

NORME  
INTERNATIONALE

ISO  
8178-3

Première édition  
1994-09-01

---

---

**Moteurs alternatifs à combustion  
interne — Mesurage des émissions de gaz  
d'échappement —**

iTeh STANDARD PREVIEW

**Partie 3:**

**(Définitions et méthodes de mesure de la  
fumée des gaz d'échappement dans des  
conditions stabilisées)**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6105b1e-4c52-4935-a2c9-669ce9448701/iso-8178-3-1994>

*Reciprocating internal combustion engines — Exhaust emission  
measurement —*

*Part 3: Definitions and methods of measurement of exhaust gas smoke  
under steady-state conditions*



Numéro de référence  
ISO 8178-3:1994(F)

## 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 8178-3 a été élaborée conjointement par les comités techniques ISO/TC 70, *Moteurs à combustion interne*, sous-comité SC 8, *Mesurage des émissions de gaz d'échappement* et ISO/TC 22, *Véhicules routiers*, sous-comité SC 5, *Essais des moteurs*.

L'ISO 8178 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Moteurs alternatifs à combustion interne — Mesurage des émissions de gaz d'échappement*:

- *Partie 1: Mesurage des émissions de gaz et de particules au banc d'essai*
- *Partie 2: Mesurage des émissions de gaz et de particules in situ*
- *Partie 3: Définitions et méthodes de mesure de la fumée des gaz d'échappement dans des conditions stabilisées*
- *Partie 4: Cycles d'essais pour différentes applications des moteurs*
- *Partie 5: Combustibles d'essai*
- *Partie 6: Rapport d'essai*
- *Partie 7: Détermination des familles et groupes de moteurs*

© ISO 1994

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

Imprimé en Suisse

L'annexe A de la présente partie de l'ISO 8178 est donnée uniquement à titre d'information.

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

ISO 8178-3:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f63bff6-de52-4935-a2c9-669ce9448701/iso-8178-3-1994>

## Introduction

Les Normes internationales listées ci-dessous, qui concernent les mesurages de la fumée émise par les moteurs alternatifs à combustion interne, ont été élaborées conjointement par le TC 22, *Véhicules routiers*, et le TC 70, *Moteurs à combustion interne*.

ISO 8178-3:—, *Moteurs alternatifs à combustion interne — Mesurage des émissions de gaz d'échappement — Partie 3: Définitions et méthodes de mesure de la fumée des gaz d'échappement dans des conditions stabilisées*.

ISO 10054:—, *Moteurs à combustion interne à allumage par compression — Appareillage de mesure de la fumée des moteurs dans les conditions stabilisées — Fumimètres à filtre*.

ISO 11614:—, *Moteurs alternatifs à combustion interne à allumage par compression — Appareillage de mesure de l'opacité et du coefficient d'absorption de la lumière des gaz d'échappement*.

L'ISO 10054 et l'ISO 11614 définissent les équipements de mesure pour des méthodes différentes de mesure de la fumée. La présente partie de l'ISO 8178 définit leur application aux moteurs alternatifs à combustion interne sur la base de ces Normes.

Les méthodes de mesure de la fumée sont utilisées pour les mesurages des émissions visibles. Les résultats de mesure de la fumée, évalués conformément à la présente partie de l'ISO 8178 sont différents de ceux effectués conformément aux méthodes de mesure des particules décrites dans l'ISO 8178-1 et dans l'ISO 8178-2 ou dans d'autres normes et règlements.

En outre, les deux méthodes de mesure de la fumée décrites dans la présente partie de l'ISO 8178 sont différentes et n'autorisent qu'une corrélation réduite entre elles.

# Moteurs alternatifs à combustion interne — Mesurage des émissions de gaz d'échappement —

## Partie 3:

### Définitions et méthodes de mesure de la fumée des gaz d'échappement dans des conditions stabilisées

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 8178 prescrit deux méthodes de mesure des caractéristiques de la fumée des gaz d'échappement des moteurs alternatifs à combustion interne fonctionnant dans des conditions stabilisées. L'une évalue l'opacité de la fumée en mesurant l'obscurcissement d'un faisceau lumineux, l'autre évalue la teneur en suie en mesurant le noircissement d'un filtre. Les applications particulières des moteurs peuvent, si nécessaire, faire l'objet de spécifications individuelles.

La présente partie de l'ISO 8178 ne traite pas du mesurage dans les conditions transitoires: les résultats obtenus dans ces conditions par des fumimètres de différents types ne sont pas comparables, sauf si les conditions d'échantillonnage sont identiques et les caractéristiques des instruments sont compatibles.

La présente partie de l'ISO 8178 est applicable aux moteurs alternatifs à combustion interne à usage terrestre, ferroviaire et marin, y compris les moteurs utilisés pour la propulsion de tracteurs agricoles et de véhicules routiers.

Elle peut être appliquée aux moteurs de propulsion des engins de terrassement et de travaux publics, des chariots industriels, ainsi qu'à tout autre domaine pour lequel aucune Norme internationale appropriée au mesurage des émissions de fumées d'échappement n'existe.

NOTE 1 En cas d'injection d'eau dans le système d'échappement, le mesurage ou l'échantillonnage ne peut avoir lieu qu'en amont du point d'injection.

#### 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 partie de l'ISO 8178. 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 partie de l'ISO 8178 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 2710-1:—<sup>1)</sup> *Moteurs à combustion interne — Vocabulaire — Partie 1: Termes relatifs à la conception et au fonctionnement d'un moteur.*

ISO 10054:—<sup>2)</sup> *Moteurs à combustion interne à allumage par compression — Appareillage de mesure de la fumée des moteurs dans les conditions stabilisées — Fumimètres à filtre.*

ISO 11614:—<sup>2)</sup> *Moteurs alternatifs à combustion interne à allumage par compression — Appareillage*

1) À publier. (Révision de l'ISO 2710:1978 et de son Additif 1:1982)

2) À publier.

de mesure de l'opacité et du coefficient d'absorption de la lumière des gaz d'échappement.

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 8178, les définitions suivantes s'appliquent. (Voir aussi l'ISO 2710-1.)

**3.1 fumée de gaz d'échappement:** Ensemble visible de particules solides et/ou liquides en suspension dans les gaz, résultant d'une combustion ou d'une pyrolyse. [Selon ISO/CEI Guide 52]

NOTE 2 La fumée noire est principalement composée de particules de carbone (suie). La fumée bleue est généralement due à des gouttelettes résultant de la combustion incomplète du carburant ou de l'huile de lubrification. La fumée blanche est généralement due à la condensation de l'eau et/ou du carburant liquide.

**3.2 facteur de transmission,  $\tau$ :** Fraction, exprimée en pourcentage, de la lumière émise par une source, qui traverse une zone obscurcie par la fumée, et qui atteint l'observateur ou le récepteur de l'instrument.

**3.3 obscurcissement,  $N$ :** Fraction, exprimée en pourcentage, de la lumière émise par une source, qui traverse une zone obscurcie par la fumée, et qui n'atteint pas l'observateur ou le récepteur de l'instrument:

$$N = 100 - \tau$$

**3.4 chemin optique effectif,  $L_A$ :** Longueur, exprimée en mètres, du rayon lumineux coupé par le courant de gaz d'échappement entre l'émetteur et le récepteur, corrigée pour tenir compte des hétérogénéités dues aux gradients de densité et aux effets de bord.

**3.5 coefficient d'absorption de la lumière,  $k$ :** Coefficient, exprimé en mètres à la puissance moins un, défini par la loi de Beer-Lambert et donné par la formule

$$k = \frac{-1}{L_A} \ln \left( \frac{\tau}{100} \right)$$

ou

$$k = \frac{-1}{L_A} \ln \left( 1 - \frac{N}{100} \right)$$

NOTES

3 Pour permettre une comparaison correcte, il convient d'indiquer la température ambiante et la pression atmos-

phérique régnant pendant le mesurage, car ces paramètres ont une incidence sur le coefficient d'absorption de la lumière. Pour la comparaison, il est également recommandé de rapporter ou de corriger la température du gaz d'échappement à 373 K (voir aussi 4.4.1.4).

4 Le terme «coefficient d'absorption de la lumière» est d'usage courant. C'est la raison pour laquelle il est utilisé dans la présente partie de l'ISO 8178. Le terme «coefficient d'atténuation de la lumière» serait plus correct. Dans ce contexte, les deux termes signifient cependant exactement la même chose.

**3.6 suie:** Tous les composants contenus dans le gaz d'échappement et noircissant un filtre.

**3.7 indice de fumée du filtre, FSN:** Caractéristique de la fumée des gaz d'échappement, représentée par le degré de noircissement d'un filtre propre provoqué par le passage de la suie dans une colonne donnée de gaz d'échappement à travers ce filtre.

**3.8 longueur effective de la colonne filtrée,  $L_f$ :** Longueur, exprimée en mètres, de la colonne de gaz passant réellement à travers le filtre, en tenant compte des volumes morts et des fuites du système d'échantillonnage.

**3.9 opacimètre:** Instrument mesurant les caractéristiques de la fumée à partir d'une méthode optique de transmission. (Voir l'ISO 11614.)

**3.9.1 opacimètre à débit partiel:** Opacimètre où une partie seulement de l'écoulement de gaz d'échappement traverse la chambre de mesure.

**3.9.2 opacimètre à débit total:** Opacimètre où la totalité de l'écoulement de gaz d'échappement traverse la chambre de mesure.

**3.10 fumimètre à filtre:** Instrument dans lequel un volume donné de gaz d'échappement passe au travers d'un filtre propre de surface donnée, dont on mesure ensuite le degré de noircissement pour déterminer l'indice de fumée. (Voir l'ISO 10054.)

## 4 Mesurage de la fumée à l'aide d'un opacimètre

### 4.1 Application

Cette méthode peut être utilisée pour les mesurages des trois types de fumée définis en 3.1, mais est plus appropriée pour les fumées noire et bleue.

NOTE 5 Les valeurs mesurées sont affectées par le chemin optique effectif (3.4) et par la température du gaz.

## 4.2 Principe

Un faisceau lumineux passe au travers d'une veine de gaz d'échappement dans la chambre de mesure de l'instrument, son intensité est mesurée et comparée à l'intensité initiale.

NOTE 6 L'opacimètre peut être construit de manière à être exposé à tout ou partie de l'écoulement de gaz d'échappement (voir 3.9.1 et 3.9.2).

## 4.3 Mode opératoire

### 4.3.1 Opacimètre à débit partiel

Diriger un échantillon de gaz, à travers un conduit d'échantillonnage muni d'une sonde, vers la chambre de mesure où l'intensité de la lumière reçue est mesurée en continu.

### 4.3.2 Opacimètre à débit total

Placer la chambre de mesure dans le système d'échappement du moteur ou à une distance spécifiée en aval de l'extrémité du tuyau d'échappement. Mesurer l'intensité de la lumière reçue.

## 4.4 Exigences générales

L'appareillage de mesure doit être conforme à l'ISO 11614. Les différentes parties de l'appareillage de mesure doivent être capables de supporter les températures appliquées.

### 4.4.1 Opacimètre à débit partiel

#### 4.4.1.1 Sonde d'échantillonnage

La sonde doit être placée dans l'écoulement de gaz d'échappement pour y prélever un échantillon représentatif. L'échantillon doit être introduit dans la chambre de mesure et la traverser de telle manière qu'il conserve sa représentativité.

L'installation complète doit être conçue de telle sorte que le conduit d'échantillonnage reliant la sonde à l'opacimètre soit aussi court que possible et en pente montante régulière. Le conduit doit être étanche au gaz et ne doit avoir ni coude brusque ni rétrécissement évitables pouvant présenter une résistance locale à l'écoulement.

Pour établir les conditions de température requises à l'entrée de la chambre, un échangeur de chaleur peut être monté dans le conduit, mais ce dernier ne doit pas modifier de façon excessive les caractéristiques du gaz.

### 4.4.1.2 Chambre de mesure

L'arrivée directe de lumière sur le récepteur par suite de réflexions ou diffusions internes à la chambre de mesure doit être réduite au maximum (par exemple, en peignant les surfaces internes en noir mat et en adoptant une disposition générale adéquate).

### 4.4.1.3 Débit du gaz

La transmission de la lumière à travers le gaz d'échappement doit être indépendante du débit du gaz, dans les limites spécifiées par le fabricant de l'opacimètre.

### 4.4.1.4 Température du gaz

Lorsque la température moyenne de fonctionnement,  $T$ , est différente de 373 K, il convient que l'indication de l'opacimètre,  $k_{\text{obs}}$ , soit rapportée à 373 K à l'aide de la formule

$$k_{\text{corr}} = k_{\text{obs}} \times \frac{T}{373}$$

NOTE 7 À une température donnée,  $k$  peut s'écrire, par exemple,  $k_{300}$ .

En tout point de la chambre de mesure, la température du gaz d'échappement doit être d'au moins 343 K et d'au plus 553 K pour qu'on puisse utiliser la formule. Si les températures sortent de cette plage, les lectures doivent être enregistrées sans correction, mais en notant la température. La plage en question correspond à une plage où l'on considère que toute l'eau présente se trouve sous forme de vapeur et toutes les autres particules non solides non condensées (c'est-à-dire la quantité de carburant ou d'huile de lubrification non brûlée et non condensée) sont non significatives dans la fumée normale d'échappement à pleine charge. Dans ces conditions, la formule de correction des effets de la température est valable.

Elle n'est pas valable si le gaz d'échappement renferme une proportion anormale de constituants non solides. Ainsi ne s'appliquera-t-elle pas aux gaz d'échappement des moteurs fonctionnant avec un carburant lourd à forte teneur en soufre, qui, à 373 K, peuvent renfermer des gouttelettes de soufre acide condensé. Dans ce cas, il est nécessaire, pour les comparaisons, d'effectuer les mesurages sur une plage de températures plus restreinte, autour de 373 K ou, si le mesurage de ces gouttelettes est à éviter, de maintenir les gaz d'échappement de ces moteurs à plus de 413 K et, si besoin est, de rapporter à 373 K pour obtenir une valeur nominale de référence servant aux comparaisons.

#### 4.4.2 Opacimètre à plein débit

NOTE 8 Les remarques de 4.4.1.4 s'appliquent aussi lorsque les opacimètres à débit total sont utilisés pour déterminer le coefficient d'absorption de la lumière.

##### 4.4.2.1 Disposition de l'équipement de mesure

L'équipement de mesure doit être disposé de l'une des deux manières suivantes.

- En ligne:** la chambre de mesure est placée dans le système d'échappement du moteur.
- En bout de ligne:** l'instrument mesure la fumée dans l'atmosphère à une distance spécifiée en aval de l'extrémité du tuyau d'échappement.

#### 4.5 Exigences pour le système optique

Le système optique doit être constitué de deux éléments: la source de lumière et le récepteur. Un système de réflecteurs peut être ajouté.

##### 4.5.1 Source de lumière

La source de lumière doit être une lampe à incandescence dont la température de couleur est comprise entre 2 800 K et 3 250 K (voir l'ISO/CIE 10526), ou une diode électroluminescente (DEL) verte dont la crête spectrale est comprise entre 550 nm et 570 nm.

##### 4.5.2 Récepteur de lumière

Le récepteur doit être une cellule photoélectrique dont la courbe de réponse spectrale est similaire à la courbe photopique de l'œil humain (réponse maximale sur la plage de 550 nm à 570 nm et moins de 4 % de cette réponse maximale au-dessous de 430 nm et au-dessus de 680 nm), ou une photodiode si l'on utilise une DEL verte.

##### 4.5.3 Réflecteurs et protecteurs

Si des réflecteurs ou des protecteurs sont utilisés, la réponse du système source/récepteur ne doit pas sortir des limites de fréquence définies en 4.5.2, ni entraîner des écarts significatifs de la valeur mesurée pendant le mesurage.

##### 4.5.4 Chemin optique effectif

Le chemin optique effectif (3.4) permet le calcul du coefficient d'absorption de la lumière,  $k$ . En cas d'utilisation d'air propre pour protéger les éléments optiques contre l'encrassement par la suie, il faut tenir compte de son effet sur le chemin optique effectif.

Cette longueur,  $L_A$ , est généralement indiquée par le fabricant de l'instrument.

NOTE 9 Les instruments de mesure de l'opacité ne conviennent pas tous à la mesure du coefficient d'absorption de la lumière car il n'est pas toujours facile de déterminer le chemin optique effectif et, avec des instruments en bout de ligne, le gaz d'échappement mesuré ne se trouve pas dans une enceinte non réfléchissante.

#### 4.6 Étalonnage

L'instrument doit être étalonné avec des filtres gris à facteur de transmission connu.

#### 4.7 Paramètres à mesurer

L'instrument doit mesurer le facteur de transmission,  $\tau$ , à partir duquel peuvent être calculés l'obscurcissement,  $N$ , et le coefficient d'absorption de la lumière,  $k$ . Il peut également indiquer le coefficient  $k$  directement.

### 5 Mesurage de la fumée à l'aide d'un fumimètre à filtre

#### 5.1 Application

Cette méthode permet d'évaluer la teneur en suie des gaz d'échappement. Elle ne peut être utilisée pour le mesurage des fumées bleue et blanche (voir note de 3.1).

NOTE 10 Il est possible d'utiliser une longue colonne pour mesurer les faibles teneurs en suie en faisant fonctionner l'instrument plusieurs fois sans changer le papier-filtre.

#### 5.2 Principe

Un échantillon de gaz d'échappement est prélevé dans le tuyau d'échappement par l'intermédiaire d'un conduit d'échantillonnage qui le fait passer au travers d'un filtre de surface connue, dont le noircissement est causé par la suie contenue dans une colonne de gaz de longueur effective  $L_F$ . Ce noircissement est une mesure de la teneur en suie du gaz d'échappement. Il est évalué par calcul, à partir du facteur de réflexion optique du filtre noirci par rapport à un filtre propre.

#### 5.3 Mode opératoire

Introduire l'échantillon de gaz d'échappement dans le conduit contenant la sonde de mesure, au travers du filtre, à un débit surfacique homogène [par exemple, en utilisant une pompe à piston(s)].

Le quotient du volume effectif aspiré par la surface noircie du papier-filtre permet de calculer la longueur effective de la colonne de gaz. Cette longueur est indiquée par le fabricant de l'instrument.

#### 5.4 Exigences générales

L'appareillage de mesure doit être conforme à l'ISO 10054.

#### 5.5 Température et pression du gaz

Les conditions de référence du gaz mesuré sont 298 K et 100 kPa. Si la masse volumique du gaz mesuré s'écarte de plus de 5 % de celle pour les conditions de référence, des moyens doivent être prévus pour rapporter les valeurs mesurées aux conditions normales de référence.

### 6 Rapport d'essai

Si un rapport d'essai est exigé, il doit contenir les informations minimales suivantes:

a) description du moteur:

- constructeur,
- type et désignation,
- puissance déclarée,
- vitesse déclarée;

b) description du fumimètre ou de l'opacimètre:

- fabricant,
- type et modèle de l'instrument utilisé;

c) conditions ambiantes au niveau du moteur et du fumimètre ou de l'opacimètre:

- température,
- pression,
- humidité;

d) conditions de fonctionnement du moteur durant l'essai:

- puissance,
- vitesse,
- température des gaz d'échappement à l'entrée de la sonde, le cas échéant,
- pression des gaz d'échappement à l'entrée de la sonde, le cas échéant;

e) résultats d'essai.

L'opacimètre doit au moins afficher l'opacité et le fumimètre à filtre l'indice de fumée du filtre (FSN). Le coefficient d'absorption de la lumière,  $k$ , doit, si possible, être calculé.

La température de la fumée dans l'opacimètre doit être enregistrée; sinon l'opacité,  $N$ , doit être rapportée à 373 K.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 8178-3:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f63bff6-de52-4935-a2c9-669ce9448701/iso-8178-3-1994>