

---

---

**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 8178-5:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca50195e-c468-4779-a20b-53e14a5bdd36/iso-8178-5-2015>



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

ISO 8178-5:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca50195e-c468-4779-a20b-53e14a5bdd36/iso-8178-5-2015>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2015, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401  
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland  
Tel. +41 22 749 01 11  
Fax +41 22 749 09 47  
copyright@iso.org  
www.iso.org

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>vi</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4 Symboles et abréviations</b> .....	<b>3</b>
<b>5 Choix du carburant</b> .....	<b>3</b>
5.1 Généralités.....	3
5.2 Influence des propriétés du carburant sur les émissions des moteurs à allumage par compression.....	4
5.2.1 Soufre du carburant.....	4
5.2.2 Considérations spécifiques aux carburants marins.....	7
5.2.3 Autres propriétés des carburants.....	7
5.3 Influence des propriétés du carburant sur les émissions des moteurs à allumage par étincelle.....	8
<b>6 Vue d'ensemble des carburants</b> .....	<b>9</b>
6.1 Gaz naturels.....	9
6.1.1 Gaz naturels de référence.....	9
6.1.2 Gaz naturels qui ne sont pas de référence.....	9
6.2 Gaz de pétrole liquéfiés.....	9
6.2.1 Gaz de pétrole liquéfiés de référence.....	9
6.2.2 Gaz de pétrole liquéfiés qui ne sont pas de référence.....	9
6.3 Essences pour automobiles.....	10
6.3.1 Essences de référence pour automobiles.....	10
6.3.2 Essences pour automobiles qui ne sont pas de référence.....	10
6.4 Carburants pour moteurs diesels.....	10
6.4.1 Carburants de référence pour moteurs diesels.....	10
6.4.2 Carburants pour moteurs diesels qui ne sont pas de référence.....	10
6.5 Carburants de type distillat.....	10
6.6 Carburants résiduels.....	10
6.7 Pétrole brut.....	11
6.8 Carburants de substitution.....	11
6.9 Exigences et informations additionnelles.....	11
<b>Annexe A (informative) Calcul des facteurs spécifiques du carburant</b> .....	<b>28</b>
<b>Annexe B (informative) Méthodes d'essai non ISO équivalentes</b> .....	<b>34</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>36</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 appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](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 signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca50195e-c468-4779-a206-53e14a5bdd36/iso-8178-5-2015).

Le comité technique responsable de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 70, *Moteurs à combustion interne*, sous-comité SC 8, *Mesurage des émissions de gaz d'échappement*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 8178-5:2008) qui a fait l'objet d'une révision technique.

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: Mesurages des émissions de gaz et de particules sur site*
- *Partie 3: Définitions et méthodes de mesure de la fumée des gaz d'échappement dans des conditions stabilisées*
- *Partie 4: Cycles d'essai en régime permanent pour différentes applications des moteurs<sup>1)</sup>*
- *Partie 5: Carburants d'essai*
- *Partie 6: Rapport de mesure et d'essai*
- *Partie 7: Détermination des familles de moteurs*
- *Partie 8: Détermination des groupes de moteurs*

1) L'ISO 8178-4 est actuellement en cours de révision et sa publication avec le nouveau titre ci-dessus est prévue en 2016.

- *Partie 9: Cycles et procédures d'essai pour le mesurage au banc d'essai des émissions de fumées de gaz d'échappement des moteurs alternatifs à combustion interne à allumage par compression fonctionnant en régime transitoire*
- *Partie 10: Cycles et procédures d'essai pour le mesurage sur site des émissions de fumées de gaz d'échappement des moteurs à allumage par compression fonctionnant en régime transitoire*

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

[ISO 8178-5:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca50195e-c468-4779-a20b-53e14a5bdd36/iso-8178-5-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca50195e-c468-4779-a20b-53e14a5bdd36/iso-8178-5-2015>

## 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 la présente partie de l'ISO 8178.

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 la présente partie de l'ISO 8178, il est recommandé d'utiliser des feuilles de données analytiques uniformes (voir [Article 5](#)) pour définir les propriétés des carburants en fonction des résultats d'émissions de gaz.

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

[ISO 8178-5:2015](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca50195e-c468-4779-a20b-53e14a5bdd36/iso-8178-5-2015>

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

## Partie 5: Carburants d'essai

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 8178 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.

Elle 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. La présente partie de l'ISO 8178 peut être appliquée aux moteurs utilisés, par exemple, sur les engins de terrassement, les groupes électrogènes et pour d'autres applications.

### 2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables à son application. 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 4264, *Produits pétroliers — Calcul de l'indice de cétane des distillats moyens par équation à quatre variables*

ISO 8178-1:2006, *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 8216-1, *Produits pétroliers — Classification des combustibles (classe F) — Partie 1: Catégories des combustibles pour la marine*

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

### 3 Termes et définitions

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

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

#### 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]

### 3.2

#### **indice de cétane**

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

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, 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'inflammation que le combustible à analyser. L'indice de cétane est d'autant plus élevé que le délai d'inflammation 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

[SOURCE: ISO 1998-1:1998, 1.05.005]

Note 1 à l'article: 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.

### 3.5

#### **carburant pour moteurs diesels**

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: Souvent désigné comme « combustible pour automobile diesel ».

[SOURCE: ISO 1998-1:1998, 1.20.131]

### 3.6

#### **indice diesel**

nombre caractérisant la qualité d'allumage des carburants diesel et des carburants résiduels, calculé à partir de la masse volumique et du point d'aniline

Note 1 à l'article: Du fait de son inexactitude, cet indice est généralement peu utilisé pour les carburants de type distillat, mais s'applique à certains carburants issus de mélanges de résidus de raffinage. Voir également [3.2](#), indice de cétane calculé.

### 3.7

#### **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

[SOURCE: ISO 1998-1:1998, 1.15.080]

### 3.8

#### 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]

### 3.9

#### oxydant

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

## 4 Symboles et abréviations

Les symboles et abréviations utilisés dans la présente partie de l'ISO 8178 sont identiques à ceux indiqués dans l'ISO 8178-1:2006, Article 4 et Annexe A. Ceux qui sont essentiels à la présente partie de l'ISO 8178 sont répétés ci-après, afin d'en faciliter la compréhension.

Symbole SI	Définition	Unité
$\lambda$	Facteur d'excès d'air (en kilogrammes d'air sec par kilogramme de carburant)	kg/kg
$k_f$	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	—
$q_{maw}$	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
$w_{ALF}$	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 $w_{ALF}$	—
$a$	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 proches 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 4](#) (Fiche de données analytiques générales — Gaz naturels);
- [Tableau 8](#) (Fiche de données analytiques générales — Gaz de pétrole liquéfiés);
- [Tableau 13](#) (Fiche de données analytiques générales — Essences pour automobile);
- [Tableau 17](#) (Fiche de données analytiques générales — Carburants pour moteurs diesels);
- [Tableau 19](#) (Fiche de données analytiques générales — Carburants de type distillat);
- [Tableau 21](#) (Fiche de données analytiques générales — Carburants résiduels);
- [Tableau 22](#) (Fiche de données analytiques générales — Pétrole brut);

Une analyse élémentaire du carburant doit être effectuée lorsqu'il est impossible de procéder à des mesurages du débit-masse des gaz d'échappement ou du débit de l'air de combustion en même temps que la consommation de carburant. 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 8178-1:2006, Annexe A. À 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 8178-1:2006, Annexe A.

NOTE Pour les méthodes d'essai non ISO équivalentes à celles des Normes internationales mentionnées dans la présente partie de l'ISO 8178, se reporter à l'[Annexe B](#).

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

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 de [5.2.1](#) à [5.2.3](#).

### 5.2.1 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  $\text{SO}_2$ , qui constitue la principale source d'émission de soufre du moteur. Une partie du  $\text{SO}_2$  est ensuite oxydée en sulfate ( $\text{SO}_4$ ) 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  $H_2SO_4 \cdot 6,651 H_2O$ .

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 suivante a été appliquée pour estimer l'effet du soufre sur l'émission de particules (PM), comme présenté dans la Formule (1):

$$\text{Soufre}_{PM} = \text{BSFC} \times \frac{\text{FSC}}{1,000,000} \times \frac{\text{CR}}{100} \times 6,795\,296 \quad (1)$$

où

$\text{soufre}_{PM}$  est la contribution spécifique du soufre du carburant au frein au PM, exprimée en grammes par kilowatt-heure (g/kW-h);

BSFC est la consommation spécifique de carburant au frein, exprimée en grammes par kilowatt-heure (g/kW-h);

FSC est la teneur en soufre du carburant, exprimée en milligrammes par kilogramme (mg/kg);

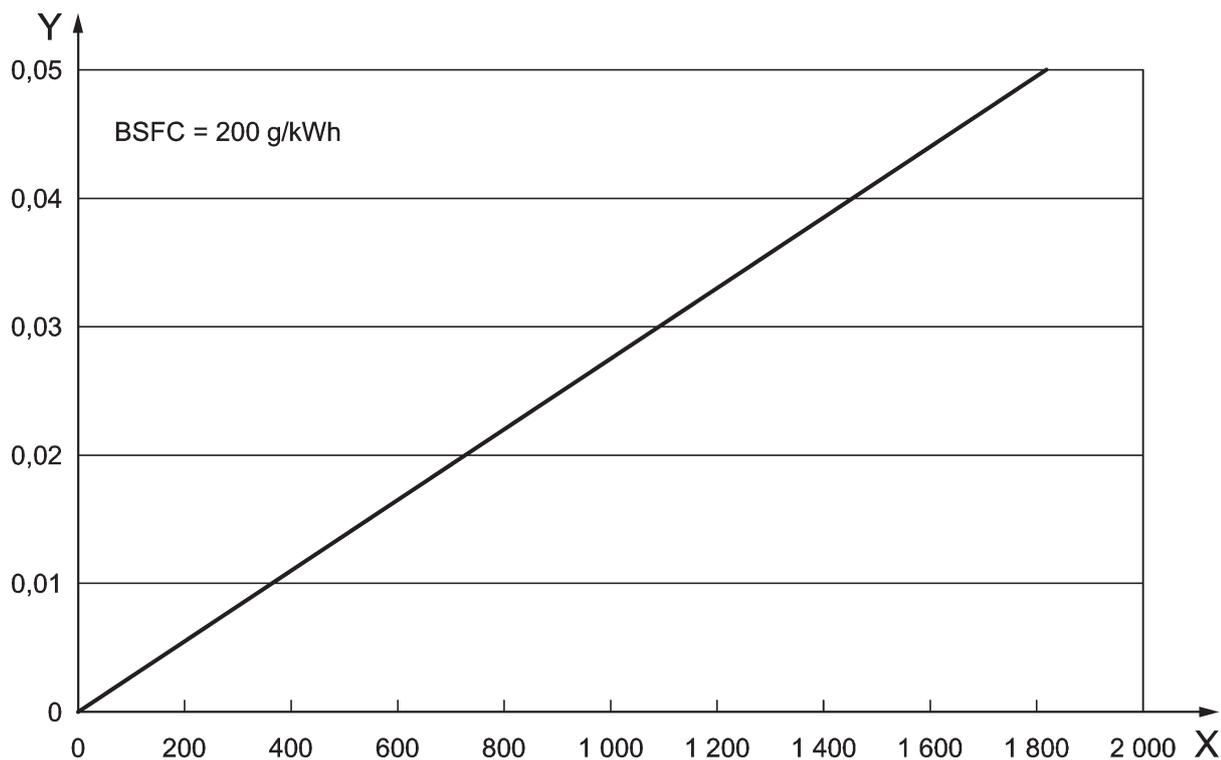
CR est le taux de conversion  $S \Rightarrow SO_4$ , exprimé en pourcentage %

6,795 296 est le facteur de conversion  $S \Rightarrow H_2SO_4 \cdot 6,651 H_2O$

Tout ceci est fondé sur l'hypothèse selon laquelle 1,221 6 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 6,651  $H_2O$ .

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](#).



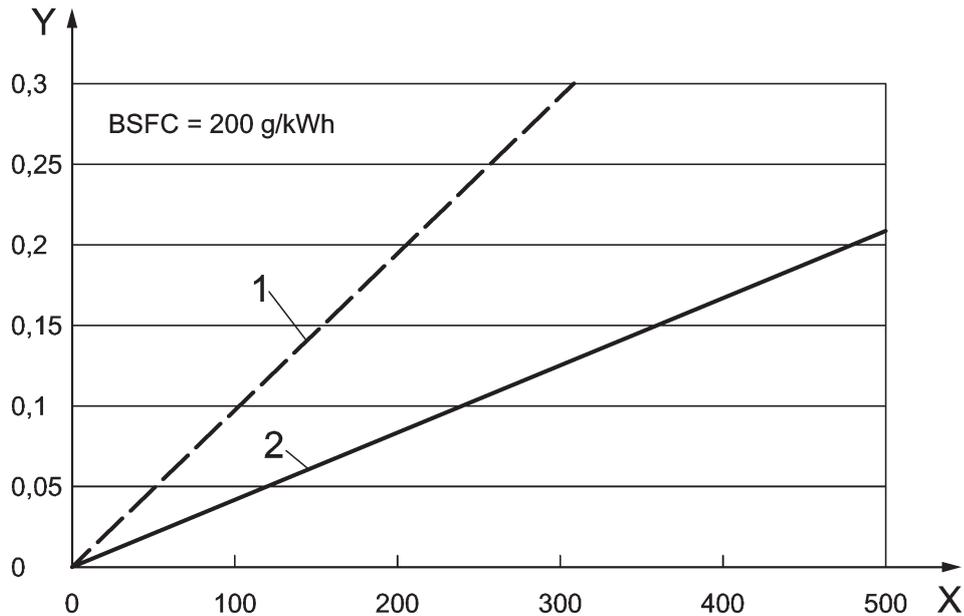
**Légende**

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/kWh-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/ca50195e-c468-4779-a20b-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca50195e-c468-4779-a20b-53e14a5bdd36/iso-8178-5-2015)

[53e14a5bdd36/iso-8178-5-2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ca50195e-c468-4779-a20b-53e14a5bdd36/iso-8178-5-2015)

### 5.2.2 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 21](#). 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 de [5.2.1](#) 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.

### 5.2.3 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,

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 NO<sub>x</sub>, 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 NO<sub>x</sub>. 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 NO<sub>x</sub> 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 NO<sub>x</sub>, 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

Les paramètres ayant une influence significative sur les émissions et la consommation de carburant d'un moteur à allumage par étincelle 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 NO<sub>x</sub>. À noter également que les techniques à mélange pauvre qui nécessitent d'appliquer un traitement postcombustion du NO<sub>x</sub> 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 tricarbonyle) 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'O<sub>2</sub> ayant augmenté au-delà des niveaux pour lesquels un moteur à régulation à chaîne ouverte a été étalonné fera généralement augmenter les émissions de NO<sub>x</sub> et les températures de combustion, ce qui peut conduire à une panne de moteur prématurée.

Les oléfines sont des hydrocarbures non saturés qui, dans nombre de cas, sont également des composants à bon indice d'octane de l'essence. Cependant, la présence d'oléfines dans l'essence peut donner lieu à la formation de gommages et de dépôts et à l'augmentation des émissions d'hydrocarbures réactifs (c'est-à-dire composé ozogène) et de composés toxiques.

Le benzène est un composant naturel du pétrole brut ainsi qu'un produit de reformage catalytique qui génère des flux d'essence à indice d'octane élevé. Il s'agit également d'un agent cancérigène pour les humains connu. Le contrôle des teneurs en benzène dans l'essence est la méthode la plus directe pour limiter les émissions de vapeurs et de gaz d'échappement de benzène des moteurs à allumage par étincelle.

Une bonne volatilité de l'essence constitue l'élément essentiel au fonctionnement des moteurs à allumage par étincelle eu égard à la fois aux performances et aux émissions. La volatilité est caractérisée par deux mesurages: la pression de vapeur et la distillation.

## 6 Vue d'ensemble des carburants

### 6.1 Gaz naturels

#### 6.1.1 Gaz naturels de référence

Les gaz naturels de référence dont l'utilisation est recommandée pour les besoins de la certification sont les suivants:

- a) carburants de référence UE: voir [Tableau 1](#);
- b) carburant d'essai américain pour la certification: voir [Tableau 2](#);
- c) carburant d'essai japonais pour la certification: voir [Tableau 3](#).

#### 6.1.2 Gaz naturels qui ne sont pas de référence

Les carburants gazeux qui ne sont pas de référence ne peuvent pas être utilisés car leur utilisation dépend de la disponibilité de ces gaz sur le site. Leurs propriétés, ainsi que l'analyse du (des) carburant(s), doivent être connues et jointes au rapport de mesure.

Le [Tableau 4](#) constitue une fiche de données analytiques générales donnant les propriétés qui doivent être consignées.

### 6.2 Gaz de pétrole liquéfiés

#### 6.2.1 Gaz de pétrole liquéfiés de référence

Les gaz de pétrole liquéfiés de référence dont l'utilisation est recommandée pour les besoins de la certification sont les suivants:

- a) carburants de référence UE: voir [Tableau 5](#);
- b) carburant d'essai américain pour la certification: voir [Tableau 6](#);
- c) carburant d'essai japonais pour la certification: voir [Tableau 7](#).

#### 6.2.2 Gaz de pétrole liquéfiés qui ne sont pas de référence

Les gaz de pétrole liquéfiés qui ne sont pas de référence ne peuvent souvent pas être utilisés car leur utilisation dépend de la disponibilité de ces gaz sur le site. Leurs propriétés, ainsi que l'analyse du gaz, doivent être connues et jointes au rapport de mesure.

Le [Tableau 8](#) constitue une fiche de données analytiques générales donnant les propriétés qui doivent être consignées.