps d'aspiration,  $t$ , est le temps séparant le premier mouvement du piston de l'instant où la pression de la chambre d'échantillonnage revient à  $\pm 1$  kPa (10 mbar) de la pression statique moyenne à l'entrée de la sonde pour une fumée comprise entre 3 FSN et 4 FSN. Si la pression retourne à  $\pm 1$  kPa de la valeur en question avant la fin de la course, le temps d'aspiration doit être pris égal au temps de déplacement du piston.

Pour un appareillage avec pompe à débit constant ou tout autre dispositif d'aspiration, le temps d'as-

piration,  $t$ , est le temps séparant le démarrage de l'action de pompage de l'instant où la pression du circuit d'échantillonnage en aval du filtre revient à  $\pm 1$  kPa de la pression statique moyenne à l'entrée de la sonde pour une fumée comprise entre 3 FSN et 4 FSN. Si la pression revient à  $\pm 1$  kPa de la valeur en question avant l'arrêt du pompage, le temps d'aspiration doit être pris égal au temps s'écoulant entre le début et la fin du pompage.

En fin d'échantillonnage, au moins 95 % de la masse de gaz correspondant à la longueur effective réelle doit avoir traversé le filtre. La fin de l'échantillonnage se définit comme l'instant où s'arrête l'écoulement de gaz d'échappement dans le filtre. Elle peut correspondre soit au moment où la sonde est enlevée du tuyau d'échappement, débranchée ou isolée de la pompe, soit à l'arrêt du pompage.

### 6.2.5 Volume de fuite, $V_L$

En général, il convient d'éviter les fuites, mais dans certains cas ce n'est pas possible (par exemple, fuites au niveau des joints du piston lorsque ce dernier fonctionne ou au bord du filtre monté sous l'effet de la différence de pression).

Pour réduire son influence sur la longueur effective, le volume de fuite d'air ambiant entrant dans le système d'échantillonnage entre la sonde et le point de détermination du volume ne doit pas dépasser 10 % et la différence entre les volumes de fuite sur deux cycles d'échantillonnage différents quelconques effectués dans les mêmes conditions ne doit pas dépasser 1 % du volume nominal d'aspiration.

La variation admissible du débit de fuite en service, due par exemple à une détérioration des joints, ne doit pas faire différer la fuite de plus de 1 % du volume nominal d'aspiration de la spécification établie par le fabricant pour l'appareil.

Les prescriptions ci-dessus s'appliquent à des fumimètres de modèle courant dont la chambre d'aspiration ne se trouve à basse pression que lorsque l'appareil aspire le gaz à travers le filtre.

Si, par conception, la chambre d'aspiration est amenée à basse pression avant l'échantillonnage du gaz d'échappement, il faut vérifier qu'aucune fuite significative ne se produit lorsque la chambre est en dépression. Ce type de fuite est appelé «fuite statique» et doit être inférieur à 1 % du volume nominal d'aspiration lorsque le fumimètre est soumis

à une dépression égale à celle qui peut se produire en service normal pendant une durée égale à la durée maximale pendant laquelle le fumimètre est soumis à dépression en service normal.

### 6.2.6 Température

L'appareil et le système d'échantillonnage doivent être conçus de telle manière que la température du gaz au point de détermination du volume (par exemple, chambre d'échantillonnage des appareils à piston ou dispositif volumétrique pour d'autres types) soit constante à  $\pm 4$  K pendant un échantillonnage donné et soit indépendante de la température du gaz d'échappement dans les limites spécifiées par le fabricant (voir 6.2.7). Le fabricant doit fournir les moyens de vérifier cette température par surveillance ou contrôle direct ou indirect.

La conception doit garantir que le filtre demeure sec pendant l'échantillonnage.

Lorsque la température dépasse  $298 \text{ K} \pm 4 \text{ K}$  ( $25 \text{ °C} \pm 4 \text{ °C}$ ), le fabricant doit fournir les moyens pour rapporter les lectures du fumimètre à  $298 \text{ K}$  ( $25 \text{ °C}$ ).

NOTE 2 Avec un conduit d'échantillonnage de plus de 1 m de longueur et une vitesse moyenne du gaz dans le conduit comprise entre 10 m/s et 50 m/s, il s'est avéré possible de garantir une température ambiante de l'échantillon au point de détermination du volume. Dans ce cas, on obtient la température du gaz par voie indirecte en mesurant la température ambiante.

### 6.2.7 Limites de pression et de température

Le fabricant doit indiquer les conditions dans lesquelles l'appareil aspire un échantillon de fumée de masse correspondant à  $\pm 5$  % de la masse dans les conditions de référence (voir 6.1) (par exemple, température et pression d'échappement aux points spécifiés).

Le fabricant doit également indiquer comment rapporter les valeurs mesurées aux conditions de référence.

### 6.2.8 Spécifications du filtre

Le filtre doit être en fibre de cellulose naturelle, sans liant ni résine. La surface doit être lisse comme c'est le cas, par exemple, pour les filtres Schleicher & Schüll N° 604 LB ou Whatmann N° 4<sup>2)</sup>.

2) Ces produits sont des exemples de produits appropriés disponibles sur le marché. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif des produits ainsi désignés. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils conduisent aux mêmes résultats.



Le filtre neuf doit remplir les exigences de 6.2.8.1 à 6.2.8.4.

Si le fabricant de fumimètre à filtre spécifie un autre type de filtre, se reporter à l'article 7 f).

**6.2.8.1** Une pile opaque d'au moins 20 couches doit avoir une valeur réflectométrique de  $(92 \pm 3) \%$ , le mesurage étant effectué au moyen d'un réflectomètre à incidence de  $45^\circ$ , pour un illuminant normalisé A, perpendiculairement à la surface, avec un angle d'ouverture de  $2 \times (5^\circ \pm 1^\circ)$ .

L'étalon du facteur de réflexion, de valeur réflectométrique connue, utilisé comme référence peut être, par exemple, une tablette en sulfate de baryum conforme aux normes ANSI/ASTM D 2156-80, CIE 38, DIN 5036-1 ou DIN 5036-3, ou une tablette en oxyde de magnésium conforme à la norme JIS D 8004.

La valeur réflectométrique d'une tablette comprimée en sulfate de baryum ( $\text{BaSO}_4$ ) ou en oxyde de magnésium ( $\text{MgO}$ ) étant très voisine de leur facteur de luminance énergétique,  $\beta$ , pour les besoins de la présente Norme internationale, ce facteur sera pris comme valeur réflectométrique de référence:

$$R_{45/0}(\text{BaSO}_4) \approx \beta_{45/0}(\text{BaSO}_4)$$

ou

$$R_{45/0}(\text{MgO}) \approx \beta_{45/0}(\text{MgO})$$

NOTE 3 Les facteurs de luminance énergétique des tablettes comprimées en sulfate de baryum et en oxyde de magnésium diffèrent d'un lot à l'autre. Ils doivent donc être déterminés selon des normes nationales et indiqués par les fabricants de produits en poudre.

**6.2.8.2** Lorsqu'elle est déterminée conformément à la méthode «Gurley» avec un cylindre de 142 g et un diamètre de serrage de 28,66 mm, la résistance à l'air du papier doit être comprise entre 2 s et 5 s par 100 ml.

**6.2.8.3** Mesurée conformément à l'ISO 534 sous une charge de 50 kPa (0,5 bar), l'épaisseur moyenne doit être comprise entre 0,17 mm et 0,23 mm.

**6.2.8.4** Mesurée conformément à l'ISO 2758, avec un appareil ayant un diamètre maximal de serrage de 35 mm la pression d'éclatement ne doit pas être inférieure à 40 kPa (0,4 bar).

## 6.3 Paramètres

### 6.3.1 Valeur réflectométrique relative, $R'_r$

**6.3.1.1** Mesurer les valeurs réflectométriques du filtre propre,  $R'_c$ , et du filtre noirci,  $R'_b$ , en prenant comme matériau de base une pile de filtres opaques propres constituée d'au moins 20 couches, ou tout autre matériau ayant une réflectivité de  $(92 \pm 3) \%$  comme défini en 6.2.8.1. Ce matériau de base doit être aussi plat que possible.

Pour procéder au mesurage, placer la tête du réflectomètre sur le filtre de telle manière que la pression exercée ne provoque aucun déplacement indu de la surface du filtre par rapport au plan idéal d'observation et que le contact entre la tête du réflectomètre et le filtre ne change pas la réflectivité de ce dernier. Tel est censé être le cas lorsque la pression de contact exercée entre le réflectomètre et la surface est comprise entre 150 kPa et 300 kPa. La valeur réflectométrique relative, en pourcentage, est déterminée par le calcul à l'aide de l'équation

$$R'_r = \left( \frac{R'_b}{R'_c} \right) \times 100$$

$R'_r$  est déterminée sur une échelle de 0 à 100 %, 100 % représentant le filtre propre et 0 %, l'absence de réflexion.

**6.3.1.2** Les valeurs réflectométriques  $R'_b$  et  $R'_c$  doivent être déterminées au moyen d'un réflectomètre opto-électrique conforme aux exigences suivantes:

- a) La zone évaluée du filtre doit être éclairée en lumière diffuse correspondant à l'illuminant normalisé A de l'ISO/CIE 10526.

L'uniformité de l'éclairement lumineux doit être déterminée sur une zone de diamètre inférieur ou égal à 2 mm, le rapport des valeurs réflectométriques des zones la plus sombre et la plus brillante ne devant pas être inférieur à 0,85.

- b) La réponse spectrale relative de la tête du réflectomètre doit être similaire à l'efficacité lumineuse relative  $V(\lambda)$  de l'œil humain, l'erreur étant inférieure à 3 % (selon la définition de la CIE 69).

Le circuit électrique, indicateur compris, doit être conçu de telle sorte que le rapport entre le signal de sortie du détecteur photoélectrique du réflectomètre et l'intensité de la lumière reçue par la tête du réflectomètre ne varie pas sur la plage de réglage du circuit et sur la plage des températures de service du détecteur photoélectrique.

- c) L'observation doit se faire perpendiculairement à la surface de l'échantillon.
- d) La réponse directionnelle de la tête du réflectomètre doit être aussi uniforme que possible avec un angle maximal d'ouverture de  $2 \times 5^\circ$ .
- e) L'influence de la lumière perdue par réflexion à l'intérieur du système d'éclairage ou de détection ne doit pas dépasser 1,5 % de la valeur mesurée ou 0,05 FSN, selon la valeur la plus petite (voir 10.9.6).
- f) La linéarité de réponse du système réflectométrique à la luminance doit être meilleure que 1 % de la valeur mesurée selon la CIE 69.

### 6.3.2 Indice de fumée du filtre, FSN

**6.3.2.1** La relation entre la valeur réflectométrique relative conforme à 6.3.1 et l'indice de fumée du filtre pour l'échantillon considéré de gaz d'échappement (valeur correspondant au noircissement du filtre par la suie) est donnée, en pourcentage, par la formule:

$$\text{FSN} = \left( 1 - \frac{R_r'}{100} \right) \times 10$$

Cette formule n'est applicable que si la longueur effective calculée par la formule de 6.3.4 est de 405 mm et si la température et la pression du gaz dans le système sont conformes aux exigences de 6.1, 6.2.6 et 6.2.7 respectivement<sup>3)</sup>.

**6.3.2.2** L'indicateur (affichage) doit avoir une résolution correspondant à au moins 1 % de l'étendue de l'échelle.

**6.3.2.3** Des moyens doivent être prévus pour faire les vérifications ou les réglages d'échelle aux valeurs extrêmes, ou proches de ces valeurs, et aux valeurs intermédiaires (voir article 9).

**6.3.2.4** L'erreur de reproductibilité des mesurages sur un écran d'étalonnage ne doit pas être supérieure à 0,05 FSN si l'on exclut l'indicateur ou à 0,05 FSN plus 1 % de la pleine échelle si l'on en tient compte (voir 6.3.2.2).

### 6.3.3 Volume nominal d'aspiration, $V_N$ , et surface effective du filtre, $A_F$

Le volume nominal d'aspiration et la surface effective du filtre découlent normalement de la conception de l'appareillage. Si l'on ne peut pas les déterminer à partir des données de calcul (voir 6.2.1.3), il faut les mesurer.

Le volume de fuite,  $V_L$ , doit être mesuré conformément à 10.2.4.

### 6.3.4 Volume effectif d'aspiration, $V_E$ , et longueur effective de colonne filtrée, $L_F$

Le volume effectif d'aspiration se calcule à l'aide de la formule

$$V_E = V_N - V_D - V_L$$

La longueur effective de colonne filtrée se calcule à l'aide de la formule

$$L_F = \frac{V_E}{A_F}$$

La longueur effective réelle doit être déterminée avec une exactitude de  $\pm 1\%$ .

## 7 Informations devant être fournies par le fabricant

Le fabricant de fumimètres doit fournir un manuel comportant les renseignements suivants:

- a) données sur le volume mort et les dispositions nécessaires pour s'assurer qu'il est rempli de gaz propre avant l'échantillonnage (voir 6.2.1.2 et 8.2);
- b) limites de température, pression, vitesse du gaz d'échappement et diamètre du tuyau d'échappement, imposées à la sonde (voir 6.2.1.1 et 6.2.2);
- c) données sur le volume de fuite (voir 6.2.5);

<sup>3)</sup> Il est possible d'utiliser des fumimètres dont la longueur effective est inférieure ou supérieure à 405 mm pour mesurer des indices de fumée respectivement faibles ou élevés. Les valeurs mesurées devront toutefois être corrigées de la manière spécifiée en article 7 c9, et l'échelle d'unités de l'indicateur de fumée correspondant peut être réduite.

- d) données sur la température du gaz et, le cas échéant, les moyens de correction (voir 6.2.6);
- e) données sur le volume nominal d'aspiration et les conditions de référence et/ou de fonctionnement (voir 6.3.3);
- f) moyens de corriger la valeur mesurée si le fabricant de fumimètres utilise des filtres de propriétés autres que celles qui sont spécifiées en 6.2.8;
- g) données sur les caractéristiques du système réflectométrique du fumimètre et leur moyen de contrôle et/ou de réglage (voir 6.3.1);
- h) données sur la surface effective du filtre (voir 6.2.1.3 et 6.3.3);
- i) données sur la longueur effective (voir 6.3.4): si, calculée conformément à 6.3.4, la longueur effective ne se situe pas entre 401 mm et 409 mm, le fabricant de fumimètres doit fournir à l'utilisateur le moyen de corriger les valeurs mesurées;
- j) moyens de corriger les valeurs mesurées si les caractéristiques du réflectomètre diffèrent de celles spécifiées en 6.3.1;
- k) données sur les programmes de maintenance et/ou de contrôle (voir article 9);
- l) essai en service pour garantir et contrôler les propriétés de l'appareillage [élançabilité (voir 6.2.5 et annexe A), moyens d'étalonnage pour le contrôle de la linéarité (voir article 9)];
- m) tolérances sur les tensions de service;
- n) temps de stabilisation après mise sous tension du réflectomètre;
- o) toute autre information nécessaire pour respecter les exigences de la présente Norme internationale.

## 8 Conditions de fonctionnement du fumimètre à filtre

### 8.1 Installation du fumimètre à filtre

#### 8.1.1 Généralités

Seuls peuvent être utilisés la (les) sonde(s) et le système d'échantillonnage fournis par le fabricant du fumimètre.

L'introduction de la sonde dans le tuyau d'échappement ne doit pas affecter les caractéristiques de fonctionnement du moteur. Cette condition est

considérée comme respectée si l'augmentation de contre-pression due à la sonde ne dépasse pas 1 kPa (10 mbar). Si tel n'est pas le cas, il faut prévoir pour l'installation une longueur suffisante de tuyau d'échappement de diamètre supérieur.

La température à l'entrée de la sonde doit être supérieure au point de rosée du gaz d'échappement.

NOTE 4 La température du gaz d'échappement est habituellement supérieure au point de rosée, mais des précautions peuvent devenir nécessaires lorsque la température ambiante est basse, le moteur n'est pas assez chaud ou le combustible a une teneur élevée en soufre.

Le conduit d'échantillonnage doit être conçu globalement en pente montante régulière depuis la sonde jusqu'au fumimètre, et sans coudes pointus.

La sonde doit être installée au centre du tuyau d'échappement. La longueur droite du tuyau d'échappement doit être au moins égale à six diamètres en amont de la sonde et à au moins trois diamètres en aval de celle-ci.

Lorsque, en raison de températures élevées, par exemple, il n'est pas possible d'installer le fumimètre à filtre sur le conduit d'échantillonnage normalement fourni par le fabricant, une rallonge fournie par le fabricant peut être ajoutée (voir 6.2.1.2). Dans ce cas, un robinet doit être monté près du fumimètre (voir 8.2 pour l'emploi de la sonde pendant l'échantillonnage).

Lorsque les tuyaux d'échappement sont de diamètre important (exemple, de plus de 250 mm), il peut s'avérer difficile de respecter les conditions concernant les longueurs droites. Dans ce cas, un autre type de montage d'échantillonnage peut être utilisé, dans la mesure où il est prouvé qu'il fournit un échantillon représentatif.

#### 8.1.2 Tuyau d'échappement du véhicule

Pour mesurer la fumée sur des véhicules dont le tuyau d'échappement a un diamètre inférieur à environ 250 mm, la sonde doit être installée aussi précisément que possible au centre du tuyau et à un minimum de 300 mm de son extrémité. La longueur droite de tuyau d'échappement doit être au moins égale à six diamètres en amont de la sonde et à au moins trois diamètres en aval de celle-ci. En cas de besoin, le tuyau d'échappement peut être allongé. Dans ce cas, aucune entrée d'air n'est autorisée.

#### 8.2 Mode opératoire d'échantillonnage

L'échantillonnage doit avoir lieu selon les instructions du fabricant du fumimètre. Des mesures doivent être prises pour assurer que le volume mort est rempli de gaz propre juste avant l'échantillon-