

---

---

**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**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Reciprocating internal combustion compression-ignition engines —  
Apparatus for measurement of the opacity and for determination of the light  
absorption coefficient of exhaust gas*

ISO 11614:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-916cf5145a99/iso-11614-1999>



Sommaire	Page
1 Domaine d'application .....	1
2 Références normatives .....	1
3 Termes et définitions.....	2
4 Symboles et unités .....	2
5 Principe des opacimètres .....	4
5.1 Généralités .....	4
5.2 Mesurage du coefficient d'absorption lumineuse .....	4
5.3 Conditions d'utilisation .....	5
6 Spécifications des opacimètres pour le mesurage de l'opacité .....	5
6.1 Spécifications de base .....	5
6.2 Spécifications de construction .....	6
7 Spécifications complémentaires pour les opacimètres destinés à mesurer le coefficient d'absorption lumineuse .....	7
7.1 Conditions de référence.....	7
7.2 Spécifications de base .....	7
7.3 Spécifications de construction .....	8
8 Mesurages des transitoires .....	10
8.1 Généralités .....	10
8.2 Réponse de l'opacimètre .....	11
8.3 Délai physique, $t_d$ .....	13
8.4 Temps de réponse de la température, $t_T$ .....	13
8.5 Maintien du pic.....	13

iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-916c5143a99/iso-11614-1999>

© ISO 1999

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>9</b>	<b>Spécifications concernant les opacimètres et leur installation</b> .....	<b>13</b>
9.1	Opacimètre à prélèvement.....	13
9.2	Opacimètre à flux total en ligne .....	14
9.3	Opacimètre de fin de ligne (ou de panache).....	14
9.4	Opacimètre pour les essais d'accélération libre .....	15
9.5	Montage des opacimètres sur un banc .....	16
<b>10</b>	<b>Données et moyens de mesurage nécessaire</b> .....	<b>17</b>
10.1	Exemple d'exigences spécifiques pour des opacimètres à prélèvement.....	17
10.2	Données exigées .....	18
10.3	Exigences relatives aux moyens de mesurage .....	19
<b>11</b>	<b>Vérification des types d'opacimètres</b> .....	<b>19</b>
11.1	Introduction.....	19
11.2	Considérations générales.....	20
11.3	Données fournies par le fabricant.....	20
11.4	Exigences relatives aux instruments.....	20
11.5	Vérification des instruments .....	20
11.6	Vérification des caractéristiques de base et de conception .....	21
11.7	Vérification des caractéristiques de réponse .....	33
<b>12</b>	<b>Vérification de la conformité en service des opacimètres</b> .....	<b>36</b>
12.1	Généralités .....	36
12.2	Points à vérifier .....	37
12.3	Détails des vérifications.....	37
<b>13</b>	<b>Rapport d'essai de vérification de l'opacimètre</b> .....	<b>37</b>
13.1	Données et exigences relatives aux instruments .....	38
13.2	Résultats de la vérification des instruments .....	38
13.3	Résultats de la vérification des caractéristiques de base et de conception (voir 11.6).....	40
13.4	Répartition des vitesses (voir 11.7) .....	49
<b>Annexe A (normative) Détermination de la température moyenne des gaz d'échappement dans la chambre de fumée d'un opacimètre à balayage</b> .....		<b>56</b>
<b>Bibliographie</b> .....		<b>59</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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 3.

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 11614 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 22, *Véhicules routiers*, sous-comité SC 5, *Essais des moteurs*, en collaboration avec l'ISO/TC 70, *Moteurs à combustion interne*, sous-comité SC 8, *Mesurage des émissions de gaz d'échappement*.

Cette première édition de l'ISO 11614 annule et remplace l'ISO 3173:1974 et l'ISO/TR 4011:1976, dont elle constitue une révision technique.

L'annexe A constitue un élément normatif de la présente Norme internationale.

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

[ISO 11614:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-916cf5145a99/iso-11614-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-916cf5145a99/iso-11614-1999>

# 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

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les spécifications générales auxquelles doivent répondre les appareils de mesure de l'opacité et de détermination du coefficient d'absorption lumineuse des gaz d'échappement des moteurs à combustion interne ainsi que leur installation. Ces appareils sont généralement connus sous le nom «d'opacimètres».

## 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

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

CEI 60068-2-1:1990, *Essais d'environnement — Deuxième partie: Essais — Essais A: Froid*.

CEI 60068-2-2:1974, *Essais d'environnement — Deuxième partie: Essais — Essais B: Chaleur sèche*.

CEI 60068-2-3:1969, *Essais d'environnement — Deuxième partie: Essais — Essai Ca: Essai continu de chaleur humide*.

CEI 60068-2-31:1969, *Essais d'environnement — Deuxième partie: Essais — Essai Ec: Chute et culbute, essai destiné en premier lieu aux matériels*.

CEI 61000-4-2:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) — Partie 4: Techniques d'essai et de mesure — Section 2: Essais d'immunité aux décharges électrostatiques. Publication fondamentale en CEM*.

CEI 61000-4-3:1998, *Compatibilité électromagnétique (CEM) — Partie 4: Techniques d'essai et de mesure — Section 3: Essais d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*.

CEI 61000-4-4:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) — Partie 4: Techniques d'essai et de mesure — Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salve. Publication fondamentale en CEM*.

CIE S 001:1986, *Illuminants colorimétriques*.

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **transmittance, $\tau$**

fraction de la lumière émise par une source et traversant une zone de fumée, qui atteint l'observateur ou le récepteur de l'appareil

$$\tau = \frac{I}{I_0} \times 100$$

#### 3.2

##### **opacité, $N$**

fraction de la lumière émise par une source et traversant une zone de fumée, qui empêche d'atteindre l'observateur ou le récepteur de l'instrument

$$N = 100 - \tau$$

#### 3.3

##### **longueur effective de la trajectoire lumineuse, $L_A$**

longueur d'un rayon lumineux entre la source et le récepteur qui est coupée par le flux des gaz d'échappement, éventuellement corrigée du défaut d'uniformité résultant de gradients de densité et d'effets de frange

#### 3.4

##### **coefficient d'absorption lumineuse, $k$**

coefficient défini par la loi de Beer-Lambert

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

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

ISO 11614:1999  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-916cf5145a99/iso-11614-1999>

ou

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

NOTE 1 Pour obtenir une comparaison appropriée lorsqu'on effectue des mesures d'opacité, il convient que la température et la pression qui règnent dans la zone de mesurage soient connues car elles influencent le coefficient d'absorption lumineuse  $k$ . Les conditions de référence de ces paramètres sont indiquées en 7.1.

NOTE 2 Le terme «coefficient d'absorption lumineuse» est l'expression d'utilisation courante et c'est lui, par conséquent, qui est utilisé dans la présente Norme internationale. Cependant, une terminologie plus exacte voudrait que l'on utilise l'expression «coefficient d'extinction lumineuse». Telles qu'elles sont utilisées, ces deux expressions désignent exactement le même paramètre.

### 4 Symboles et unités

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les symboles et unités suivants s'appliquent.

Tableau 1

Symbole	Unité	Description	Paragraphe concerné
$d_a$	dm <sup>3</sup> /s	Débit de gaz minimal.	11.7.1
$d_b$	dm <sup>3</sup> /s	Débit de gaz maximal.	11.7.1
$d_c$	dm <sup>3</sup> /s	Débit de gaz moyen.	11.7.1
$I$	cd	Intensité lumineuse qui parvient au récepteur lorsque la zone de mesurage est remplie de gaz d'échappement.	3.1
$I_0$	cd	Intensité lumineuse qui parvient au récepteur lorsque la zone de mesurage est remplie d'air propre.	3.1
$k$	m <sup>-1</sup>	Coefficient d'absorption lumineuse <sup>a</sup> .	3.4; article 7
$k_{cor}$	m <sup>-1</sup>	Coefficient d'absorption lumineuse observé, corrigé pour tenir compte de la pression et de la température.	7.3.7
$k_{obs}$	m <sup>-1</sup>	Coefficient d'absorption lumineuse observé.	7.3.7
$k_t$	m <sup>-1</sup>	Coefficient d'absorption lumineuse à la température $T$ .	7.3.7
$L_A$	mm	Longueur effective de la trajectoire lumineuse.	3.3; 7.3.4
$L_{A1}$	mm	Longueur effective de la trajectoire lumineuse d'un opacimètre en cours d'essai.	11.6.5
$L_{A2}$	mm	Longueur effective de la trajectoire lumineuse d'un opacimètre connu.	11.6.5
$l_m$	mm	Distance déterminant la position, dans un opacimètre, où la température égale la température moyenne de la zone de mesurage.	11.6.1.1
$l_{m1}, l_{m2}$	mm	Distances correspondant aux deux moitiés distinctes de certains types d'opacimètres.	11.6.1.1
$l_1, l_2$	mm	Longueur du tube.	Annexe A
$N$	%	Opacité.	3.2; article 6
$N_1$	%	Mesure lue sur un opacimètre en essai.	11.6.5
$N_2$	%	Mesure lue sur un opacimètre connu ou modifié.	11.6.5
$P_1, P_2$	dm <sup>3</sup> /s	Positions extrêmes des graduations de débit permises par le constructeur.	11.6.12
$p_{atm}$	kPa	Pression atmosphérique.	7.3.6
$p_{obs}$	kPa	Pression statique observée dans la zone de mesurage.	7.3.6
$Q$	dm <sup>3</sup> /s	Débit du gaz traversant la zone de mesurage.	8.2.1
$T$	K	Température.	—
$T_a$	K	Température moyenne dans les conditions de température minimale et de débit minimal de l'échantillon.	11.6.1.1
$T_b$	K	Température moyenne dans les conditions de température maximale et de débit maximal de l'échantillon.	11.6.1.1
$T_g$	K	Température du mélange.	Annexe A
$T_m$	K	Température moyenne du gaz mesuré.	7.3.7
$T_s$	K	Température de l'air de balayage.	Annexe A

Tableau 1 (suite)

Symbole	Unité	Description	Paragraphe concerné
$T_1$	K	Température moyenne dans un opacimètre en essai.	11.6.5
$T_2$	K	Température moyenne d'un opacimètre connu ou modifié.	11.6.5
$t$	s	Temps.	—
$t_p$	s	Temps de réponse physique.	8.2.1
$t_e$	s	Temps de réponse électrique.	8.2.2
$t_o$	s	Temps de réponse total.	8.2.3
$t_d$	s	Délai physique.	8.3
$t_T$	s	Temps de réponse de la température.	8.4
$V$	dm <sup>3</sup>	Volume de la zone de mesure.	8.2.1
$v$	m/s	Vitesse des gaz.	—
$v_a$	m/s	Vitesse au débit minimal des gaz.	11.7.1
$v_b$	m/s	Vitesse au débit maximal des gaz.	11.7.1
$v_c$	m/s	Vitesse au débit moyen des gaz.	11.7.1
$\tau$	%	Transmittance.	3.1

<sup>a</sup> En principe,  $k$  avec 5/5, signifie  $k_{cor}$ , à moins qu'il n'en soit spécifié autrement.

## 5 Principe des opacimètres (standards.iteh.ai)

### 5.1 Généralités

ISO 11614:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-916c3143a98c-iso-11614-1999>

Le principe du mesurage consiste à faire passer un faisceau lumineux à travers une certaine longueur de la fumée à mesurer, et à utiliser la proportion de la lumière incidente qui atteint un récepteur (par exemple une cellule photoélectrique) pour évaluer l'obscurcissement occasionné par cet agent.

La «longueur de fumée» sur laquelle l'opacité est mesurée dépend de la conception de l'appareil. Il peut s'agir de la totalité des gaz d'échappement dans un tuyau d'échappement (opacimètre à flux total en ligne, voir Figure 1) ou à l'air libre (opacimètre à flux total de fin de ligne ou à panache, voir Figure 2) ou encore d'un échantillon des gaz d'échappement prélevé sur le tuyau d'échappement (opacimètre à prélèvement ou à flux partiel).

Il est important de noter que la lecture de l'opacité doit toujours être spécifiée pour une longueur effective de la trajectoire lumineuse donnée. La valeur n'a pas de signification sans la longueur effective de la trajectoire lumineuse pour le mesurage.

La température du gaz peut aussi affecter la lecture de manière significative, et il convient qu'elle soit notée lorsqu'elle n'est pas mesurée ou contrôlée par l'appareillage.

### 5.2 Mesurage du coefficient d'absorption lumineuse

Tous les appareils qui mesurent l'opacité ne sont pas faits pour mesurer le coefficient d'absorption lumineuse car la longueur effective de la trajectoire lumineuse n'est pas toujours facile à déterminer et, avec les appareils de fin de ligne (ou à panache), les gaz d'échappement à mesurer ne sont pas enfermés dans une enceinte non réfléchissante. La spécification générale à laquelle doivent satisfaire tous les opacimètres est indiquée dans l'article 6; les spécifications complémentaires pour les opacimètres destinés à mesurer le coefficient d'absorption lumineuse sont indiquées dans l'article 7.

### 5.3 Conditions d'utilisation

Les opacimètres peuvent être utilisés dans les conditions d'essai suivantes:

- conditions de régime stabilisé (SS: «Steady State»): le moteur tourne à vitesse et charge constantes dans des conditions stabilisées;
- conditions transitoires (TC: «Transient Conditions»): le moteur tourne dans des conditions transitoires de vitesse et/ou de charge.

Les spécifications complémentaires pour effectuer des mesures dans des conditions transitoires sont indiquées dans l'article 8.

## 6 Spécifications des opacimètres pour le mesurage de l'opacité<sup>1)</sup>

### 6.1 Spécifications de base

**6.1.1** Le gaz à mesurer peut être contenu dans le tuyau d'échappement (instrument en ligne) ou se présenter comme un panache libre à la sortie du tuyau d'échappement (instrument de fin de ligne) ou être enfermé dans une chambre spécialement prévue à cet effet (et prélevant tout ou partie du flux des gaz d'échappement).

**6.1.2** Le cadran indicateur doit être en unités d'opacité et doit permettre une résolution de lecture d'au moins 0,1 % de la pleine échelle.

**6.1.3** Sur la plus brève des deux périodes suivantes, 1 h ou la durée de l'essai, la dérive du réglage du zéro de l'appareillage ne doit pas dépasser la plus petite des deux valeurs suivantes, 0,5 % d'opacité ou 2 % de la pleine échelle.

**6.1.4** Les moyens utilisés pour protéger la source lumineuse ou le récepteur (par exemple rideau d'air) doivent être tels que la longueur de la trajectoire lumineuse à travers les gaz ne doit pas varier de plus de 2 %.

**6.1.5** L'opacité des gaz entrant dans la zone de mesure ne doit pas être affectée, considérant la plus petite des deux valeurs suivantes, 0,5 % d'opacité ou 2 % de la pleine échelle, par les dispositifs qui peuvent être situés en amont et en aval de la zone de mesure.

**6.1.6** L'opacimètre doit pouvoir être utilisé pendant une durée suffisante pour réaliser des mesurages sans encrassement de la source lumineuse ou du récepteur. Cela est considéré comme satisfaisant, si, sur la plus brève des deux périodes suivantes, 1 h ou la durée de l'essai, la dérive totale de l'appareil ne dépasse pas la plus petite des deux valeurs suivantes, 0,5 % d'opacité ou 2 % de la pleine échelle.

**6.1.7** L'entretien de l'appareillage, spécifié par le constructeur (voir 10.2.13), doit pouvoir être réalisé aisément par l'utilisateur et sans risquer d'altérer le bon fonctionnement de l'appareillage.

**6.1.8** Le préconditionnement de l'appareillage (mise en température et stabilisation) ne doit pas excéder 15 min. Durant cette période, les mesurages doivent être interdits.

**6.1.9** L'appareillage doit être protégé de façon adéquate des influences suivantes:

- climatiques (CEI 60068-2-1, CEI 60068-2-2, CEI 60068-2-3);
- chocs mécaniques (CEI 60068-2-31);
- compatibilité électromagnétique (CEI 61000-4-2, CEI 61000-4-3, CEI 61000-4-4);
- sources lumineuses extérieures.

1) La comparaison des résultats n'est possible que si l'opacité est exprimée pour une longueur effective de la trajectoire lumineuse  $L_A$  (par exemple 430 mm) et une température de fumée donnée  $T$  (par exemple 373 K).

**6.1.10** L'appareillage spécifié pour être utilisé sur des véhicules commerciaux doit fournir des moyens pratiques et sûrs de montage pour les positions standards des tuyaux d'échappement, y compris pour les échappements verticaux et centraux sous châssis.

**6.1.11** Les éléments de l'appareillage pouvant être utilisés à l'extérieur ou déplacés par l'opérateur autour du véhicule (par exemple la sonde de mesure) doivent fonctionner sous une alimentation isolée de 50 V maximale, sauf s'il est démontré qu'ils fournissent un niveau de sécurité équivalent.

## 6.2 Spécifications de construction

### 6.2.1 Zone de mesurage

La zone de mesurage est la partie de l'instrument dans laquelle la mesure est effectuée.

#### 6.2.1.1 Opacimètres avec chambre de mesurage

La zone de mesurage est limitée:

- à ses deux extrémités par les dispositifs prévus pour la protection de la source lumineuse et du récepteur;
- parallèlement au flux du gaz, par les limites de la chambre de fumée;
- le cas échéant, perpendiculairement au flux du gaz, par deux plans imaginaires formant des tangentes au rayon lumineux, l'un d'entre eux représentant le front et l'autre l'arrière du gaz entrant dans la chambre.

#### 6.2.1.2 Opacimètre de fin de ligne

La zone de mesurage à considérer doit être une section du panache parallèle au rayon lumineux, d'une profondeur égale à la distance séparant deux plans imaginaires, l'un représentant le front et l'autre l'arrière du flux de gaz. La longueur de la trajectoire du panache est plus difficile à définir avec précision. Elle dépend de la distance par rapport à l'extrémité du tuyau d'échappement à laquelle la source lumineuse traverse le panache de fumée. En raison de la difficulté éprouvée pour définir avec précision la longueur effective de la trajectoire lumineuse, il convient que la conversion de cette mesure en  $k$  ne se fasse que sous réserve.

### 6.2.2 Source lumineuse

La source lumineuse doit être une lampe à incandescence, d'une température de couleur comprise entre 2 800 K et 3 250 K (conformément à la CIE S 001) ou une diode électroluminescente (DEL) dont le pic spectral se situe entre 550 nm et 570 nm.

### 6.2.3 Récepteur

Le récepteur doit être une cellule photoélectrique ou une photodiode (avec filtre si nécessaire) qui, dans le cas où la source lumineuse est une lampe à incandescence, doit avoir une réponse spectrale similaire à la courbe photopique de l'œil humain (réponse maximale) dans la gamme de 550 nm à 570 nm, moins de 4 % de ce maximum au-dessous de 430 nm et au-dessus de 680 nm.

#### 6.2.4 Caractéristiques combinées de la source lumineuse et du récepteur

**6.2.4.1** L'appareillage doit être conçu de telle sorte que:

- les rayons lumineux soient parallèles dans une limite de tolérance de 3° par rapport à l'axe optique;
- le récepteur ne soit affecté ni par des rayons lumineux directs ni par des rayons réfléchis ayant un angle d'incidence supérieur à 3° par rapport à l'axe optique.

Tout système donnant des résultats équivalents est acceptable.

**6.2.4.2** La conception du circuit électrique, indicateur compris, doit être telle que la relation entre la lecture de l'indicateur et l'intensité de la lumière reçue reste linéaire dans les limites de  $\pm 0,5$  % au-dessus de la plage de réglage du circuit et au-dessus de la plage des températures de service de la source lumineuse et du récepteur.

## 6.2.5 Réglage et étalonnage de l'appareil de mesure

**6.2.5.1** Le circuit électrique de la source lumineuse et du récepteur doit être réglable afin que l'aiguille puisse être remise à zéro lorsque le flux de lumière traverse la zone de mesurage remplie d'air propre ou une zone équivalente. L'affichage de valeurs négatives et de valeurs supérieures à la pleine échelle doit être possible.

L'appareil doit être équipé de moyens de réglage et de vérification de la pleine échelle en utilisant par exemple un écran ou un filtre de densité optique neutre placé perpendiculairement au rayon lumineux ou, dans le cas d'appareils indiquant l'opacité jusqu'à 100 %, en éteignant la source lumineuse ou en l'obturant complètement. L'appareillage doit avoir un mode automatique ou semi-automatique afin de s'assurer que l'appareillage est correctement réglé (zéro) et étalonné avant d'entreprendre des mesurages.

**6.2.5.2** Une vérification intermédiaire doit être effectuée avec un écran ou un filtre de densité optique neutre placé perpendiculairement au rayon lumineux représentant une opacité du gaz comprise entre 15 % et 80 % de la pleine échelle et connue avec une exactitude de  $\pm 1$  % d'opacité. Ce filtre optique neutre ne doit pas être intégré à l'appareillage.

Des dispositions doivent être prises pour placer le filtre sur la trajectoire des rayons lumineux traversant la zone de mesurage remplie d'air propre. Cet essai doit être mis en œuvre sans utiliser d'outil et sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir le carter de l'appareillage.

La lecture obtenue sur l'indicateur doit, lorsque le filtre est introduit entre la source lumineuse et le récepteur, correspondre, à 2 % près de l'opacité, à la valeur connue du filtre.

## 6.2.6 Connecteur de sortie d'enregistrement

L'appareillage doit permettre de visualiser la mesure et doit posséder un connecteur de sortie d'enregistrement.

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

## 7 Spécifications complémentaires pour les opacimètres destinés à mesurer le coefficient d'absorption lumineuse ISO 11614:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-916cf5145a99/iso-11614-1999>

### 7.1 Conditions de référence

Pour les essais pratiques sur les moteurs, il est commode d'utiliser une pression de référence égale à la pression ambiante et une température de référence de 373 K. En effet, les émissions visibles de fumée interviennent à la pression ambiante et, dans la pratique courante, les opacimètres effectuent leurs mesures approximativement à la pression ambiante. En outre, les facteurs de correction de la fumée qui tiennent compte de l'effet des modifications atmosphériques sur la production de fumée par le moteur ainsi que de l'effet de la pression atmosphérique, ont été calculés à partir de mesures de la fumée faites à la pression atmosphérique et à une température de référence de 373 K.

Cependant, s'il est nécessaire d'effectuer une comparaison absolue entre deux gaz d'échappement (sans tenir compte des effets des conditions de l'essai sur les performances des moteurs), il faut utiliser une pression de référence de 100 kPa et une température de référence de 373 K. Il convient de noter que les unités absolues et pratiques coïncident, dans les conditions de référence, pour les performances des moteurs indiquées dans l'ISO 1585 et l'ISO 3046-1 (pression de 100 kPa à l'admission d'air du moteur).

### 7.2 Spécifications de base

**7.2.1** Le gaz à mesurer doit soit être enfermé dans une enceinte ayant une surface interne non réfléchissante ou un environnement optique équivalent, soit traverser une enceinte de ce type.

**7.2.2** Pour déterminer la longueur effective de la trajectoire lumineuse  $L_A$  à travers le gaz, il faut tenir compte de l'influence possible des dispositifs utilisés pour protéger la source lumineuse et le récepteur.

**7.2.3** Il convient que la longueur effective de la trajectoire lumineuse soit indiquée sur l'appareil et spécifiée dans les données du fabricant.

**7.2.4** Sauf dans le cas où le fabricant spécifie expressément que l'opacimètre n'est conçu que pour mesurer de très faibles coefficients d'absorption lumineuse, l'indicateur de l'opacimètre doit posséder une échelle en unités

absolues de coefficient d'absorption de lumière  $k$  graduée de  $0 \text{ m}^{-1}$  à  $10 \text{ m}^{-1}$  au minimum (en plus de l'échelle d'opacité de 6.1.2).

**7.2.5** L'échelle de l'indicateur du coefficient d'absorption lumineuse  $k$  doit permettre une résolution d'au moins  $0,01 \text{ m}^{-1}$ .

**7.2.6** Sur la plus brève des deux périodes suivantes, 1 h ou la durée de l'essai, la dérive du réglage du zéro ou de la pleine échelle de l'appareillage ne doit pas dépasser la plus petite des deux valeurs suivantes,  $0,025 \text{ m}^{-1}$  ou 2 % de la pleine échelle.

### 7.3 Spécifications de construction

#### 7.3.1 Généralités

**7.3.1.1** La conception doit être telle que, dans des conditions de régime stabilisé (SS), la chambre de mesurage soit remplie d'une fumée d'opacité uniforme, à l'exception des effets de frange. Cette condition est considérée comme remplie si, outre les exigences de débit de 6.2.1.1, les exigences de 7.3.1.2 et de 7.3.1.3 sont satisfaites. Sauf si le constructeur démontre que la chambre de mesure est toujours remplie par l'échantillon, une vérification du débit doit être réalisée afin de prévenir les pulsations de l'échantillon dans l'appareillage.

**7.3.1.2** La variation de la réponse de l'indicateur de l'opacimètre, pendant une période de 10 s, pour une fumée à température constante ayant un coefficient d'absorption lumineuse  $k$  constant d'environ  $1,7 \text{ m}^{-1}$  (soit environ 90 % de la pleine échelle si la pleine échelle de l'opacimètre est inférieure à  $2 \text{ m}^{-1}$ ) et mesurée au moyen d'un appareil d'enregistrement ayant un temps de réponse égal à 1 s, ne doit pas être supérieure à  $\pm 0,075 \text{ m}^{-1}$  (soit  $\pm 4 \%$  de la pleine échelle si la pleine échelle de l'opacimètre est inférieure à  $2 \text{ m}^{-1}$ ).

**7.3.1.3** Lorsque la chambre de fumée est divisée, une inégalité de débit entre les deux moitiés ne doit pas affecter la lecture de plus de  $0,05 \text{ m}^{-1}$  lorsqu'on mesure une fumée dont l'absorption lumineuse est d'environ  $1,7 \text{ m}^{-1}$ .

#### 7.3.2 Source lumineuse et récepteur

La source lumineuse et le récepteur doivent être conformes à 6.2.2, 6.2.3 et 6.2.4. Cependant, 7.3.3 peut être utilisé comme une alternative à 6.2.4.1.

#### 7.3.3 Chambre de fumée et boîtier de l'opacimètre

On doit empêcher au maximum que la lumière diffusée vienne heurter le récepteur par suite de réflexions internes ou d'effets de diffusion (par exemple par revêtement des surfaces internes en noir mat ou par une disposition générale adéquate).

Lorsque toutes les surfaces ne sont pas d'un noir mat ou lorsque le rayon lumineux n'est pas colmaté conformément à 6.2.4, la disposition optique générale doit être telle que l'effet combiné de diffusion et de réflexion ne dépasse pas  $0,075 \text{ m}^{-1}$  sur l'échelle de  $k$  lorsque la chambre de fumée est remplie d'une fumée ayant un coefficient d'absorption lumineuse d'environ  $1,7 \text{ m}^{-1}$  (ou ne dépasse pas 4 % de la pleine échelle avec une fumée d'environ 90 % de la pleine échelle si la pleine échelle de l'opacimètre est inférieure à  $2 \text{ m}^{-1}$ ).

#### 7.3.4 Détermination de la longueur effective de la trajectoire lumineuse $L_A$

Lorsque la longueur effective de la trajectoire lumineuse  $L_A$  d'un type d'opacimètre ne peut pas être évaluée directement à partir de sa géométrie, elle peut être déterminée

- soit par la méthode décrite en 11.6.5.3,
- soit par corrélation avec un autre type d'opacimètre pour lequel  $L_A$  est connue (voir 11.6.5.2),
- soit par d'autres méthodes équivalentes.

#### 7.3.5 Réglage et étalonnage de l'appareil de mesure

Outre les exigences de 6.2.5.2 qui doivent être satisfaites, une vérification intermédiaire supplémentaire doit être prévue si l'écran de vérification intermédiaire exigé en 6.2.5.2 n'a pas une opacité équivalente à un coefficient d'absorption (comme défini en 3.4) compris entre  $1,5 \text{ m}^{-1}$  et  $2 \text{ m}^{-1}$ , calculé avec la longueur effective de la

trajectoire lumineuse de l'instrument spécifié. Cette vérification intermédiaire supplémentaire doit se faire avec un écran ou un filtre de densité optique neutre ayant une opacité équivalente à un coefficient d'absorption connu compris entre  $1,5 \text{ m}^{-1}$  et  $2 \text{ m}^{-1}$  à  $\pm 0,05 \text{ m}^{-1}$ . La lecture obtenue sur l'indicateur lorsque le filtre est introduit entre la source lumineuse et le récepteur doit correspondre à  $0,05 \text{ m}^{-1}$ . La lecture obtenue sur l'indicateur lorsque le filtre est introduit entre la source lumineuse et le récepteur doit correspondre, à  $\pm 0,15 \text{ m}^{-1}$ , au coefficient d'absorption équivalent du filtre.

Les appareils disposant d'un système automatique de compensation de la température du gaz doivent simuler 373 K au cours de la vérification.

### 7.3.6 Pression du gaz à mesurer et de l'air de balayage

**7.3.6.1** La pression du gaz d'échappement dans la chambre de fumée ne doit pas différer de plus de 0,75 kPa (7,5 mbar) de la pression atmosphérique. Les variations de pression du gaz à mesurer et de l'air de balayage dans la chambre de fumée ne doivent pas provoquer de variation du coefficient d'absorption lumineuse  $k$  supérieure à  $0,05 \text{ m}^{-1}$ , dans le cas d'un gaz ayant un coefficient d'absorption d'environ  $1,7 \text{ m}^{-1}$  (ou de plus de 2 % de la lecture à pleine échelle dans le cas d'opacimètres dont la lecture à pleine échelle est inférieure à  $2 \text{ m}^{-1}$ ).

**7.3.6.2** Sauf s'il peut être démontré que, par construction, la pression dans la chambre de fumée ne peut pas dépasser 0,75 kPa, l'opacimètre fonctionnant dans les limites de ses spécifications, ce dernier doit être équipé des dispositifs appropriés pour mesurer la pression dans la chambre de fumée. Ces dispositifs doivent avoir une précision d'au moins 0,2 kPa et doivent permettre une résolution de 0,1 kPa. L'appareillage doit posséder des moyens d'étalonner le dispositif de mesure de la pression avec un instrument extérieur.

Lorsqu'il n'est pas possible d'effectuer les mesures à la pression atmosphérique (par exemple dans le cas de mesures en ligne à distance de la sortie du tuyau d'échappement), la valeur lue sur l'opacimètre doit être rapportée à la pression atmosphérique au moyen de la formule:

$$k_{\text{cor}} = k_{\text{obs}} \times \frac{p_{\text{atm}}}{p_{\text{obs}}} \quad (2)$$

(standards.iteh.ai)

ISO 11614:1999

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-916cf5145a99/iso-11614-1999)

**7.3.6.3** Les limites de variation de pression du gaz et de l'air de balayage doivent être vérifiées automatiquement par l'appareillage.

**7.3.6.4** Sauf s'il peut être démontré que, par construction, la longueur effective de la trajectoire lumineuse  $L_A$  ne peut pas varier de plus de 2 % du fait de la méthode utilisée pour protéger la source lumineuse et le récepteur (voir 6.1.4), l'opacimètre doit être équipé de dispositifs appropriés afin de vérifier si la méthode fonctionne dans les limites spécifiées. L'appareillage doit posséder des moyens d'étalonnage des dispositifs avec des instruments extérieurs.

Lorsqu'un moteur est essayé en atmosphère contrôlée (par exemple une chambre de décompression), il est essentiel de s'assurer que l'opacimètre est situé dans une zone où la pression ambiante est identique à la pression ambiante à laquelle le moteur est soumis. Dans le cas contraire, la valeur lue sur l'opacimètre doit être corrigée de la différence de pression entre le moteur et l'opacimètre.

### 7.3.7 Température du gaz à mesurer

**7.3.7.1** La température du gaz d'échappement doit être suffisamment supérieure à la température du point de rosée en tout point du système d'échappement (par exemple en amont de la sonde, au passage de la sonde et de l'appareil de mesure) pour empêcher toute condensation. Cette exigence est considérée comme satisfaite si les gaz sortant de l'échappement à 373 K arrivent dans la chambre de mesure à une température supérieure à 343 K.

Lorsque la température des parois du système contenant le gaz est inférieure, le système doit être chauffé à une température appropriée (par exemple 373 K).

**7.3.7.2** L'appareillage doit interdire les mesurages si la température du gaz de la chambre de mesure (si c'est applicable) chute sous ces limites.

L'opacimètre doit être muni des dispositifs nécessaires pour évaluer la température moyenne du gaz dans la chambre de fumée,  $T_m$ , et le fabricant doit spécifier les limites de fonctionnement. La température moyenne doit être

indiquée à  $\pm 5$  K. L'appareillage doit posséder des moyens d'étalonnage des dispositifs avec des instruments extérieurs.

Lorsque la température moyenne  $T_m$  est différente de 373 K, la valeur lue sur l'opacimètre doit (dans les limites définies ci-dessous) être rapportée à 373 K par la formule:

$$k_{\text{cor}} = k_{\text{obs}} \times \frac{T_m}{373} \quad (3)$$

Lorsque cette correction n'est pas possible,  $k$  à une température donnée doit être écrit  $k_{xxx}$  (exemple:  $k_{500}$ ).

**7.3.7.3** Pour que la formule (3) soit utilisable, la température du gaz d'échappement en tous points de la chambre de fumée doit être comprise entre 343 K et 553 K. Si les températures ne sont pas comprises dans cette plage, les valeurs lues doivent être enregistrées sans correction mais avec mention de la température.

Cette plage de températures est celle dans laquelle il est admis que toute l'eau est en phase vapeur, mais que la somme des autres particules non solides non condensées (c'est-à-dire le total des carburants ou huile de graissage non brûlés et non condensés) est négligeable dans la fumée d'échappement normale à pleine charge. Dans ces conditions, la formule de correction pour l'effet de la température est valable. Si le gaz d'échappement contient une proportion anormale de constituants non solides, la formule de correction peut perdre sa validité. Cette formule n'est pas applicable, par exemple, aux gaz d'échappement de moteurs fonctionnant au fuel lourd à forte teneur en soufre lorsque le gaz d'échappement à 373 K peut comporter des gouttelettes de soufre acides. En pareil cas, il est nécessaire pour effectuer des comparaisons de faire les mesures sur une plage de températures plus restreinte autour de la température de référence de 373 K ou bien, s'il est nécessaire d'éviter de mesurer ces gouttelettes, le gaz d'échappement de ces moteurs doit alors être maintenu au-dessus de 413 K et, le cas échéant, rapporté à 373 K pour donner une valeur de référence nominale à des fins de comparaison.

(standards.iteh.ai)

## 8 Mesurages des transitoires

ISO 11614:1999

### 8.1 Généralités

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abbac8e6-fd65-4bb9-9d2f-916cf5145a99/iso-11614-1999>

Il est nécessaire de préciser clairement ce qui doit être mesuré. Cela peut être soit le temps durant lequel de la fumée est présente à l'extrémité de l'échappement, soit la vitesse des gaz prise en compte afin de donner une indication de la quantité de fumée émise.

Normalement, la quantité de fumée émise sera considérée comme plus significative. La différence peut être considérable pour des «véhicules à turbocompresseur» qui peuvent produire une courte bouffée de fumée à bas régime avant que le moteur entraîne le turbocompresseur jusqu'à un mélange air/carburant correct. Un exemple d'un système de mesure du temps est l'opacimètre à flux total monté directement à l'extrémité de l'échappement. Une petite bouffée pratiquement stationnaire peut être lue comme une large impulsion, donnant la même lecture qu'une forte et rapide émission de fumée, bien que le volume de fumée soit bien moindre. La courbe de l'émission de fumée en fonction du temps est déformée par la variation de la vitesse des gaz, par exemple pour un essai en accélération libre.

Si cet opacimètre est monté à l'extrémité d'un long prolongateur, de telle manière que la vitesse des gaz soit maximale avant de traverser l'opacimètre (voir délai physique  $t_d$  en 8.3), cela supprimera alors l'influence de la variation de vitesse, et la forme de la bouffée de fumée pourra être utilisée pour mesurer la quantité de fumée.

Les opacimètres sont particulièrement adaptés au mesurage de l'opacité et au coefficient d'absorption lumineuse dans des conditions transitoires mais ils ne peuvent donner des indications exactes que si le temps de réponse de l'opacimètre est adapté au phénomène transitoire à mesurer.

Pour le mesurage d'un phénomène transitoire, il existe deux possibilités, comme suit:

- a) Définir la courbe de la fumée en fonction du temps. Pour cela, le temps de réponse global ne doit pas dépasser un cinquième de la durée du phénomène transitoire. Afin d'éviter de donner trop d'importance aux «bouffées turbo» transitoires causées par la vitesse initiale faible, la vitesse des gaz doit être prise en compte, par exemple lors d'un essai en accélération libre.

- b) Définir une valeur moyenne du phénomène transitoire, voir par exemple Directive 72/306/CEE ou Règlement CEE-ONU n° 24<sup>2)</sup>, afin de pouvoir lire un pic. Afin d'éviter de donner trop d'importance aux «bouffées turbo» transitoires à cause de la faible vitesse des gaz, celle-ci doit être prise en compte. Notons qu'il est peu significatif de mesurer la valeur de pic d'un phénomène transitoire sans aucune connaissance de sa durée. Un amortissement est ajouté afin qu'une lecture d'un pic donne une mesure de quantité de fumée en transitoire.

Pour cela, le temps de réponse total  $t_0$  (voir 8.2.4) ou les temps de réponses physique  $t_p$  et électrique  $t_e$  (voir 8.2.2 et 8.2.3) doivent être fixés et caractérisés par une tolérance. Le délai physique  $t_d$ , (voir 8.3) doit également être fixé. Les valeurs de phénomènes transitoires obtenues avec des opacimètres différents ne peuvent être comparées que si les opacimètres en question ont des valeurs similaires de  $t_0$  et de  $t_d$ . Lorsqu'on définit  $t_0$ , il faut bien penser que de nombreux modèles d'opacimètres ne peuvent pas atteindre un  $t_p$  inférieur à environ 0,4 s.

## 8.2 Réponse de l'opacimètre

### 8.2.1 Généralités

Le temps de réponse total  $t_0$  est composé de deux parties: le temps de réponse physique  $t_p$  et le temps de réponse électrique  $t_e$ .

- a) Le temps de réponse physique  $t_p$  est le temps de remplissage en fumée de la zone de mesure et le temps de réponse analogique inhérent (tel que le temps de réponse du détecteur de lumière et le conditionnement du signal). Ceux-ci font partie intégrante de ce qui est appelé le signal brut d'opacité. Pour l'évaluation de  $t_p$ , ce signal nécessite d'être converti en échelle d'opacité. Ce signal converti sans autres corrections est appelé signal  $k$  brut.
- b) Le temps de réponse électrique  $t_e$  consiste en un filtrage qui peut être analogique (par exemple un simple circuit résistance et capacité pour une réponse de type exponentiel) ou digital (par exemple faire la moyenne glissante d'échantillons digitalisés). Le filtrage peut être appliqué à l'opacité brute, à l'opacité rapportée à une longueur optique différente, ou après conversion en coefficient d'absorption lumineuse (signal  $k$  brut). Notons que des valeurs significativement différentes peuvent résulter du filtrage appliqué (se reporter aux trois possibilités détaillées ci-dessus), en particulier pour des signaux transitoires rapides.

Un filtrage est normalement ajouté pour satisfaire un temps de réponse réglementaire spécifique.

### 8.2.2 Temps de réponse physique, $t_p$

Le temps de réponse physique,  $t_p$ , est le temps nécessaire pour que le signal  $k$  brut passe de 10 % à 90 % de la pleine déviation lorsque le coefficient d'absorption lumineuse du gaz à mesurer change en moins de 0,01 s.

Le temps de réponse physique est celui obtenu avec la sonde et la conduite de prélèvement. Pour les instruments ayant différents systèmes de prélèvement (plusieurs sondes), le temps de réponse physique doit être donné pour toutes les combinaisons.

Pour des opacimètres, comme certains types d'opacimètres à flux total, dans lesquels la zone de mesure est une section rectiligne de tuyau de diamètre uniforme, le temps de réponse physique peut être estimé au moyen de la formule:

$$t_p = 0,8 \times \frac{V}{Q} \quad (4)$$

et indiqué par le fabricant comme étant le «temps de réponse physique calculé»<sup>3)</sup>.

2) Pour le mesurage en service de la fumée en cours d'une accélération libre, un temps de réponse physique de moins de 0,4 s et un temps de réponse électrique compris entre 0,9 s et 1,1 s ont été définis dans le règlement CEE-ONU n° 24 et dans la Directive 72/306/CEE pour le contrôle de la fumée des moteurs diesel. Dans l'ISO 8178-9, un temps de réponse de moins de 0,2 s est spécifié pour les moteurs pour applications non routières.

3) Le facteur de 0,8 est utilisé pour donner une valeur de temps de réponse plus comparable à celle qui pourrait être déterminée expérimentalement lorsqu'on utilise le temps de montée de 10 % à 90 %.