

PROJET  
FINAL

NORME  
INTERNATIONALE

ISO/FDIS  
8178-5

ISO/TC 70/SC 8

Secrétariat: DIN

Début de vote:  
2021-01-19

Vote clos le:  
2021-03-16

---

---

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

### Partie 5: Carburants d'essai

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Reciprocating internal combustion engines — Exhaust emission  
measurement —  
(standards.iteh.ai)  
Part 5: Test fuels*

[ISO/FDIS 8178-5](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca145b2c-034f-4ad6-9c2a-d5974aa2a2bb/iso-fdis-8178-5>

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.



Numéro de référence  
ISO/FDIS 8178-5:2021(F)

© ISO 2021

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

[ISO/FDIS 8178-5](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca145b2c-034f-4ad6-9c2a-d5974aa2a2bb/iso-fdis-8178-5)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca145b2c-034f-4ad6-9c2a-d5974aa2a2bb/iso-fdis-8178-5>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2021

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office

Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8

CH-1214 Vernier, Genève

Tél.: +41 22 749 01 11

E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)

Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Symboles et abréviations</b> .....	<b>4</b>
<b>5</b> <b>Choix du carburant</b> .....	<b>4</b>
5.1   Généralités.....	4
5.2   Influence des propriétés du carburant sur les émissions des moteurs à allumage par compression.....	5
5.2.1   Généralités.....	5
5.2.2   Soufre du carburant.....	5
5.2.3   Considérations spécifiques aux carburants marins.....	8
5.2.4   Autres propriétés des carburants.....	8
5.3   Influence des propriétés du carburant sur les émissions des moteurs à allumage par étincelle (SI).....	9
<b>6</b> <b>Vue d'ensemble des carburants</b> .....	<b>10</b>
6.1   Gaz naturels.....	10
6.1.1   Gaz naturels de référence.....	10
6.1.2   Gaz naturel de référence fourni par un gazoduc avec mélange.....	10
6.1.3   Gaz naturels qui ne sont pas de référence.....	11
6.2   Gaz de pétrole liquéfiés.....	11
6.2.1   Gaz de pétrole liquéfiés de référence.....	11
6.2.2   Gaz de pétrole liquéfiés qui ne sont pas de référence.....	11
6.3   Essences pour automobiles.....	11
6.3.1   Essences de référence pour automobiles.....	11
6.3.2   Essences pour automobiles qui ne sont pas de référence.....	12
6.4   Carburants pour moteurs diesels.....	12
6.4.1   Carburants de référence pour moteurs diesels.....	12
6.4.2   Carburants pour moteurs diesels qui ne sont pas de référence.....	12
6.5   Carburants de type distillat.....	12
6.6   Carburants résiduels.....	12
6.7   Pétrole brut.....	13
6.8   Carburants de substitution.....	13
6.9   Exigences et informations additionnelles.....	13
<b>Annexe A (informative) Calcul des facteurs spécifiques du carburant</b> .....	<b>34</b>
<b>Annexe B (informative) Méthodes d'essai non ISO équivalentes</b> .....	<b>40</b>
<b>Annexe C (normative) Exigences supplémentaires pour la réalisation d'essais d'émission à l'aide de combustibles gazeux de référence comprenant du gaz de pipeline avec mélange d'autres gaz</b> .....	<b>42</b>
<b>Annexe D (normative) Calcul du facteur <math>\lambda</math>-de décalage (<math>S_\lambda</math>)</b> .....	<b>44</b>
<b>Annexe E (normative) Correction pour le CO<sub>2</sub> dans les gaz d'échappement provenant du CO<sub>2</sub> dans le combustible gazeux</b> .....	<b>48</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>50</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html).

Le présent document a été élaborée par le comité technique ISO/TC 70, *Moteurs à combustion interne*, sous-comité SC 8, *Mesurage des émissions de gaz d'échappement*.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO 8178-5:2015) qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à la précédente édition sont les suivantes:

- l'ajout de carburants de référence provenant de la réglementation EU 2017/654 relatif aux exigences en matière d'émissions de gaz d'échappement des moteurs à combustion interne des engins mobiles non routiers
- l'ajout du carburant de certification des émissions E10 du California Air Resources Board (CARB)
- l'ajout du carburant de certification des émissions E10 de niveau 3 de l'Agence américaine de protection de l'environnement
- la mise à jour des spécifications des carburants à partir de la norme ISO 8217

Une liste de toutes les parties de la série ISO 8178 est disponible sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html).

## Introduction

En comparaison avec les moteurs pour applications routières, les moteurs pour applications non routières sont réalisés dans une gamme beaucoup plus large de puissances de sortie et de configurations et sont utilisés dans un grand nombre d'applications différentes.

Étant donné que les propriétés des carburants diffèrent de manière importante d'un pays à l'autre, une grande variété de carburants différents, que ce soit des carburants de référence ou des carburants du commerce, est énumérée dans le présent document.

Les carburants de référence sont généralement représentatifs des carburants du commerce spécifiques, mais les spécifications qui s'y rattachent sont beaucoup plus rigoureuses. Il est avant tout recommandé de les utiliser pour les mesurages au banc d'essai spécifiés dans l'ISO 8178-1.

En ce qui concerne les mesurages sur site permettant de déterminer les émissions de gaz d'échappement avec des carburants du commerce, que ces données soient incluses ou non dans le présent document, il est recommandé d'utiliser des feuilles de données analytiques uniformes (voir [l'Article 5](#)) pour définir les propriétés des carburants en fonction des résultats d'émissions de gaz.

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

[ISO/FDIS 8178-5](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca145b2c-034f-4ad6-9c2a-d5974aa2a2bb/iso-fdis-8178-5>

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

[ISO/FDIS 8178-5](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca145b2c-034f-4ad6-9c2a-d5974aa2a2bb/iso-fdis-8178-5)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca145b2c-034f-4ad6-9c2a-d5974aa2a2bb/iso-fdis-8178-5>

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

## Partie 5: Carburants d'essai

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les carburants dont l'utilisation est recommandée pour effectuer les cycles d'essai des émissions de gaz d'échappement fournis dans l'ISO 8178-4.

Il est applicable aux moteurs alternatifs à combustion interne pour les installations mobiles, transportables ou fixes, à l'exclusion des moteurs de véhicules conçus originellement pour des applications routières. Le présent document est appliqué aux moteurs utilisés, par exemple, sur les engins de terrassement, les groupes électrogènes et pour d'autres applications.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 4259, *Produits pétroliers et connexes — Fidélité des méthodes de mesure et de leurs résultats — Partie 1: Détermination des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai*

ISO 6974 (toutes les parties), *Gaz naturel — Détermination de la composition et l'incertitude associée par chromatographie en phase gazeuse*

ISO 6976, *Gaz naturel — Calcul des pouvoirs calorifiques, de la masse volumique, de la densité relative et des indices de Wobbe à partir de la composition*

ISO 8178-1, *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*

ISO 8178-4:2020, *Moteurs alternatifs à combustion interne — Mesurage des émissions de gaz d'échappement — Partie 4: Cycles d'essai à l'état stable et transitoires pour différentes applications des moteurs*

ISO 8216-1:2010, *Produits pétroliers — Classification des combustibles (classe F) — Partie 1: Catégories des combustibles pour la marine*

ISO 8217:2010, *Produits pétroliers — Combustibles (classe F) — Spécifications des combustibles pour la marine*

ASTM D 4815, *Une méthode pour la détermination des composés oxygénés dans les combustibles reformulés*

ASTM D 8221-18, *Pratique standard pour la détermination de l'indice de méthane calculé (MNC) des combustibles gazeux utilisés dans les moteurs à combustion*

EN 228, *Carburants pour automobiles — Essence sans plomb — Exigences et méthodes d'essai*

EN 15376, *Carburants pour automobiles — Ethanol comme base de mélange à l'essence — Exigences et méthodes d'essais*

EN 15489, *Éthanol comme base de mélange à l'essence — Détermination de la teneur en eau— Méthode de titrage coulométrique Karl Fischer*

EN 16726, *Infrastructures gazières — Qualité du gaz — Groupe H*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

Note 1 à l'article Voir également les définitions applicables figurant dans les normes citées dans les tableaux de l'[Annexe B](#).

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

#### 3.1 résidu de carbone

résidu restant après décomposition thermique contrôlée d'un produit sous une alimentation limitée d'oxygène (air)

Note 1 à l'article: Les méthodes historiques Conradson et Ramsbottom sont largement remplacées par la méthode (micro) de résidu de carbone.

[SOURCE: ISO 1998-2:1998, 2.50.001]

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

#### 3.2 indice de cétane

nombre donnant approximativement l'indice de cétane (3.3) d'un produit, calculé à partir de sa masse volumique et de ses caractéristiques de distillation

ISO/FDIS 8178-5

Note 1 à l'article: La formule utilisée pour ce calcul est tirée de l'analyse statistique d'un très grand nombre de carburants diesel représentatifs de la production mondiale, et pour lesquels les données d'indice de cétane et de distillation sont connues. De ce fait la formule peut nécessiter une révision tous les cinq à dix ans. La formule actuelle est donnée dans l'ISO 4624. Elle n'est pas applicable aux carburants contenant un additif d'amélioration du cétane.

[SOURCE: ISO 1998-2:1998, 2.30.111]

#### 3.3 indice de cétane

nombre d'une échelle conventionnelle, indiquant l'aptitude d'un combustible pour moteur du type *diesel* (3.5), à s'enflammer dans des conditions normalisées

Note 1 à l'article: Il est exprimé par le pourcentage en volume d'hexadécane (cétane) dans un mélange de référence présentant le même délai d'allumage que le combustible à analyser. L'indice de cétane est d'autant plus élevé que le délai d'allumage est court.

[SOURCE: ISO 1998-2:1998, 2.30.110]

#### 3.4 pétrole brut

pétrole naturel se trouvant principalement dans des couches souterraines poreuses telles que les grès

Note 1 à l'article: Le pétrole brut est un mélange d'hydrocarbures, généralement à l'état liquide, pouvant également contenir des composés de soufre, de l'azote, de l'oxygène, des métaux ainsi que d'autres éléments.

[SOURCE: ISO 1998-1:1998, 1.05.005, modifié — La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

**3.5****carburant diesel**

gas-oil qui a été spécialement formulé pour l'utilisation dans les moteurs diesels à vitesse moyenne ou rapide, surtout pour le transport

Note 1 à l'article: La note s'applique seulement à la langue anglaise.

[SOURCE: ISO 1998-1:1998, 1.20.131 Le terme alternatif "gas-oil auto" a été supprimé]

**3.6****gaz de pétrole liquéfiés****GPL**

mélange d'hydrocarbures légers, composé principalement de propane, propène, butanes et butènes, qui peut être stocké et manipulé en phase liquide sous pression modérée et à température ambiante

Note 1 à l'article: Les méthodes historiques de Conradson et Ramsbottom ont été largement remplacées par la méthode des résidus de carbone (micro).

[SOURCE: ISO 1998-1:1998, 1.15.080, modifiée — Le terme abrégé a été ajouté; la note à l'article a été ajoutée]

**3.7****indice d'octane**

nombre d'une échelle conventionnelle, exprimant la résistance à la détonation des carburants pour moteurs à allumage commandé

Note 1 à l'article: Il est déterminé dans des moteurs d'essais par comparaison avec des carburants de référence. Plusieurs méthodes d'essai étant utilisées, il convient que l'indice d'octane soit accompagné de la référence à la méthode utilisée.

[SOURCE: ISO 1998-2:1998, 2.30.100]

[ISO/FDIS 8178-5](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca145b2c-034f-4ad6-9c2a-d5974aa2a2bb/iso-fdis-8178-5)

**3.8****oxydant**

composant organique contenant de l'oxygène et pouvant être utilisé comme carburant ou additif, comme divers alcools et éthers

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca145b2c-034f-4ad6-9c2a-d5974aa2a2bb/iso-fdis-8178-5>

**3.9****gaz naturel****GN**

mélange complexe d'hydrocarbures, composé principalement de méthane, mais comprenant généralement aussi, de l'éthane, du propane, des hydrocarbures supérieurs, et quelques gaz non combustibles tels que l'azote et le dioxyde de carbone

[SOURCE: ISO 14532:2014, 2.1.1.1, modifié — la note 1 à l'article a été supprimée]

**3.10****indice de méthane**

indice indiquant les caractéristiques de cliquetis d'un gaz combustible

Note 1 à l'article: Il est comparable à l'indice d'octane pour l'essence. Une expression de l'indice de méthane est le pourcentage en volume de méthane dans un mélange méthane-hydrogène, qui dans un moteur d'essai sous des conditions standard, a la même tendance à cliqueter que le gaz combustible à examiner.

[SOURCE: ISO 14532:2014, 2.6.6.1]

## 4 Symboles et abréviations

Les symboles et abréviations utilisés dans le présent document sont identiques à ceux indiqués dans l'ISO 8178-4:2020 Article 4. Ceux qui sont essentiels au présent document sont répétés ci-après, afin d'en faciliter la compréhension.

Symbole SI	Définition	Unité
$A/F_{st}$	Rapport air/carburant stœchiométrique	—
$\lambda$	Facteur d'excès d'air (en kilogrammes d'air sec par kilogramme de carburant)	kg/kg
$c_{gasd}$	concentration de gaz sur une base humide	% (V/V)
$c_{gasw}$	concentration de gaz sur une base sèche	% (V/V)
$k_f$	Facteur spécifique du carburant pour le calcul du débit des gaz d'échappement humides	—
$k_{CB}$	Facteur spécifique du carburant pour le calcul du bilan carbone	—
$k_w$	facteur de correction sec à humide pour les gaz d'échappement bruts	—
$k_{wr}$	facteur de correction sec à humide pour les gaz d'échappement bruts	—
$k_f$	facteur spécifique au carburant	—
$H_a$	humidité absolue de l'air d'admission (g d'eau/kg d'air sec)	g/kg
$p_b$	pression atmosphérique totale	kPa
$p_r$	pression de vapeur d'eau après le bain de refroidissement	KPa
$q_{mad}$	débit massique de l'air d'admission sur base sèche	kg/h
$q_{maw}$	Débit-volume de l'air d'admission humide <sup>a</sup>	kg/h
$q_{mew}$	Débit-volume des gaz d'échappement humides <sup>a</sup>	kg/h
$q_{mf}$	Débit-masse du carburant	kg/h
$q_{ved}$	débit volumique des gaz d'échappement à l'état sec	m <sup>3</sup> /s
$q_{vew}$	débit volumique des gaz d'échappement en conditions humides	m <sup>3</sup> /s
$q_{vH2O}$	H2O débit volumétrique	m <sup>3</sup> /s
$w_{ALF}$	Fraction massique d'hydrogène du carburant	%
$w_{BET}$	Fraction massique de carbone du carburant	%
$w_{GAM}$	Fraction massique de soufre du carburant	%
$w_{DEL}$	Fraction massique d'azote du carburant	%
$w_{EPS}$	Fraction massique d'oxygène du carburant	%
$z$	Facteur du carburant pour le calcul de $w_{ALF}$	—

<sup>a</sup> Aux conditions de référence ( $T = 273,15$  K et  $p = 101,3$  kPa).

## 5 Choix du carburant

### 5.1 Généralités

Lorsque cela s'avère possible, il convient d'utiliser des carburants de référence pour la certification des moteurs.

Les carburants de référence reflètent les caractéristiques des carburants disponibles dans le commerce dans divers pays et qui ont donc des propriétés différentes. Étant donné que la composition du carburant a une influence sur les émissions de gaz d'échappement, les émissions correspondant à des carburants de référence différents sont généralement incomparables. Pour les comparaisons interlaboratoires, il est recommandé que les propriétés des carburants de référence spécifiés soient aussi éloignées que possible. La meilleure manière d'y parvenir est d'utiliser des carburants de même lot.

Pour tous les carburants (carburants de référence ou autres), les données analytiques doivent être définies et jointes au rapport de mesure des gaz d'échappement.

Pour les carburants qui ne sont pas de référence, les données à déterminer sont énumérées dans les tableaux suivants:

- [Tableau 5](#) (Fiche de données analytiques générales — Gaz naturels);
- [Tableau 9](#) (Fiche de données analytiques générales — Gaz de pétrole liquéfiés);
- [Tableau 17](#) (Fiche de données analytiques générales — Essences pour moteur);
- [Tableau 21](#) (Fiche de données analytiques générales — Carburants pour moteurs diesels);
- [Tableau 23](#) (Fiche de données analytiques générales — Carburants de type distillat);
- [Tableau 25](#) (Fiche de données analytiques générales — Carburants résiduels);
- [Tableau 26](#) (Fiche de données analytiques générales — Pétrole brut);

Une analyse élémentaire du carburant doit être effectuée lorsque le débit-masse des gaz d'échappement ou du débit de l'air de combustion en même temps que la consommation de carburant n'est pas possible.

Dans ce cas, il est possible de calculer le débit-masse des gaz d'échappement à l'aide des résultats des mesurages de la concentration des gaz d'échappement et des méthodes de calcul spécifiées dans l'ISO 8178-4:2020, [Annexe A](#). A défaut de disposer de l'analyse du carburant, les fractions massiques d'hydrogène et de carbone peuvent être obtenues par calcul. Les méthodes recommandées sont spécifiées en [A.2.1](#), [A.2.2](#) et [A.2.3](#).

Les calculs des émissions et du débit des gaz d'échappement dépendent de la composition du carburant. Le calcul des facteurs spécifiques du carburant, si nécessaire, doit être réalisé conformément à l'ISO 8178-4:2020, Annexe A: [A.2.2](#), [A.2.3](#) et [A.2.4](#).

NOTE Pour les méthodes d'essai non ISO équivalentes à celles des Normes internationales ISO mentionnées dans le présent document, se reporter à l'[Annexe B](#).

## 5.2 Influence des propriétés du carburant sur les émissions des moteurs à allumage par compression

### 5.2.1 Généralités

La qualité du carburant a une influence significative sur les émissions des moteurs. Certains paramètres du carburant ont une incidence plus ou moins marquée sur le niveau des émissions. Un léger aperçu des paramètres les plus influents est donné dans les [paragraphe 5.2.2](#) à [5.2.4](#).

### 5.2.2 Soufre du carburant

Le soufre est généralement présent dans le pétrole brut. Le soufre résiduel présent dans le carburant après le procédé de raffinage est oxydé au cours du procédé de combustion en SO<sub>2</sub>, qui constitue la principale source d'émission de soufre du moteur. Une partie du SO<sub>2</sub> est ensuite oxydée en sulfate (SO<sub>4</sub>) dans le système d'échappement du moteur, le tunnel de dilution ou par un système de traitement postcombustion des gaz d'échappement. Le sulfate réagit avec l'eau présente dans les gaz d'échappement pour former avec la condensation de l'eau de l'acide sulfurique qui est finalement mesuré comme partie intégrante des émissions de particules (PM). Par conséquent, la teneur en soufre du carburant a une influence significative sur les émissions de particules.

La masse des sulfates émis par un moteur dépend des paramètres suivants:

- la consommation de carburant du moteur (BSFC);
- la teneur en soufre du carburant (FSC);

- le taux de conversion  $S \Rightarrow SO_4$  (CR);
- l'augmentation de poids par absorption d'eau normalisée à  $H_2SO_4 \cdot 6,651H_2O$ .

La consommation de carburant et la teneur en soufre du carburant sont des paramètres mesurables; le taux de conversion pour sa part ne peut qu'être estimé dans la mesure où il peut varier d'un moteur à l'autre. En général, le taux de conversion est d'environ 2 % pour des moteurs sans système de traitement postcombustion des gaz d'échappement. La [Formule \(1\)](#) a été appliquée pour estimer l'effet du soufre sur l'émission de particules (PM):

$$S_{PM} = e_{fuel} \times \frac{X_{FSC}}{1,000,000} \times \frac{E}{100} \times 6,795\ 296 \tag{1}$$

où

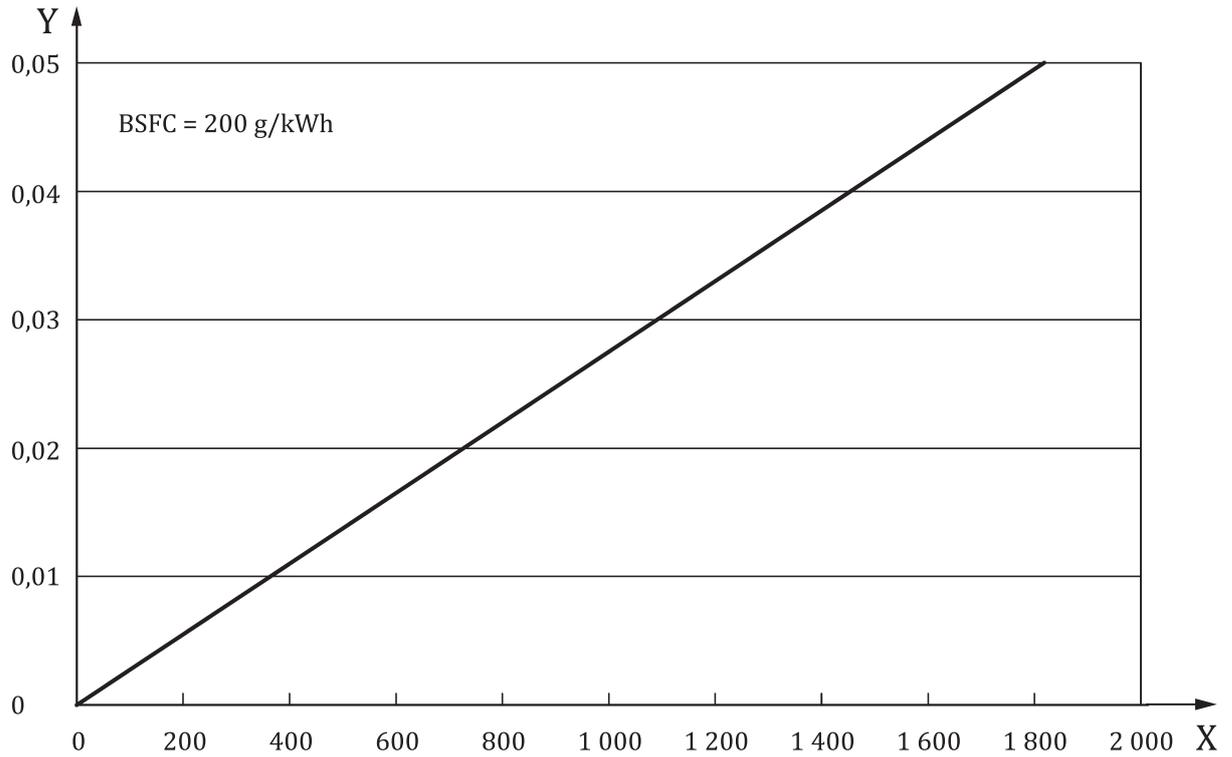
- $S_{PM}$  est la contribution spécifique du soufre du carburant au frein au PM, exprimée en grammes par kilowatt-heure (g/kW-h)
- $e_{fuel}$  est la consommation spécifique de carburant au frein, exprimée en grammes par kilowatt-heure (g/kW-h)
- $X_{FSC}$  est la teneur en soufre du carburant, exprimée en milligrammes par kilogramme (mg/kg)
- $E$  est le taux de conversion  $S \Rightarrow SO_4$ , exprimé en pour cent %
- 6,795 296 est le facteur de conversion  $S \Rightarrow H_2SO_4 \cdot 6,651H_2O$ .

Tout ceci est fondé sur l'hypothèse selon laquelle 1,2216 grammes d'eau est associée à chaque gramme de  $H_2SO_4$  du fait de la température du point de rosée de 9,5 C dans l'environnement de pesée. Cela correspond à  $5,444H_2O$ .

ISO/FDIS 8178-5

Le rapport entre la teneur en soufre du carburant et l'émission de sulfates est illustré à la [Figure 1](#) pour un moteur sans traitement postcombustion et un taux de conversion de S à  $SO_4$  de 2 %.

De nombreux systèmes de traitement postcombustion comportent un catalyseur d'oxydation faisant partie intégrante du système. Le catalyseur d'oxydation a pour principal objet d'améliorer les réactions chimiques spécifiques nécessaires au bon fonctionnement du système de traitement postcombustion. Dans la mesure où le catalyseur d'oxydation convertit une quantité importante de  $SO_2$  en  $SO_4$ , le système de traitement postcombustion est susceptible de produire une grande quantité de particules supplémentaires en présence de soufre dans le carburant. L'utilisation de ces systèmes de traitement postcombustion risque d'augmenter de manière conséquente le taux de conversion d'environ 30 % à 70 % selon le rendement du pot catalytique. Cela a un effet important sur les émissions de particules (PM), tel qu'illustré à la [Figure 2](#).

**Légende**

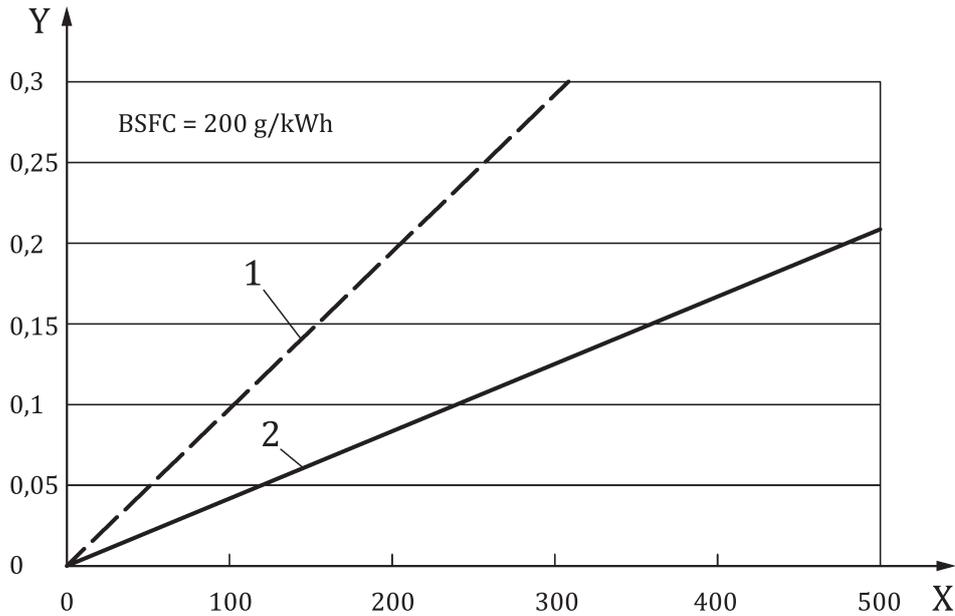
X teneur en soufre du carburant, exprimée en mg/kg

Y PM soufre, exprimé en g/kW-h

iTeH STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

**Figure 1 — Relation entre la teneur en soufre du carburant et l'émission de sulfates pour des moteurs sans traitement postcombustion des gaz d'échappement**



**Légende**

- X teneur en soufre du carburant, exprimée en mg/kg
- Y PM soufre, exprimé en g/kW-h
- 1 conversion à 70 %
- 2 conversion à 30 %

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

**Figure 2 — Relation entre la teneur en soufre du carburant et l'émission de sulfates pour des moteurs avec traitement postcombustion des gaz d'échappement**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca145b2c-034f-4ad6-9c2a-d5974aa2a2bb/iso-fdis-8178-5>

**5.2.3 Considérations spécifiques aux carburants marins**

Le soufre et l'azote ont un impact respectif important sur les émissions de particules (PM) et les émissions de NO<sub>x</sub> pour les carburants marins (carburants de type distillat et résiduels).

En général, la teneur en soufre est plus élevée que pour les carburants diesel routiers ou non routiers et ce d'un facteur d'environ 10, tel qu'illustré au [Tableau 22](#). Même sans système de traitement postcombustion des gaz d'échappement, la teneur en soufre dans l'émission de particules est d'environ 0,4 g/kWh pour un carburant contenant 2 % de soufre. De plus, les fractions importantes de cendres, de vanadium et de sédiments contribuent de manière significative à l'émission de particules totale. Par conséquent, l'émission de particules propre au moteur, constituée principalement de suie, ne représente qu'une très petite fraction de l'émission de particules totale. Lors de l'application de systèmes de traitement postcombustion des gaz d'échappement, il convient que les spécifications du [paragraphe 5.2.2](#) soient soigneusement prises en compte.

La teneur moyenne en azote des carburants résiduels est généralement d'environ 0,4 % mais augmente de façon constante. Dans certains cas, des teneurs en azote comprises entre 0,8 et 1,0 % ont été rapportées. En supposant un taux de conversion de 55 % pour une teneur en azote de 0,8 %, l'émission de NO<sub>x</sub> du moteur augmentera de plus de 2 g/kWh. Cela représente une portion significative de l'émission totale de NO<sub>x</sub> et doit par conséquent être bien prise en compte.

**5.2.4 Autres propriétés des carburants**

Il existe d'autres paramètres de carburants qui ont une influence significative sur les émissions et la consommation de carburant d'un moteur. Contrairement à l'influence du soufre, leur importance est moins prévisible et non ambiguë, mais il existe toujours une tendance générale à les considérer comme valables pour tous les moteurs. Les plus importants de ces paramètres sont l'indice de cétane (CN),

la masse volumique, la teneur en aromatiques polycycliques, la teneur totale en aromatiques et les caractéristiques de distillation. Leur influence est brièvement résumée ci-après.

Pour le  $\text{NO}_x$ , les aromatiques totaux constituent le paramètre prédominant alors que l'effet des aromatiques polycycliques et de la masse volumique est moins significatif. Cela peut s'expliquer par une augmentation de la température de flamme avec une teneur élevée en aromatiques au cours de la combustion qui accroît l'émission de  $\text{NO}_x$ . En ce qui concerne les émissions de particules (PM), la masse volumique et les aromatiques polycycliques constituent les paramètres du carburant les plus importants. En général, le  $\text{NO}_x$  est réduit de 4 % si les aromatiques sont réduits de 30 % à 10 %. Une réduction similaire est possible pour les émissions de particules (PM) en réduisant les aromatiques polycycliques de 9 % à 1 %.

L'augmentation de l'indice de cétane (CN) améliore le démarrage à froid du moteur et par conséquent les émissions de fumées blanches. Cela a également une influence bénéfique sur les émissions de  $\text{NO}_x$ , notamment à faibles charges, lorsqu'une réduction jusqu'à 9 % peut être obtenue en augmentant l'indice de cétane (CN) de 50 à 58 et sur la consommation de carburant affichant des améliorations jusqu'à 3 % pour la même plage d'indice de cétane.

### 5.3 Influence des propriétés du carburant sur les émissions des moteurs à allumage par étincelle (SI)

Les paramètres ayant une influence significative sur les émissions et la consommation de carburant d'un moteur à allumage par étincelle SI comprennent: l'indice d'octane, la teneur en soufre, les additifs contenant du métal, les oxydants, les oléfines et le benzène.

Les moteurs sont conçus et étalonnés pour une certaine valeur d'octane. Lorsqu'un client utilise de l'essence ayant un niveau d'octane inférieur au niveau requis, une détonation risque de se produire, ce qui pourrait entraîner de graves dommages au moteur. Les moteurs équipés de détecteurs de détonation sont en mesure de gérer des niveaux d'octane inférieurs en retardant le calage de l'allumage.

Comme mentionné ci-dessus, le soufre est généralement présent dans le pétrole brut. Si le soufre n'est pas éliminé au cours du procédé de raffinage, il risque de contaminer le carburant. Le soufre a un impact significatif sur les émissions du moteur en réduisant le rendement des catalyseurs. Le soufre a également un effet préjudiciable sur les détecteurs d'oxygène dans les gaz d'échappement chauds. Par conséquent, des teneurs élevées en soufre augmentent de manière significative les émissions d'hydrocarbures (HC) et de  $\text{NO}_x$ . A noter également que les techniques à mélange pauvre qui nécessitent d'appliquer un traitement postcombustion du  $\text{NO}_x$  présentent une extrême sensibilité au soufre.

Les additifs contenant du métal forment en règle générale des cendres et peuvent par conséquent avoir un effet préjudiciable sur le fonctionnement des catalyseurs et autres composants tels que détecteurs d'oxygène, donnant lieu à un phénomène irréversible qui augmente les émissions. Par exemple, le MMT (méthylcyclopentadiényl manganèse tricarbonyl) est un composé à base de manganèse commercialisé comme un additif de carburant améliorant l'indice d'octane pour l'essence. Les produits de combustion des composants de moteur à combustion interne à base de MMT tels que bougies d'allumage, constituent des sources potentielles de raté d'allumage donnant lieu à l'augmentation des émissions, de la consommation de carburant et à de mauvaises performances du moteur. Ils peuvent également s'accumuler et boucher en partie le catalyseur provoquant une augmentation de la consommation de carburant associée à une réduction du contrôle des émissions.

Les composés organiques oxygénés, tels que le l'éthanol, sont souvent ajoutés à l'essence pour améliorer l'indice d'octane, prolonger les équipements d'alimentation à essence, ou pour produire un mélange pauvre dans la stœchiométrie du moteur afin de réduire les émissions de monoxyde de carbone. Le mélange pauvre réduit les émissions de monoxyde de carbone, notamment pour les moteurs carburés sans système à carburateur à rétroaction électronique. Cependant, l'augmentation des niveaux d' $\text{O}_2$  ayant augmenté au-delà des niveaux pour lesquels un moteur à régulation à chaîne ouverte a été étalonné fera généralement augmenter les émissions de  $\text{NO}_x$  et les températures de combustion, ce qui peut conduire à une panne de moteur prématurée.