

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

E : Petroleum products — Fuels (class F) — Specifications of marine fuels

D : Mineralölerzeugnisse — Kraft- und Brennstoffe (Klasse F) — Anforderungen  
an Schiffahrtsbrennstoffe**Norme française homologuée**

par décision du Directeur Général d'AFNOR.

Remplace la norme homologuée NF ISO 8217, de septembre 2010.

**Correspondance**Le présent document reproduit intégralement la Norme internationale  
ISO 8217:2012**Résumé**

Le présent document spécifie les exigences relatives aux combustibles pétroliers pour l'utilisation dans les moteurs diesel et les chaudières des navires, avant tout traitement préalable à leur utilisation. Les spécifications des combustibles du présent document peuvent aussi s'appliquer aux moteurs diesel stationnaires, de fabrication et de type identiques ou semblables à ceux utilisés pour des applications marines. Il spécifie quatre catégories de distillats pour la marine, dont l'une est utilisée dans les moteurs diesel des dispositifs de secours. Il donne aussi les spécifications de six catégories de combustibles résiduels.

**Descripteurs**

**Thésaurus International Technique :** produit pétrolier, combustible liquide, combustible marine, moteur diesel, chaudière, caractéristique physico-chimique, table de données, valeur maximale, valeur minimale, désignation, référence aux normes, diagramme, spécification, fidélité.

**Modifications**

Par rapport au document remplacé, insertion des modifications suivantes :

- en page 6, en 7.11, la référence à la procédure A de l'IP 570 pour la méthode de mesure de l'hydrogène sulfuré est mentionnée ;
- les tableaux 1 et 2 indiquent sur la ligne hydrogène sulfuré la référence au sous paragraphe 7.11 ci-dessus mentionné en ce qui concerne la méthode de mesure de l'hydrogène sulfuré de référence (Procédure A de l'IP 570) ;
- le tableau 1 a été modifié dans sa colonne ISO-F-DMX pour intégrer le corrigendum technique ISO 8217:2010/Cor.1:2011 ;
- les références des dates des normes de référence ont été supprimées à l'exception de l'ISO 91-1:1992 qui fait mention de façon spécifique de sa partie 1.

**Corrections**

---

## La norme

---

**La norme** est destinée à servir de base dans les relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux.

La norme par nature est d'application volontaire. Référencée dans un contrat, elle s'impose aux parties. Une réglementation peut rendre d'application obligatoire tout ou partie d'une norme.

**La norme est un document élaboré par consensus** au sein d'un organisme de normalisation par sollicitation des représentants de toutes les parties intéressées. Son adoption est précédée d'une enquête publique.

La norme fait l'objet d'un examen régulier pour évaluer sa pertinence dans le temps.

Toute norme est réputée en vigueur à partir de la date présente sur la première page.

---

## Pour comprendre les normes

---

L'attention du lecteur est attirée sur les points suivants :

Seules les formes verbales **doit et doivent** sont utilisées pour exprimer une ou des exigences qui doivent être respectées pour se conformer au présent document. Ces exigences peuvent se trouver dans le corps de la norme ou en annexe qualifiée de «normative». Pour les méthodes d'essai, l'utilisation de l'infinitif correspond à une exigence.

Les expressions telles que, **il convient et il est recommandé** sont utilisées pour exprimer une possibilité préférée mais non exigée pour se conformer au présent document. Les formes verbales **peut et peuvent** sont utilisées pour exprimer une suggestion ou un conseil utiles mais non obligatoires, ou une autorisation.

En outre, le présent document peut fournir des renseignements supplémentaires destinés à faciliter la compréhension ou l'utilisation de certains éléments ou à en clarifier l'application, sans énoncer d'exigence à respecter. Ces éléments sont présentés sous forme de **notes ou d'annexes informatives**.

---

## Commission de normalisation

---

Une commission de normalisation réunit, dans un domaine d'activité donné, les expertises nécessaires à l'élaboration des normes françaises et des positions françaises sur les projets de norme européenne ou internationale. Elle peut également préparer des normes expérimentales et des fascicules de documentation.

Si vous souhaitez commenter ce texte, faire des propositions d'évolution ou participer à sa révision, adressez vous à <norminfo@afnor.org>.

La composition de la commission de normalisation qui a élaboré le présent document est donnée ci-après. Lorsqu'un expert représente un organisme différent de son organisme d'appartenance, cette information apparaît sous la forme : organisme d'appartenance (organisme représenté).

---

## Carburants et fiouls

## BNPé P02

### Membres de la commission de normalisation

Président : M. MANUELLI

Secrétariat : M LAVIE-COMPIN — BN PETROLE

M	BALAY	BN PÉTROLE
M	BOUCHEZ	UFIP
M	BOUDEWEEL	EXXON MOBIL
M	CHAISE	ETSA
MME	CHIRK	ISL
M	COTY	SAGESS
M	CREPEAU	PSA — PEUGEOT CITROEN
M	DELAVENTE	SARP INDUSTRIES
M	DEMOURES	SNPAA
M	ESPERT	TOTAL
M	FARHI	INTERNATIONAL FUEL TECHNOLOGY
MME	FAUCON	RENAULT
MME	FOMBARLET-VAQUIE	TOTAL
MME	GAUCHER	AFNOR
MME	GUICHAOUA	DGEC
MME	GUIZOUARN	DIESTER INDUSTRIE
M	GUIZOUARN	DIESTER INDUSTRIE
M	JACQUELIN	TEREOS
M	JEULAND	IFPEN
MME	JUILLET	SGS
M	KURTSOGLOU	SNPAA
M	LANGELLIER	TOTAL
MME	LE	SARP INDUSTRIES
M	LEBLANC	SCA PETROLE & DERIVES
M	LECOINTE	IFPEN
M	LEMAIRE	DGEC
M	LIENEMANN	IFPEN
M	MAIRE	PSA — PEUGEOT CITROEN
M	MANUELLI	TOTAL
MME	RICOUARD	DCSEA
MME	SCHILDKNECHT	IFPEN
M	SCHMITT	ROBERT BOSCH SA
M	SOUCHON	IFPEN
M	TIQUET	IESPM
M	VARNIER	NORMALAB
M	VERMEERSCH	ESTERIFRANCE
M	VERSCHAEVE	BN PETROLE



# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b>	<b>iv</b>
<b>Introduction</b>	<b>v</b>
<b>1 Domaine d'application</b>	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b>	<b>1</b>
<b>3 Application</b>	<b>2</b>
<b>4 Échantillonnage</b>	<b>3</b>
<b>5 Exigences générales</b>	<b>3</b>
<b>6 Exigences de spécifications</b>	<b>3</b>
<b>6.1 Exigences des distillats et des combustibles résiduels</b>	<b>3</b>
<b>6.2 Exigences des distillats pour la marine</b>	<b>3</b>
<b>6.3 Exigences pour les combustibles résiduels</b>	<b>4</b>
<b>7 Méthodes d'essai</b>	<b>4</b>
<b>7.1 Masse volumique</b>	<b>4</b>
<b>7.2 Teneur en soufre</b>	<b>4</b>
<b>7.3 Point d'éclair</b>	<b>5</b>
<b>7.4 Sédiments totaux par filtration à chaud</b>	<b>5</b>
<b>7.5 Sédiments totaux après vieillissement</b>	<b>5</b>
<b>7.6 Aspect</b>	<b>5</b>
<b>7.7 Vanadium</b>	<b>5</b>
<b>7.8 Sodium</b>	<b>5</b>
<b>7.9 Aluminium et silicium</b>	<b>5</b>
<b>7.10 Huiles lubrifiantes usagées (HLU)</b>	<b>5</b>
<b>7.11 Hydrogène sulfuré</b>	<b>6</b>
<b>8 Fidélité et interprétation des résultats d'essais</b>	<b>6</b>
<b>Annexe A (informative) Produits d'origine biologique et esters méthyliques d'acides gras (EMAG)</b>	<b>11</b>
<b>Annexe B (informative) Contaminants</b>	<b>13</b>
<b>Annexe C (informative) Teneur en soufre</b>	<b>14</b>
<b>Annexe D (informative) Hydrogène sulfuré</b>	<b>15</b>
<b>Annexe E (informative) Énergie spécifique</b>	<b>16</b>
<b>Annexe F (informative) Caractéristiques d'auto-inflammation des combustibles résiduels pour la marine</b>	<b>18</b>
<b>Annexe G (informative) Point d'éclair</b>	<b>21</b>
<b>Annexe H (informative) Acidité</b>	<b>22</b>
<b>Annexe I (informative) Sodium et vanadium</b>	<b>23</b>
<b>Annexe J (informative) Fines de catalyseurs</b>	<b>25</b>
<b>Annexe K (informative) Huiles lubrifiantes usagées</b>	<b>26</b>
<b>Annexe L (informative) Fidélité et interprétation des résultats d'essais</b>	<b>27</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>29</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 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

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.

L'ISO 8217 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 28, *Produits pétroliers et lubrifiants*, sous-comité SC 4, *Classifications et spécifications*.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition (ISO 8217:2010) et intègre le Rectificatif technique ISO 8217:2010/Cor.1:2011. De plus, une référence normative à l'IP 570, procédure A a été ajoutée en 7.11 pour les besoins de la méthode de mesure de l'hydrogène sulfuré. Les Tableaux 1 et 2 font aussi référence à l'IP 570 de façon cohérente. Enfin, la liste de normes mentionnées dans l'Article 2 a été actualisée et, en l'absence de date de publication indiquée, la dernière édition publiée constitue la référence.

## Introduction

### 0.1 Généralités

La présente Norme internationale a été préparée en collaboration avec les armateurs, exploitants de compagnies maritimes, associations maritimes, bureaux de normalisation nationaux, sociétés de classification et d'analyse des combustibles (bureaux de contrôle), concepteurs de moteurs, fournisseurs de combustible et l'industrie pétrolière, en vue de répondre aux exigences relatives aux combustibles pour la marine qui sont livrés aux navires dans le monde entier, pour utilisation à bord. Les fournitures de pétrole brut, les techniques de raffinage, les machineries des navires, la législation environnementale ainsi que les conditions locales varient considérablement. Il en résulte à l'échelle internationale l'existence d'un grand nombre de catégories de combustibles résiduels, même si ce nombre peut rester relativement bas au niveau local ou national.

### 0.2 Classification

Les catégories de combustibles citées dans la présente Norme internationale ont été classées conformément à l'ISO 8216-1<sup>[1]</sup>.

### 0.3 Exigences des règlements internationaux

La présente Norme internationale prend en compte la convention SOLAS<sup>[2]</sup> en ce qui concerne le point d'éclair minimal autorisé pour les combustibles pour la marine.

L'Annexe VI révisée de la convention MARPOL<sup>[3]</sup>, qui contrôle la pollution de l'air par les navires, comporte l'exigence d'utiliser soit un combustible qui ne dépasse pas une teneur en soufre maximale spécifiée, soit d'adopter un moyen alternatif équivalent autorisé. Durant la période d'application de la présente Norme internationale, des organisations régionales et/ou nationales peuvent introduire localement leurs propres exigences en matière d'émissions, ce qui peut influencer la teneur en soufre autorisée, par exemple la directive européenne sur le soufre<sup>[4]</sup>. Il est de la responsabilité de l'utilisateur de vérifier qu'il satisfait bien de telles exigences réglementaires et de spécifier au fournisseur la teneur maximale en soufre du combustible.

### 0.4 Modifications par rapport à l'ISO 8217:2010

La cinquième édition de la présente Norme internationale intègre les modifications suivantes par rapport à la quatrième édition de 2010:

- Page 6, 7.11, une référence normative à la procédure A de l'IP 570 pour la méthode de mesure de l'hydrogène sulfuré a été ajoutée;
- Page 8, Tableau 1, à la ligne point d'écoulement (supérieur), dans la colonne de catégorie ISO-F-DMX, les valeurs précédentes «-6» et «0» ont été remplacées par «—». (Ceci faisait l'objet du Rectificatif technique ISO 8217:2010/Cor.1:2011.)





# Produits pétroliers — Combustibles (classe F) — Spécifications des combustibles pour la marine

**AVERTISSEMENT** — La manipulation et l'utilisation des produits spécifiés dans la présente Norme internationale peuvent comporter des risques si aucune précaution appropriée n'est prise. La présente Norme internationale n'est pas censée aborder tous les problèmes de sécurité concernés par son usage. Il est de la responsabilité des utilisateurs de la présente Norme internationale d'établir des règles de sécurité et d'hygiène appropriées et de déterminer l'applicabilité des restrictions réglementaires avant l'utilisation.

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences relatives aux combustibles pétroliers pour l'utilisation dans les moteurs diesel et les chaudières des navires, avant tout traitement préalable à leur utilisation. Les spécifications des combustibles de la présente Norme internationale peuvent aussi s'appliquer aux moteurs diesel stationnaires, de fabrication et de type identiques ou semblables à ceux utilisés pour des applications marines.

La présente Norme internationale spécifie quatre catégories de distillats pour la marine, dont l'une est utilisée dans les moteurs diesel des dispositifs de secours. Elle donne aussi les spécifications de six catégories de combustibles résiduels.

NOTE 1 Pour les besoins de la présente Norme internationale, le terme «pétrole» s'entend comme comprenant les produits issus des sables bitumineux et du schiste.

NOTE 2 Des directives sur les systèmes de traitement des combustibles pour les moteurs diesel sont publiées par le Conseil International des Machines à Combustion (CIMAC)<sup>[5]</sup>.

NOTE 3 Les exigences des combustibles pour les turbines à gaz en service dans la marine sont spécifiées dans l'ISO 4261<sup>[6]</sup>.

NOTE 4 Pour les besoins de la présente Norme internationale, les expressions «% en masse» et «% en volume» représentent respectivement la fraction massique et la fraction volumique.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 91-1:1992, *Tables de mesure du pétrole — Partie 1: Tables basées sur les températures de référence de 15 °C et 60 °F*

ISO 2719, *Détermination du point d'éclair — Méthode Pensky-Martens en vase clos*

ISO 3015, *Produits pétroliers — Détermination du point de trouble*

ISO 3016, *Produits pétroliers — Détermination du point d'écoulement*

ISO 3104, *Produits pétroliers — Liquides opaques et transparents — Détermination de la viscosité cinématique et calcul de la viscosité dynamique*

ISO 3675, *Pétrole brut et produits pétroliers liquides — Détermination en laboratoire de la masse volumique — Méthode à l'aréomètre*

ISO 3679, *Détermination du point d'éclair — Méthode rapide à l'équilibre en vase clos*

ISO 3733, *Produits pétroliers et produits bitumineux — Dosage de l'eau — Méthode par distillation*

ISO 4259, *Produits pétroliers — Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai*

ISO 4264, *Produits pétroliers — Calcul de l'indice de cétane des distillats moyens par équation à quatre variables*

ISO 6245, *Produits pétroliers — Détermination de la teneur en cendres*

ISO 8754, *Produits pétroliers — Détermination de la teneur en soufre — Spectrométrie de fluorescence de rayons X dispersive en énergie*

ISO 10307-1, *Produits pétroliers — Insolubles existants dans les fuel-oils résiduels — Partie 1: Détermination par filtration à chaud*

ISO 10307-2, *Produits pétroliers — Insolubles existants dans les fuel-oils résiduels — Partie 2: Détermination à l'aide de méthodes de vieillissement de référence*

ISO 10370, *Produits pétroliers — Détermination du résidu de carbone — Méthode micro*

ISO 10478, *Produits pétroliers — Détermination de l'aluminium et du silicium dans les combustibles — Méthodes par spectroscopie d'émission à plasma induit et spectroscopie d'absorption atomique*

ISO 12156-1, *Carburant diesel — Évaluation du pouvoir lubrifiant au banc alternatif à haute fréquence (HFRR) — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 12185, *Pétroles bruts et produits pétroliers — Détermination de la masse volumique — Méthode du tube en U oscillant*

ISO 12205, *Produits pétroliers — Détermination de la stabilité à l'oxydation des distillats moyens de pétrole*

ISO 12937, *Produits pétroliers — Dosage de l'eau — Méthode de titrage Karl Fischer par coulométrie*

ISO 13739, *Produits pétroliers — Procédures de transfert des soutes dans les navires*

ISO 14596, *Produits pétroliers — Détermination de la teneur en soufre — Spectrométrie de fluorescence X dispersive en longueur d'onde*

ISO 14597, *Produits pétroliers — Dosage du vanadium et du nickel — Spectrométrie de fluorescence X dispersive en longueur d'onde*

EN 14214, *Carburants pour automobiles — Esters méthyliques d'acides gras (EMAG) pour moteurs diesel — Exigences et méthodes d'essais*

IP 470, *Determination of aluminium, silicon, vanadium, nickel, iron, calcium, zinc and sodium in residual fuel oil by ashing, fusion and atomic absorption spectrometry*

IP 500, *Determination of the phosphorus content of residual fuels by ultra-violet spectrometry*

IP 501, *Determination of aluminium, silicon, vanadium, nickel, iron, sodium, calcium, zinc and phosphorus in residual fuel oil by ashing, fusion and inductively coupled plasma emission spectrometry*

IP 570, *Determination of hydrogen sulfide in fuel oils — Rapid liquid phase extraction method*

ASTM D664, *Standard Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration*

ASTM D6751, *Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels*

### 3 Application

La présente Norme internationale spécifie les propriétés requises des combustibles pour la marine au moment et à l'endroit du transfert de garde. Les échantillons destinés au contrôle de la qualité peuvent être prélevés en un lieu quelconque ayant fait l'objet d'un accord entre les parties.

## 4 Échantillonnage

L'échantillonnage des combustibles pétroliers à analyser doit être réalisé conformément au mode opératoire décrit dans l'ISO 13739 ou dans une norme nationale équivalente. S'il existe dans les méthodes d'essai de référence des exigences particulières d'échantillonnage, il faut s'y conformer.

## 5 Exigences générales

**5.1** Le combustible doit être conforme aux exigences du Tableau 1 ou du Tableau 2, selon le cas, lorsqu'il est soumis aux essais qui y sont spécifiés.

**5.2** Le combustible doit être un mélange homogène d'hydrocarbures dérivés du pétrole raffiné. Cela ne doit pas empêcher l'incorporation d'additifs destinés à améliorer certaines caractéristiques de performance. Le combustible doit être exempt d'acides inorganiques et d'huiles lubrifiantes usagées.

**5.3** Les combustibles doivent être exempts de tout produit qui les rend impropres à leur utilisation pour les applications marines.

**5.4** Les combustibles ne doivent pas contenir de matériaux d'origine biologique autres que des esters méthyliques d'acides gras (EMAG) aux teneurs «*de minimis*». Les EMAG doivent être conformes à l'EN 14214 ou à l'ASTM D6751. Dans le contexte de la présente Norme internationale, «*de minimis*» signifie une quantité qui ne rend pas le combustible impropre à son utilisation pour les applications marines. L'incorporation d'EMAG ne doit pas être autorisée.

NOTE Voir l'Annexe A.

**5.5** Le combustible ne doit contenir aucun additif à une concentration usuelle dans les combustibles, ou aucune substance ajoutée ou aucun déchet chimique qui

- a) compromet la sécurité des navires ou détériore les performances de la machinerie, ou
- b) est nocif pour le personnel, ou
- c) contribue à augmenter la pollution de l'air.

NOTE Voir l'Annexe B.

## 6 Exigences de spécifications

### 6.1 Exigences des distillats et des combustibles résiduels

- a) La concentration en hydrogène sulfuré,  $H_2S$ , doit être conforme au Tableau 1 ou Tableau 2.

**AVERTISSEMENT** —  $H_2S$  est un gaz extrêmement toxique et une exposition à de fortes concentrations est dangereuse et dans des cas extrêmes peut être mortelle. Il est essentiel que les armateurs, les opérateurs et toute autre partie responsable continuent de maintenir les consignes et les procédures de sécurité appropriées pour la protection de l'équipage et de toute autre personne qui pourrait être exposée à  $H_2S$ ; voir l'Annexe D.

- b) L'acidité doit être conforme au Tableau 1 ou Tableau 2.

NOTE Les limites d'indice d'acide sont données dans la présente Norme internationale; voir l'Annexe H.

### 6.2 Exigences des distillats pour la marine

- a) Les caractéristiques de stabilité à l'oxydation doivent être conformes au Tableau 1.

NOTE Les procédés de raffinage utilisés pour produire des distillats peuvent conduire à des produits qui présentent une stabilité à l'oxydation limitée. De plus, les distillats actuels utilisés pour des applications autres que marines, peuvent contenir des quantités significatives, par exemple dans certaines zones 5 % à 7 % en volume, de produits d'origine biologique (c'est-à-dire esters méthyliques d'acides gras, EMAG) et la présence de ces produits peut avoir un impact sur la stabilité à l'oxydation du combustible. En outre, le transport des distillats à travers des conduites multi-produits a montré que des EMAG peuvent se retrouver dans les distillats supposés exempts de produits d'origine biologique; voir Annexe A.

b) La lubrifiante doit être conforme au Tableau 1.

NOTE Une exigence de lubrifiante a été introduite dans la présente Norme internationale et est applicable aux distillats clairs et limpides qui ont une teneur en soufre inférieure à 500 mg/kg (0,050 % en masse). La limite de lubrifiante est fondée sur les exigences existantes applicables aux moteurs diesel des secteurs automobile et poids lourds.

### 6.3 Exigences pour les combustibles résiduels

a) Les caractéristiques d'auto-inflammation, telles que déterminées par l'indice de carbone aromatique calculé (CCAI), doivent être conformes au Tableau 2.

NOTE 1 Une indication de la qualité d'auto-inflammation a été ajoutée au Tableau 2 sous forme de l'indice de carbone aromatique calculé (CCAI), dans le but d'écarter les combustibles qui ont des relations masse volumique-viscosité anormales. Pour la détermination du CCAI, voir l'Annexe F.

NOTE 2 Pour les moteurs et/ou les applications où la qualité d'auto-inflammation est connue pour être particulièrement critique, l'Annexe F fournit une base à partir de laquelle les fournisseurs et les acheteurs de combustibles résiduels peuvent convenir de caractéristiques d'auto-inflammation plus sévères.

NOTE 3 Pour le RME 180 et le RMK 380, lorsque la masse volumique est proche de ou égale à la limite maximale, la limite de CCAI peut restreindre les combinaisons de masse volumique et de viscosité.

b) La concentration en sodium doit être conforme au Tableau 2.

NOTE Une limite de teneur en sodium a été introduite dans la présente Norme internationale, afin de répondre aux préoccupations concernant l'impact des métaux présents dans les combustibles sur les dépôts de cendres et la corrosion à haute température. Voir les informations à ce sujet dans l'Annexe I.

## 7 Méthodes d'essai

### 7.1 Masse volumique

Lorsque la masse volumique est déterminée conformément à l'ISO 3675, les relevés obtenus sur l'aréomètre à température ambiante pour les distillats, et à températures élevées comprises entre 50 °C et 60 °C pour les combustibles résiduels, doivent être convertis pour obtenir un résultat à 15 °C en utilisant l'ISO 91-1:1992, Tableau 53B. Lorsque la masse volumique est déterminée conformément à l'ISO 12185, les relevés obtenus sur le densimètre numérique à des températures différentes de 15 °C doivent être convertis en utilisant l'ISO 91-1:1992, Tableau 53B mais après avoir appliqué la correction appropriée du coefficient de dilatation du verre.

La méthode d'essai de référence doit être conforme à l'ISO 3675.

### 7.2 Teneur en soufre

La méthode d'essai de référence doit être conforme à l'ISO 8754.

En cas de désaccord sur la teneur en soufre, toutes les parties doivent, avant de commencer les essais, s'entendre sur un matériau de référence certifié de soufre.

NOTE Voir l'Annexe C.

### 7.3 Point d'éclair

Pour toutes les catégories de combustibles définies dans le Tableau 1, le point d'éclair doit être déterminé conformément à l'ISO 2719, Procédure A. Si le résultat pour la catégorie DMX est inférieur à 40 °C, le point d'éclair doit être déterminé conformément à l'ISO 3679.

Pour toutes les catégories de combustibles définies dans le Tableau 2, le point d'éclair doit être déterminé conformément à l'ISO 2719, Procédure B.

NOTE Voir l'Annexe G.

### 7.4 Sédiments totaux par filtration à chaud

Les sédiments totaux existants doivent être mesurés conformément à l'ISO 10307-1 pour tous les échantillons de catégorie DMB dont l'inspection visuelle n'a pas donné un aspect clair et limpide (voir 7.6).

### 7.5 Sédiments totaux après vieillissement

L'une ou l'autre des méthodes de l'ISO 10307-2, à savoir les sédiments totaux accélérés (TSA) ou les sédiments totaux potentiels (TSP) peut être utilisée.

La méthode d'essai de référence sera la TSP conformément à l'ISO 10307-2.

### 7.6 Aspect

Pour les distillats, l'aspect des échantillons doit être évalué par examen visuel sous un bon éclairage, non aveuglant et sans ombre, et à une température se situant entre 10 °C et 25 °C.

- Les échantillons des catégories DMX, DMA et DMZ doivent apparaître clairs et limpides. Ces catégories seraient colorées (en noir par exemple) et non transparentes dans certains pays. Cela affecte la conformité à cette exigence d'aspect clair et limpide et, dans de telles circonstances, la teneur en eau ne doit pas dépasser 200 mg/kg, mesurée par titrage coulométrique Karl Fisher conformément à l'ISO 12937.
- Si l'aspect du DMB permet de réaliser l'inspection visuelle, et s'ils apparaissent clairs et limpides, alors la recherche des sédiments totaux par filtration à chaud et de l'eau n'est pas nécessaire.

### 7.7 Vanadium

La méthode d'essai de référence doit être conforme à l'IP 501.

NOTE Voir l'Annexe I.

### 7.8 Sodium

La méthode d'essai de référence doit être conforme à l'IP 501.

NOTE Voir l'Annexe I.

### 7.9 Aluminium et silicium

La méthode d'essai de référence doit être conforme à l'IP 501.

NOTE Voir l'Annexe J.

### 7.10 Huiles lubrifiantes usagées (HLU)

Un combustible ne doit pas contenir de HLU.

Dans le contexte de la présente Norme internationale, un combustible doit être considéré comme contenant des HLU lorsque les combinaisons de calcium et de zinc, ou de calcium et de phosphore, sont supérieures aux limites spécifiées; voir Tableau 2.

La méthode d'essai de référence doit être conforme à l'IP 501.

NOTE Voir l'Annexe K.

### **7.11 Hydrogène sulfuré**

La méthode d'essai de référence à utiliser est la procédure A de l'IP 570.

## **8 Fidélité et interprétation des résultats d'essais**

Les méthodes d'essai citées dans le Tableau 1 et dans le Tableau 2 contiennent toutes des valeurs de fidélité (répétabilité et reproductibilité). La détermination de la reproductibilité pour le CCAI est donnée dans l'Annexe F.

L'ISO 4259, qui traite de l'application des valeurs de fidélité dans l'interprétation des résultats d'essai doit s'appliquer en cas de litige. Des informations sur la fidélité et l'interprétation des résultats d'essai sont aussi données dans l'Annexe L.

Tableau 1 — Distillats pour la marine

Caractéristiques	Unités	Limites	Catégorie ISO-F-				Méthode d'essai de référence
			DMX	DWA	DMZ	DMB	
Viscosité cinématique à 40 °C <sup>a</sup>	mm <sup>2</sup> /s	max.	5,500	6,000	6,000	11,00	ISO 3104
		min.	1,400	2,000	3,000	2,000	
Masse volumique à 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	max.	—	890,0	890,0	900,0	voir 7.1 ISO 3675 ou ISO 12185
Indice de cétane	—	min.	45	40	40	35	ISO 4264
Soufre <sup>b</sup>	% en masse	max.	1,00	1,50	1,50	2,00	voir 7.2 ISO 8754 ISO 14596
Point d'éclair	°C	min.	43,0	60,0	60,0	60,0	voir 7.3 ISO 2719
Hydrogène sulfuré	mg/kg	max.	2,00	2,00	2,00	2,00	voir 7.11 IP 570
Indice d'acide	mg KOH/g	max.	0,5	0,5	0,5	0,5	ASTM D664
Sédiments totaux par filtration à chaud	% en masse	max.	—	—	—	0,10 <sup>d</sup>	voir 7.4 ISO 10307-1
Stabilité à l'oxydation	g/m <sup>3</sup>	max.	25	25	25	25 <sup>e</sup>	ISO 12205
Résidu de carbone – Méthode micro sur le 10 % volume résiduel de distillation	% en masse	max.	0,30	0,30	0,30	—	ISO 10370
Résidu de carbone – Méthode micro	% en masse	max.	—	—	—	0,30	ISO 10370
Point de trouble	°C	max.	-16	—	—	—	ISO 3015
Point d'écoulement (supérieur) <sup>c</sup>	Qualité hiver	max.	—	-6	-6	0	ISO 3016
	Qualité été	max.	—	0	0	6	ISO 3016
Aspect	—	—	Clair et limpide <sup>h</sup>				voir 7.6
Eau	% volume	max.	—	—	—	0,30 <sup>d</sup>	ISO 3733

<sup>a</sup> 1 mm<sup>2</sup>/s = 1 cSt.

<sup>b</sup> Nonobstant les limites données, l'acheteur doit définir une teneur maximale en soufre conforme aux limitations réglementaires en application. Voir Annexe C.

<sup>c</sup> Il convient que les acheteurs s'assurent que ces points d'écoulement soient cohérents avec l'équipement qui se trouve à bord, surtout si le navire est utilisé sous des climats froids.

<sup>d</sup> Si l'échantillon n'est pas clair et limpide, les essais de sédiment total par filtration à chaud et d'eau doivent être exigés. Voir 7.4 et 7.6.

<sup>e</sup> Si l'échantillon n'est pas clair et limpide, l'essai ne peut pas être réalisé et, par suite, la limite de stabilité à l'oxydation ne doit pas être requise.

<sup>f</sup> Si l'échantillon n'est pas clair et limpide, l'essai ne peut pas être réalisé et, par suite, la limite de lubrification ne doit pas être requise.

<sup>g</sup> Cette exigence est celle des distillats de teneur en soufre inférieure à 500 mg/kg (0,050 % en masse).

<sup>h</sup> Si l'échantillon est coloré et non transparent, la valeur limite de teneur en eau donnée en 7.6 doit s'appliquer, avec la méthode indiquée.

Tableau 1 (suite)

Caractéristiques		Unités	Limites	Catégorie ISO-F-				Méthode d'essai de référence
				DMX	DMA	DMZ	DMB	
Cendres		% masse	max.	0,010	0,010	0,010	0,010	ISO 6245
Lubrifiante, diamètre corrigé de la marque d'usure (wsd 1,4) à 60 °C <sup>g</sup>		µm	max.	520	520	520	520 <sup>f</sup>	ISO 12156-1
<p>a 1 mm<sup>2</sup>/s = 1 cSt.</p> <p>b Nonobstant les limites données, l'acheteur doit définir une teneur maximale en soufre conforme aux limitations réglementaires en application. Voir Annexe C.</p> <p>c Il convient que les acheteurs s'assurent que ces points d'écoulement soient cohérents avec l'équipement qui se trouve à bord, surtout si le navire est utilisé sous des climats froids.</p> <p>d Si l'échantillon n'est pas clair et limpide, les essais de sédiment total par filtration à chaud et d'eau doivent être exigés. Voir 7.4 et 7.6.</p> <p>e Si l'échantillon n'est pas clair et limpide, l'essai ne peut pas être réalisé et, par suite, la limite de stabilité à l'oxydation ne doit pas être requise.</p> <p>f Si l'échantillon n'est pas clair et limpide, l'essai ne peut pas être réalisé et, par suite, la limite de lubrifiante ne doit pas être requise.</p> <p>g Cette exigence est celle des distillats de teneur en soufre inférieure à 500 mg/kg (0,050 % en masse).</p> <p>h Si l'échantillon est coloré et non transparent, la valeur limite de teneur en eau donnée en 7.6 doit s'appliquer, avec la méthode indiquée.</p>								



Tableau 2 — Combustibles résiduels pour la marine

Caractéristiques		Unités	Limites	Catégories ISO-F-										Méthode d'essai de référence		
				RMA	RMB	RMD	RME	RMG				RMK				
				10 <sup>a</sup>	30	80	180	180	380	500	700	380	500	700		
Viscosité cinématique à 50 °C <sup>b</sup>		mm <sup>2</sup> /s	max.	10,00	30,00	80,00	180,0	180,0	380,0	500,0	700,0	380,0	500,0	700,0	ISO 3104	
Masse volumique à 15 °C		kg/m <sup>3</sup>	max.	920,0	960,0	975,0	991,0		991,0				1 010,0		voir 7.1 ISO 3675 ou ISO 12185	
CCAI		—	max.	850	860	860	860		870				870		voir 6.3 a)	
Soufre <sup>c</sup>		% en masse	max.						Exigences réglementaires							voir 7.2 ISO 8754 ISO 14596
Point d'éclair		°C	min.	60,0	60,0	60,0	60,0		60,0				60,0		voir 7.3 ISO 2719	
Hydrogène sulfuré		mg/kg	max.	2,00	2,00	2,00	2,00		2,00				2,00		voir 7.11 IP 570	
Indice d'acide <sup>d</sup>		mg KOH/g	max.	2,5	2,5	2,5	2,5		2,5				2,5		ASTM D664	
Sédiments totaux après vieillissement		% en masse	max.	0,10	0,10	0,10	0,10		0,10				0,10		voir 7.5 ISO 10307-2	
Résidu de carbone – Méthode micro		% en masse	max.	2,50	10,00	14,00	15,00		18,00				20,00		ISO 10370	
Point d'écoulement (supérieur) <sup>e</sup>		Qualité hiver	max.	0	0	30	30		30				30		ISO 3016	
		Qualité été	max.	6	6	30	30		30				30		ISO 3016	
Eau		% en volume	max.	0,30	0,50	0,50	0,50		0,50				0,50		ISO 3733	
Cendres		% en masse	max.	0,040	0,070	0,070	0,070		0,100				0,150		ISO 6245	
Vanadium		mg/kg	max.	50	150	150	150		350				450		voir 7.7 IP 501, IP 470 ou ISO 14597	
Sodium		mg/kg	max.	50	100	100	50		100				100		voir 7.8 IP 501 IP 470	
a Cette catégorie est fondée sur une catégorie de combustible résiduel pour la marine, DMC, précédemment décrite dans l'ISO 8217:2005, Tableau 1. L'ISO 8217:2005 a été retirée.																
b 1mm <sup>2</sup> /s = 1cSt.																
c L'acheteur doit définir une teneur maximale en soufre conforme aux limitations réglementaires en application. Voir 0.3 et Annexe C.																
d Voir Annexe H.																
e Les acheteurs doivent s'assurer que ces points d'écoulement sont adaptés à l'équipement qui se trouve à bord, surtout si le navire est utilisé sous des climats froids.																

Tableau 2 (suite)

Caractéristiques	Unités	Limites	Catégories ISO-F-										Méthode d'essai de référence	
			RMA	RMB	RMD	RME	RMG				RMK			
			10 <sup>a</sup>	30	80	180	380	500	700	380	500	700		
Aluminium plus silicium	mg/kg	max.	25	40	40	50	60				60			voir 7.9 IP 501, IP 470 ou ISO 10478
Huiles lubrifiantes usagées (HLU) calcium et zinc; ou calcium et phosphore	mg/kg	—	Le combustible doit être exempt de HLU. Un combustible doit être considéré comme contenant des HLU si l'une ou l'autre des conditions suivantes est vérifiée:  calcium > 30 et zinc > 15; ou calcium > 30 et phosphore > 15											voir 7.10 IP 501 ou IP 470 IP 500
a Cette catégorie est fondée sur une catégorie de combustible résiduel pour la marine, DMC, précédemment décrite dans l'ISO 8217:2005, Tableau 1. L'ISO 8217:2005 a été retirée.														
b 1mm <sup>2</sup> /s = 1cSt.														
c L'acheteur doit définir une teneur maximale en soufre conforme aux limitations réglementaires en application. Voir 0.3 et Annexe C.														
d Voir Annexe H.														
e Les acheteurs doivent s'assurer que ces points d'écoulement sont adaptés à l'équipement qui se trouve à bord, surtout si le navire est utilisé sous des climats froids.														

## Annexe A (informative)

### Produits d'origine biologique et esters méthyliques d'acides gras (EMAG)

#### A.1 Combustibles d'origine biologique et leurs mélanges

Les combustibles d'origine biologique ainsi que leurs mélanges avec des produits pétroliers font partie des sources alternatives possibles d'énergie étudiées par quelques industriels de la marine, car il s'agit d'énergies renouvelables qui contribueraient à réduire les quantités de gaz à effet de serre (GES) et les émissions de  $\text{SO}_x$ .

La plupart des combustibles d'origine biologique habituellement disponibles sont les produits d'un procédé de trans-estérification qui élimine les fractions glycéridiques et produisent des esters méthyliques d'acides gras (EMAG), souvent dénommés biodiesels. Les biodiesels peuvent aussi contenir des esters éthyliques d'acides gras (EEAG), pour lesquels des méthodes d'essai et des spécifications sont en cours de développement.

Bien qu'il soit possible de fabriquer des combustibles d'origine biologique par d'autres voies, il n'existe pas d'expérience reconnue en ce qui concerne leur application marine, de sorte que la présente Norme internationale ne les prend pas en considération. En revanche elle donne un aperçu des problèmes rencontrés dans d'autres marchés où des combustibles à base d'EMAG sont devenus obligatoires.

NOTE Les EMAG sont définis dans l'EN 14214 et dans l'ASTM D6751.

Bien que les EMAG possèdent de bonnes caractéristiques d'auto-inflammation, de lubrifiante et ont un effet bénéfique sur l'environnement, il peut se présenter quelques complications particulières en matière de stockage et de manipulations, à savoir

- une tendance à l'oxydation et des problèmes de stockage long terme,
- une affinité à l'eau et un risque de prolifération microbiologique,
- de mauvaises propriétés d'écoulement à basse température, et
- un dépôt d'EMAG sur les surfaces exposées, y compris les éléments filtrants.

De plus, il existe de nombreux EMAG de différentes provenances, chacun avec des caractéristiques particulières qui ont des implications en matière de stockage, de manipulation, de traitement, de fonctionnement des moteurs et d'émissions.

Dans les cas où il est envisagé d'utiliser des EMAG, il convient de s'assurer de la compatibilité de ces produits avec le stockage à bord, la manipulation, le traitement, les systèmes de machinerie et d'entretien, ainsi que les autres éléments de machinerie (tels que les systèmes de séparation eau/huile).

La présente Norme internationale traite spécifiquement du cas des produits d'origine pétrolière, à l'exclusion donc des produits d'origine biologique. Cependant, la pratique du mélange d'EMAG dans les carburants diesels pour l'automobile et les fiouls de chauffage rend presque inévitable, avec les systèmes actuels d'approvisionnement, le fait que des distillats pour la marine puissent comporter des EMAG. Même les combustibles résiduels peuvent comporter des EMAG à la suite d'une contamination au sein du dispositif de raffinage ou par suite de mélange avec des fluxants contenant des EMAG.

#### A.2 Principe de précaution

**A.2.1** Il est nécessaire, en cas d'utilisation soit de mélanges EMAG/produits pétroliers, soit d'EMAG à 100 %, d'adopter le principe de précaution pour des raisons de sécurité. Cela est d'autant plus nécessaire qu'il n'existe pas, dans l'ensemble des applications marines, un large retour d'expérience sur le stockage, la manipulation, le

traitement et l'entretien (y compris les rejets à la mer). En outre il y a le problème des effets potentiels des EMAG dans le domaine des moteurs marins et autres équipements actuellement en usage, à savoir les séparateurs huile/eau (OWS, *oily-water separators*) ou les appareils de suivi des rejets à la mer (ODM, *overboard discharge monitors*). Par conséquent la présente Norme internationale limite la teneur en EMAG à des niveaux «*de minimis*».

NOTE Voir 5.4.

**A.2.2** À ce jour, déterminer un niveau *de minimis* n'est pas évident, étant donné

- qu'une large diversité d'EMAG d'origines différentes est disponible sur le marché,
- que des niveaux très divers de contamination peuvent se produire en raison d'équipements communs ou de tuyauteries communes dans les raffineries, les postes d'avitaillement ou autres installations d'approvisionnement,
- que de nombreuses techniques analytiques sont utilisées pour détecter les EMAG et leurs sous-produits, sans approche normalisée, et
- que, dans la plupart des cas, il n'existe pas encore de données suffisantes sur les effets des EMAG dans les systèmes de combustibles pour la marine.

**A.2.3** Pour les besoins de la présente Norme internationale,

- dans le cas des distillats (catégories DMX, DMA, DMZ, et DMB, s'ils sont clairs et limpides), il est recommandé de prendre pour «*de minimis*» une quantité qui n'excède pas 0,1 % en volume environ, déterminée conformément à l'EN 14078<sup>[7]</sup>, et
- dans le cas de combustibles DMB qui ne sont pas clairs et limpides, ainsi que pour toutes les catégories de combustibles résiduels, la quantité «*de minimis*» ne peut pas être exprimée numériquement puisqu'il n'existe pas encore de méthode d'essai normalisée avec des valeurs reconnues de fidélité; ainsi, il convient de traiter cette présence de la même manière que les contaminations de la chaîne d'approvisionnement.

**A.2.4** Il convient que les producteurs et les vendeurs de combustibles s'assurent de la mise en place de tous les contrôles nécessaires pour être certains que les combustibles sont livrés conformes aux exigences de l'Article 5 de la présente Norme internationale.

## **Annexe B** (informative)

### **Contaminants**

La présente Norme internationale interdit l'incorporation de produits nuisibles, comme spécifié dans l'Article 5. Il convient que de tels produits ne soient pas présents, mélangés ou incorporés dans les combustibles pour la marine.

Déterminer le niveau de danger d'un matériau ou substance n'est pas simple, étant donné que

- a) chaque combustible est un mélange complexe unique d'hydrocarbures,
- b) une très large diversité de substances d'origines diverses peut entrer dans la chaîne d'approvisionnement, au niveau de la production, de la manipulation et du transport,
- c) des niveaux très divers de contamination du combustible peuvent se produire en raison de l'utilisation d'équipements communs, de tuyauteries dans les raffineries, de postes d'avitaillement ou d'autres installations d'approvisionnement,
- d) il existe beaucoup de techniques analytiques pour détecter ces contaminants et ces espèces chimiques spécifiques, sans approche normalisée, et
- e) dans la plupart des cas, il n'existe pas encore de données suffisantes sur les effets de tel ou tel contaminant ou leurs combinaisons, que ce soit dans les très divers systèmes de machineries en service, sur le personnel ou sur l'environnement.

C'est pourquoi il paraît irréalisable d'exiger une analyse chimique détaillée à chaque livraison de combustible, au delà des exigences de la présente Norme internationale. Au lieu de cela, il est demandé que chaque raffinerie, chaque centre d'avitaillement, ou toute autre installation d'approvisionnement, y compris les barges et les camions citernes, aient une politique d'assurance qualité ainsi que des procédures de gestion des changements appropriées, afin de s'assurer que le combustible résultant est conforme aux exigences de l'Article 5 de la présente Norme internationale concernant l'exclusion des contaminants.

## **Annexe C** (informative)

### **Teneur en soufre**

La présente édition de la présente Norme internationale a maintenu les limites de teneur en soufre de l'édition précédente pour les distillats mais n'a retenu aucune limite pour les combustibles résiduels. Précédemment de telles limites existaient puisque la teneur en soufre qui implique une diminution de la valeur de l'énergie spécifique et, dans des conditions particulières de température de post combustion, peut conduire à la corrosion des composants qui y sont prédisposés.

Les limites de teneur en soufre pour les distillats inscrites au Tableau 1 ont été retenues sur la base des exigences techniques de protection des petits moteurs diesel rapides.

Les exigences réglementaires, c'est-à-dire la convention MARPOL, annexe VI révisée<sup>[3]</sup>, spécifient soit une teneur maximale en soufre dans le combustible, soit la mise en œuvre de solutions techniques destinées à assurer le respect de la réglementation sur les émissions d'oxydes de soufre et de particules. C'est pourquoi la teneur en soufre, aussi bien des distillats que des combustibles résiduels est régie par des exigences réglementaires.

En conséquence, il est de la responsabilité de l'acheteur de définir une teneur maximale en soufre qui soit en conformité avec la conception des moteurs du navire et l'installation de contrôle des émissions, et qui respecte les limitations réglementaires qui sont en application dans les zones d'utilisation du combustible.

## **Annexe D** (informative)

### **Hydrogène sulfuré**

L'hydrogène sulfuré,  $H_2S$ , est un gaz très toxique. Une exposition à des concentrations élevées de ses vapeurs est dangereuse et, dans des cas extrêmes, peut être mortelle. Aux très faibles concentrations, le gaz a une odeur caractéristique d'œuf pourri. Cependant, à plus haute concentration, il provoque une perte d'odorat, des maux de tête et des étourdissements, et, à de très fortes concentrations, il provoque une mort immédiate.

Le  $H_2S$  peut se former au cours du raffinage et peut se développer dans les bacs de stockage, dans les barges et dans les réservoirs des clients. Le  $H_2S$  peut être présent aussi bien en phase liquide qu'en phase vapeur, et sa répartition entre les phases liquide et vapeur dépend de plusieurs facteurs, par exemple la nature chimique du combustible, la température, la viscosité, le niveau d'agitation, la durée de stockage, le réchauffage, les conditions ambiantes, la forme du bac, son taux de remplissage et son système de ventilation.

Il peut se produire un contact avec des vapeurs de  $H_2S$  lorsque le personnel est exposé à des vapeurs de combustible, par exemple lors d'un repérage de niveau d'un réservoir, en ouvrant les orifices d'accès, en pénétrant dans un réservoir vide, par les événements d'un réservoir lors d'une opération de remplissage et/ou de chauffage, dans des locaux d'épuration, en s'introduisant dans une conduite de combustible et lors des opérations de changement de filtre.

Les risques sont soulignés dans les fiches de données de sécurité (FDS) sur les matériaux, et les dangers pour la santé ainsi qu'un guide sur les risques de l'exposition y sont rassemblés. Un guide de référence utile à l'usage des opérateurs des réservoirs est fourni dans le «ISGOTT»<sup>[8]</sup>, section 2.3.6. Il existe beaucoup d'autres sources d'information sur le  $H_2S$ , mais peu sont spécifiques à la marine.

La limite en phase liquide exigée dans cette cinquième édition de la présente Norme internationale est conçue pour améliorer la marge de sécurité par rapport à l'édition précédente. Cette limite ne constitue pas à elle seule un niveau de sécurité et elle n'élimine pas le risque des grandes quantités de vapeurs de  $H_2S$  qui peuvent se former dans des espaces clos.

L'introduction dans la présente Norme internationale d'une limite sur la teneur en  $H_2S$  dans la phase liquide du combustible à 2,00 mg/kg réduit le risque lié à l'exposition aux vapeurs de  $H_2S$ . Cependant, il est crucial que les armateurs et l'ensemble des opérateurs continuent de maintenir des procédures de sécurité appropriées et des consignes opératoires pour protéger les équipages et autres utilisateurs (par exemple les contrôleurs) qui peuvent être exposés aux vapeurs de  $H_2S$ .

## Annexe E (informative)

### Énergie spécifique

**E.1** L'énergie spécifique n'est pas contrôlée lors de la fabrication du combustible, sauf de manière indirecte par la spécification d'autres propriétés.

**E.2** Pour les combustibles résiduels, l'énergie spécifique nette,  $Q_{Rnp}$ , et l'énergie spécifique brute,  $Q_{Rgv}$ , toutes deux exprimées en mégajoules par kilogramme, peuvent être calculées avec une justesse acceptable, dans les cas courants, à partir de l'Équation (E.1) et l'Équation (E.2)<sup>[9]</sup> respectivement:

$$Q_{Rnp} = \left( 46,704 - 8,802 \rho_{15}^2 \cdot 10^{-6} + 3,167 \rho_{15} \cdot 10^{-3} \right) \cdot \left[ 1 - 0,01(w_w + w_a + w_s) \right] + 0,094 2 w_s - 0,024 49 w_w \quad (E.1)$$

$$Q_{Rgv} = \left( 52,190 - 8,802 \rho_{15}^2 \cdot 10^{-6} \right) \cdot \left[ 1 - 0,01(w_w + w_a + w_s) \right] + 0,094 2 w_s \quad (E.2)$$

où

$\rho_{15}$  est la masse volumique à 15 °C, exprimée en kilogrammes par mètre cube;

$w_w$  est la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse;

$w_a$  est la teneur en cendre, exprimée en pourcentage en masse;

$w_s$  est la teneur en soufre, exprimée en pourcentage en masse.

**NOTE** Pour établir une évaluation rapide, l'énergie spécifique nette d'un combustible résiduel peut aussi être facilement déduite de la Figure E.1, elle-même dérivée de l'Équation (E.1). Cependant, les valeurs ainsi obtenues ne sont qu'approximatives.

**E.3** Pour les distillats, l'énergie spécifique nette,  $Q_{Dnp}$ , et l'énergie spécifique brute,  $Q_{Dgv}$ , toutes deux exprimées en mégajoules par kilogramme, peuvent être calculées avec une justesse acceptable, dans les cas courants, à partir de l'Équation (E.3) et l'Équation (E.4) respectivement:

$$Q_{Dnp} = \left( 46,423 - 8,792 \rho_{15}^2 \cdot 10^{-6} + 3,170 \rho_{15} \cdot 10^{-3} \right) \cdot \left[ 1 - 0,01(w_w + w_a + w_s) \right] + 0,094 2 w_s - 0,024 49 w_w \quad (E.3)$$

$$Q_{Dgv} = \left( 51,916 - 8,792 \rho_{15}^2 \cdot 10^{-6} \right) \cdot \left[ 1 - 0,01(w_w + w_a + w_s) \right] + 0,094 2 w_s \quad (E.4)$$

où

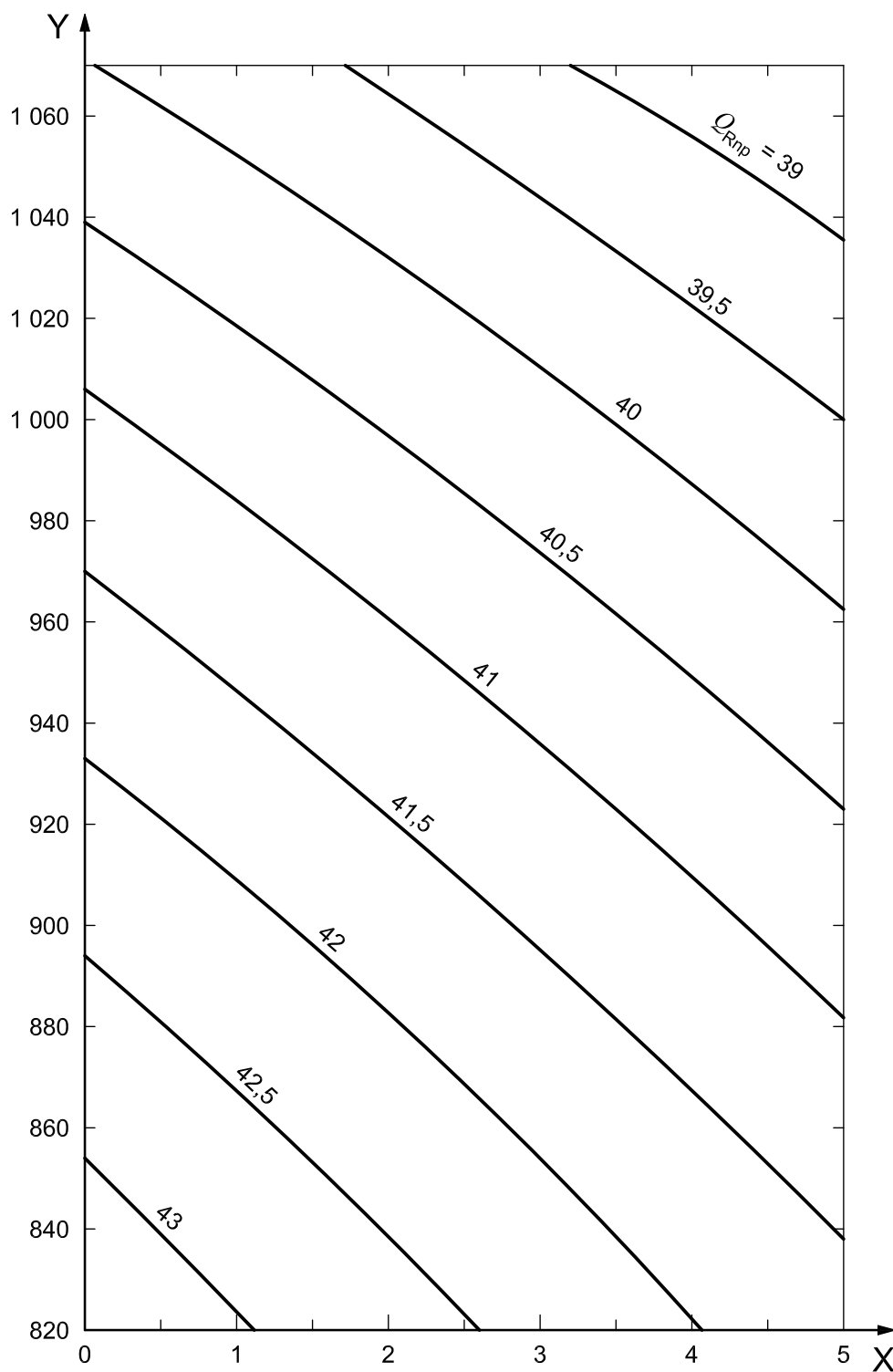
$\rho_{15}$  est la masse volumique à 15 °C, exprimée en kilogrammes par mètre cube;

$w_w$  est la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse;

$w_a$  est la teneur en cendre, exprimée en pourcentage en masse;

$w_s$  est la teneur en soufre, exprimée en pourcentage en masse.



**Légende**

X teneur en soufre, exprimée en pourcentage en masse

Y masse volumique à 15 °C, exprimée en kilogrammes par mètre cube

NOTE Pour corriger en fonction des teneurs en cendre et en eau, soustraire  $0,01Q_{Rnp}(w_a + w_w)$  de l'énergie spécifique nette,  $Q_{Rnp}$ , relevée sur ce graphique.

**Figure E.1 — Énergie spécifique nette des combustibles résiduels, exprimée en mégajoules par kilogramme**

## Annexe F (informative)

### Caractéristiques d'auto-inflammation des combustibles résiduels pour la marine

#### F.1 Application

Les caractéristiques d'auto-inflammation et de combustion d'un combustible résiduel dans un moteur diesel dépendent du type, de la conception, des conditions opératoires des moteurs, ainsi que du profil de charge et des propriétés chimiques du combustible.

L'indice de carbone aromatique calculé (CCAI) est déterminé à partir de la masse volumique et de la viscosité du combustible résiduel. Alors qu'il ne donne aucune indication sur les caractéristiques de combustion des combustibles résiduels, il fournit une indication sur le délai d'auto-inflammation. Le CCAI a été introduit afin d'écarter les combustibles résiduels présentant un couple masse volumique/viscosité exotique, ce qui pourrait conduire à une augmentation du délai d'auto-inflammation.

La valeur du CCAI est calculée selon Lewis et al.<sup>[10]</sup>, en utilisant l'Équation (F.1):

$$\text{CCAI} = \rho_{15} - 81 - 141 \cdot \lg[\lg(\nu + 0,85)] - 483 \cdot \lg \frac{T + 273}{323} \quad (\text{F.1})$$

où

$T$  est la température, exprimée en degrés Celsius, à laquelle la viscosité cinématique est déterminée;

$\nu$  est la viscosité cinématique à la température  $T$ , exprimée en millimètres carrés par seconde;

$\rho_{15}$  est la masse volumique à 15 °C, exprimée en kilogrammes par mètre cube;

$\lg$  est le logarithme décimal.

NOTE 1 Dans la présente Norme internationale, les catégories de distillats pour la marine DMX, DMA, DMZ et DMB (voir Tableau 1) ont une spécification d'indice de cétane minimal; voir ISO 4264. Cela procure une meilleure approximation de la qualité d'auto-inflammation que le CCAI, lequel a d'abord été développé pour les combustibles résiduels dont les spécifications sont données dans le Tableau 2.

NOTE 2 Des études continuent dans plusieurs pays afin d'identifier des techniques alternatives permettant de caractériser le comportement à l'auto-inflammation et lors de la combustion des combustibles résiduels.

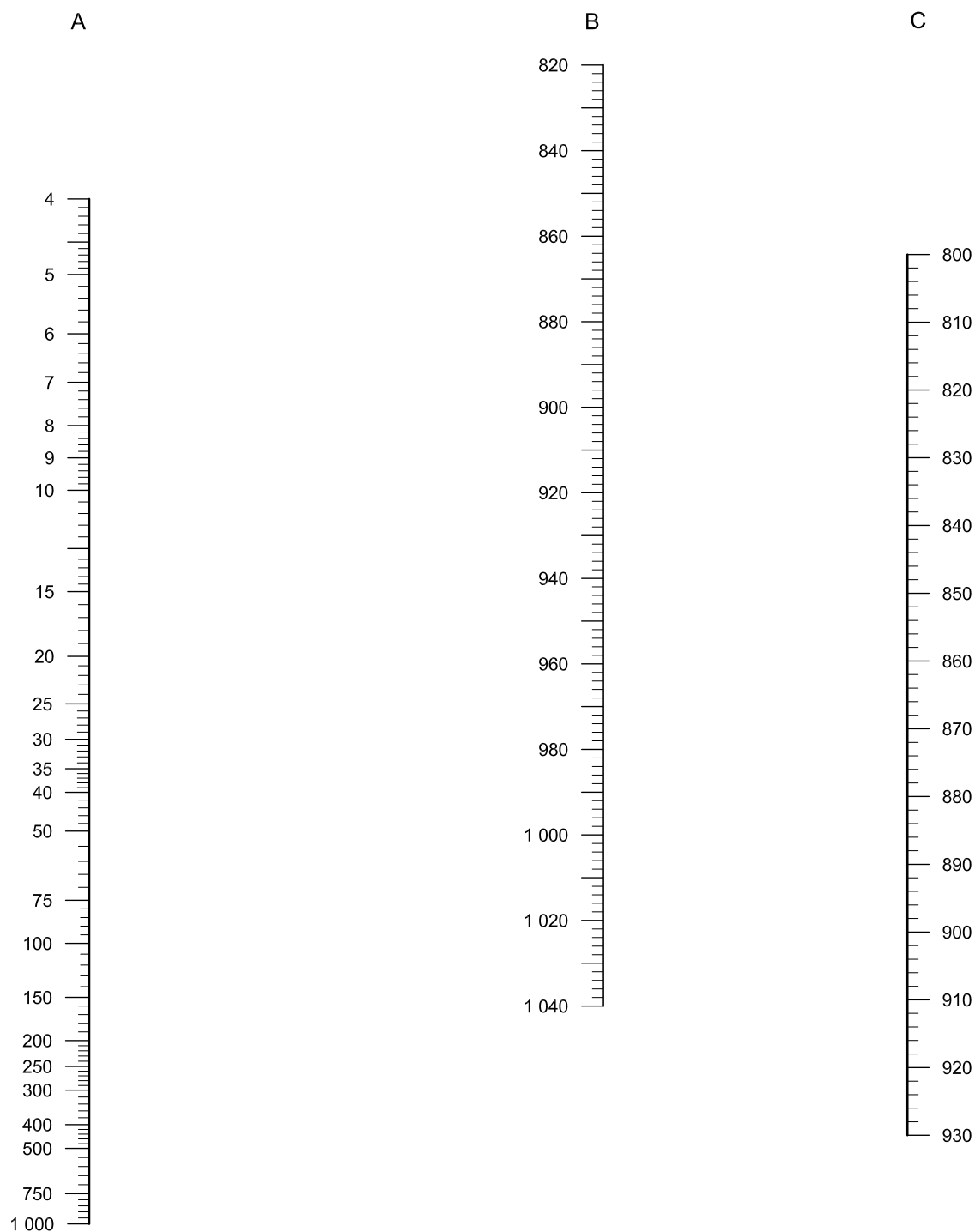
Dans le but de définir à la fois les caractéristiques d'auto-inflammation et de combustion des combustibles résiduels, une méthode d'essai a été développée en utilisant un appareillage avec une chambre de combustion à volume constant (CVCC, *constant volume combustion chamber*); voir l'IP 541<sup>[11]</sup>. Alors qu'il est admis que des combustibles de masse volumique et viscosité proches (c'est-à-dire des CCAI proches) peuvent avoir des propriétés d'auto-inflammation et de combustion significativement différentes, le travail continue pour relier les caractéristiques déduites de l'IP 541 à la fois à la qualité du combustible et au comportement en service.

La plupart des navires aujourd'hui sont mono-combustibles. C'est pourquoi il convient, lorsque des combustibles résiduels sont commandés de prendre en considération les besoins des moteurs les moins tolérants envers les différences de qualité d'auto-inflammation et de combustion.

Le Conseil International des Machines à Combustion (CIMAC) développe un guide de recommandations sur la qualité d'auto-inflammation et de combustion des moteurs diesel.

## F.2 Utilisation du nomogramme

Pour une estimation rapide, la valeur du CCAI d'un combustible résiduels peut commodément être tirée de la Figure F.1, qui a été déduite de l'Équation (F.1), en tirant une droite reliant les axes de la viscosité à 50 °C, exprimée en millimètres carrés par seconde (voir A à la Figure F.1) et de la masse volumique à 15 °C, exprimée en kilogrammes par mètre cube (voir B à la Figure F.1) à l'axe du CCAI (voir C à la Figure F.1). Cependant, les valeurs ainsi tirées de la Figure F.1 ne sont qu'approximatives.



### Légende

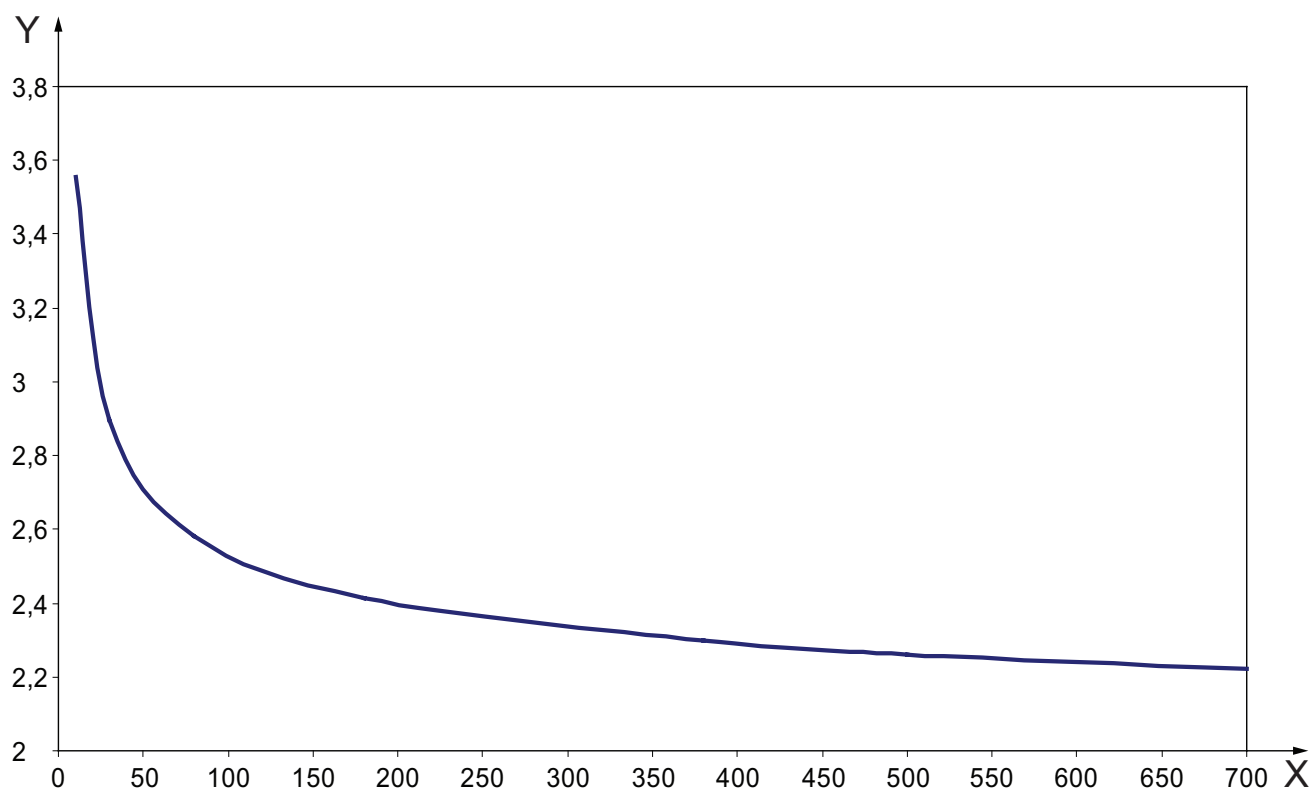
- A viscosité cinématique à 50 °C, exprimée en millimètres carrés par seconde
- B masse volumique à 15 °C, exprimée en kilogrammes par mètre cube
- C CCAI

**Figure F.1 — Nomogramme pour l'estimation du CCAI**

### F.3 Calcul de la fidélité du CCAI

La reproductibilité de la valeur du CCAI d'un combustible donné dépend de la reproductibilité,  $R$ , des valeurs de la masse volumique et de la viscosité à partir desquelles la valeur du CCAI a été calculée. L'interaction de ces facteurs de CCAI est telle que la reproductibilité positive de CCAI la plus haute est atteinte lorsque la reproductibilité de la masse volumique s'ajoute à la valeur de la masse volumique et la reproductibilité de la viscosité se retranche de la valeur de la viscosité.

La courbe de la reproductibilité du CCAI en fonction de la viscosité est donnée à la Figure F.2. La reproductibilité de la masse volumique est une constante (indépendante de la valeur de la masse volumique) et, par conséquent, la reproductibilité du CCAI varie seulement avec la viscosité du combustible. L'utilisation de la reproductibilité est traitée dans l'Annexe L.



#### Légende

X viscosité à 50 °C, exprimée en millimètres carrés par seconde

Y reproductibilité du CCAI

**Figure F.2 — Reproductibilité du CCAI en fonction de la viscosité**

## **Annexe G** (informative)

### **Point d'éclair**

La valeur du point d'éclair n'est pas une constante physique mais dépend de la méthode d'essai, de l'appareillage et du mode opératoire utilisés. Pour la présente Norme internationale, il convient d'utiliser la méthode décrite dans l'ISO 2719 aussi bien pour les distillats que pour les combustibles résiduels. Le point d'éclair est l'un des indicateurs reconnus des risques d'incendie posés par les combustibles.

Pour les combustibles résiduels, les informations disponibles montrent que le point d'éclair n'est pas à lui seul un indicateur fiable des conditions d'inflammation qui peuvent exister dans le ciel gazeux des bacs de stockage. Cela signifie que les combustibles résiduels peuvent générer une atmosphère inflammable dans le ciel gazeux du bac, même quand ils sont stockés à des températures inférieures au point d'éclair mesuré. Par conséquent, il est recommandé de considérer les combustibles résiduels comme potentiellement dangereux, capables de produire des hydrocarbures légers qui pourraient, combinés à l'atmosphère du ciel gazeux des bacs, former des mélanges proches du domaine d'inflammabilité ou qui compris dans ce dernier. Des précautions sont donc nécessaires pour garantir la sécurité des personnes et des biens.

On trouve des informations complémentaires dans l'ISO/TR 29662<sup>[12]</sup> et dans le CEN/TR 15138<sup>[13]</sup>. Des conseils supplémentaires sur les mesures de précaution sont donnés dans les références [8] et [14].

## **Annexe H** **(informative)**

### **Acidité**

Des combustibles d'indice d'acide élevé en raison de la présence de composés acides, peuvent occasionnellement endommager rapidement les moteurs diesel marins. De tels dommages ont été constatés principalement au niveau du système d'injection.

Le mesurage de l'indice d'acide, AN (*acid number*, connu autrefois comme l'indice d'acide total, ou TAN, *total acid number*) conformément à l'ASTM D664 peut donner des indications sur la présence probable de composés acides. Bien que tous les combustibles aient un indice d'acide naturellement associé et mesurable, celui-ci est généralement (mais pas toujours) inférieur à 0,5 mg KOH/g pour les distillats et généralement (mais pas toujours) inférieur à 2,5 mg KOH/g pour les combustibles résiduels.

Cependant des combustibles produits à partir de pétroles bruts d'origine naphténique peuvent avoir un indice d'acide qui, bien que plus élevé que ceux donnés dans les tableaux, est acceptable. La confirmation qu'un combustible a été produit à partir de pétrole brut naphténique peut être établie par des analyses détaillées spécifiques non normalisées. Dans de telles circonstances, il est de la responsabilité du fournisseur et de l'acheteur de s'entendre sur un indice d'acide acceptable.

Des niveaux d'indice d'acide sensiblement plus élevés que ceux indiqués ci-dessus peuvent traduire la présence significative de composés acides et, éventuellement, d'autres contaminants. Cependant, un indice d'acide inférieur aux valeurs établies ci-dessus ne garantit pas que le combustible ne provoquera aucun problème lié à la présence de composés acides. Il n'existe pas actuellement de corrélation reconnue entre les résultats de l'indice d'acide et l'action corrosive d'un combustible.

Un combustible dans lequel des acides forts sont détectés, même à un niveau faible et non détectable par la méthode normalisée SAN, décrite dans l'ASTM D664, n'est pas conforme à la présente Norme internationale, car il existe une corrélation entre la présence d'acide fort et l'activité corrosive d'un combustible.

## Annexe I (informative)

### Sodium et vanadium

#### I.1 Généralités

Tous les combustibles résiduels comportent des espèces métalliques, soit celles qui sont naturellement présentes comme le vanadium, le sodium, le calcium et le nickel, soit celles qui ont été introduites à partir de sources externes comme le sodium, l'aluminium, le silicium et le fer. Lorsqu'un combustible est brûlé, une partie de ces métaux est convertie en particules solides d'oxydes, de sulfates ou de composés plus complexes, qui forment, à eux tous, les cendres. À certaines températures, ces particules solides de cendre commencent à se fluidifier et peuvent alors adhérer à certaines parties de l'installation de combustion si celles-ci atteignent une température suffisamment élevée. Ces dépôts adhérents de cendre peuvent endommager les composants (couronnes des pistons, soupapes d'échappement, surfaces des ailettes des turbocompresseurs pour les moteurs diesel et parois des tubes d'eau, surfaces des tubes de réchauffeurs et surchauffeurs pour les chaudières), que ce soit par le processus nommé «corrosion à chaud» ou par tout autre mécanisme. La température à laquelle les particules de cendre commencent à devenir fluides et à adhérer aux surfaces, nommée souvent température d'adhérence, est plus basse pour les cendres riches en vanadium et/ou en sodium. C'est pourquoi une attention particulière est portée à la quantité de ces métaux dans les combustibles.

#### I.2 Points de fusion des cendres

Les points de fusion des cendres varient beaucoup selon leur constitution. Par exemple le vanadyl vanadate de sodium présente une température de fusion de ses cendres de 535 °C, comme un composé non contaminé. Cependant cette température peut être abaissée par la mise en solution d'autres oxydes métalliques issus des surfaces soumises à la corrosion. Il est donc théoriquement possible de trouver des températures de fusion des cendres en-dessous de 400 °C. Il est souvent considéré qu'un rapport sodium/vanadium de 1:3 conduit à la température de fusion des cendres la plus basse. Cela est applicable pour une cendre simple, à deux composants ( $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{V}_2\text{O}_5$ ). Cependant, les cendres issues de la combustion de combustibles résiduels sont des mélanges complexes qui comprennent aussi des composés de calcium, de nickel, de silicium et d'aluminium, ainsi que beaucoup d'autres métaux à diverses concentrations. Tous ces métaux additionnels tendent à influencer la température de fusion des cendres, ayant un effet bénéfique dans certains cas, en diminuant la tendance des cendres à adhérer, ou ayant un effet contraire dans d'autres cas.

Le rapport sodium/vanadium de 1:3 représente l'importance croissante que prend la teneur en vanadium des combustibles parce que les cendres deviennent de plus en plus riches en vanadium. Alors que les niveaux de vanadium dans certains combustibles résiduels peuvent monter jusqu'à 600 mg/kg, les autres métaux n'atteignent habituellement pas de tels niveaux, ce qui explique que leur influence sur les températures d'adhérence soit limitée. Aussi, les quantités de cendres sont plus importantes aux hautes teneurs en vanadium, ce qui aggrave les problèmes éventuels liés aux dépôts de cendres.

Il n'est pas rare de trouver des armateurs qui stipulent que le niveau maximal de sodium doit être au tiers du niveau réel du vanadium. D'après ce qui précède, il est évident que la généralisation d'une telle limite n'est pas fondée scientifiquement et qu'elle constitue une restriction inutile, particulièrement aux niveaux de vanadium les plus bas (inférieurs à 150 mg/kg).

#### I.3 Vanadium

Le vanadium est un composant naturel des combustibles et il s'y trouve sous la forme de molécules complexes contenant d'autres éléments. De telles molécules sont présentes en solution dans les combustibles résiduels. Ainsi, il n'existe pas de méthode aisée pour enlever le vanadium des combustibles chargés à bord. La seule possibilité en pratique est de limiter la teneur en vanadium. Le choix d'une limite réaliste dépend en premier

lieu de l'expérience pratique et aussi de l'expérience acquise sur la sensibilité d'un moteur ou d'une chaudière donnée aux problèmes liés aux cendres.

## **I.4 Sodium**

L'origine habituelle du sodium est une contamination par l'eau de mer. Cependant du sodium peut être présent sous une forme telle qu'il ne peut pas être éliminé par traitement à bord. Typiquement, l'apport d'une fraction massique de 1 % d'eau de mer ajoute au combustible environ 100 mg/kg de sodium, alors que les combustibles qui sont exempts d'eau présentent normalement des teneurs en sodium de l'ordre de 10 mg/kg à 50 mg/kg, rarement plus.

À la différence du vanadium, le sodium ne se trouve pas habituellement dans les combustibles sous une forme soluble. Dans la plupart des cas, la présence de teneurs élevées en sodium est associée à une forte contamination à l'eau de mer, de sorte que la quantité de sodium enlevée est directement proportionnelle à la quantité d'eau qui peut être enlevée, que ce soit dans des bacs de décantation et par centrifugation. Très occasionnellement, il peut arriver que la contamination soit liée à l'utilisation d'hydroxyde de sodium lors du raffinage.

## **I.5 Solutions techniques du problème**

La solution technique pour le contrôle de la corrosion à haute température consiste tout d'abord à contrôler à la fois la température de surface du métal et à choisir des alliages qui possèdent la meilleure combinaison de propriétés physiques et de résistance à la corrosion.

La conception des moteurs modernes vise à empêcher les cendres d'adhérer aux composants sensibles. Par exemple on peut citer un refroidissement plus efficace des sièges et des surfaces des soupapes, et l'utilisation de rotateurs de soupapes pour répartir uniformément la charge thermique sur les soupapes. Il résulte de ces progrès une tolérance bien meilleure au vanadium et/ou au sodium des moteurs modernes par rapport aux plus anciens.



## **Annexe J** (informative)

### **Fines de catalyseurs**

Les fines de catalyseur constituent la principale source de particules potentiellement abrasives dans les combustibles de soute. Leur contrôle a été fondé depuis des années sur la limitation de la teneur en «aluminium plus silicium», placée au niveau de 80 mg/kg. Les fabricants de moteurs ont recommandé que le combustible à l'entrée du moteur contienne, après traitement à bord, moins de 15 mg/kg.

Dans la présente Norme internationale, des limites révisées du paramètre «aluminium plus silicium» ont été introduites pour toutes les catégories des combustibles résiduels du Tableau 2. Ces nouvelles limites de spécification traduisent une efficacité opérationnelle du nettoyage à bord généralement inférieure à ce qui avait été précédemment déterminé.

Les niveaux du paramètre «aluminium plus silicium» donnés dans le Tableau 2 sont destinés à limiter la quantité de fines de catalyseur à un niveau qui assure un risque minimal d'usure abrasive, étant établi qu'un prétraitement adéquat du combustible est effectué en maintenant la température interne du purificateur par centrifugation à une valeur constante, habituellement 98 °C, et que le système de nettoyage du combustible (réservoirs, centrifugeuses et filtres) fonctionne dans des conditions optimales.

En conséquence, afin d'atteindre la réduction nécessaire des fines de catalyseurs, un prétraitement efficace du combustible est de toute première importance; voir Article 1.

## **Annexe K** **(informative)**

### **Huiles lubrifiantes usagées**

Les huiles lubrifiantes usagées (HLU) sont essentiellement des huiles usées de carters de moteurs de véhicules. Elles sont mélangées aux combustibles de soute depuis plus de 25 ans dans certaines parties du monde.

Si les HLU sont utilisées comme composants d'un mélange destiné aux combustibles qui est collecté à terre à partir de sources qui ne respectent pas, ou mal, les règles environnementales adaptées, cela constitue un vecteur d'introduction d'autres déchets dans le pool de combustibles résiduels.

En principe, les HLU constituent un produit éminemment variable. Cependant, comme signalé précédemment, il s'agit le plus souvent d'huiles usagées provenant de carters de moteurs de véhicules. De telles huiles contiennent des quantités notables d'additifs détergents et anti-usure. Les additifs détergents sont fondés principalement sur le calcium, tandis que les additifs anti-usure sont habituellement des composés de zinc et de phosphore, certains étant sans zinc. C'est pourquoi le principe qui a été observé en établissant les spécifications de la présente Norme internationale est que le combustible résiduel doit être considéré comme contenant des HLU si l'un ou l'autre des deux groupes d'éléments calcium et zinc ou calcium et phosphore est au-dessus des limites spécifiées dans le Tableau 2.

Les limites pour les éléments retenus, le zinc, le phosphore et le calcium, ont été placées à des niveaux aussi bas que possible, en tenant compte à la fois du niveau naturel de ces éléments dans les combustibles pour la marine exempts d'huiles lubrifiantes usagées et de la reproductibilité des méthodes d'essai. Il est donc impossible d'imposer une limite supérieure qui soit nulle pour ces éléments «empreinte digitale».

Sur la base de rapports statistiques très fouillés, la combinaison de ces éléments ne conduirait pas à une identification incorrecte des HLU.

Les limites données dans le Tableau 2 pour le zinc, le phosphore et le calcium sont là pour déterminer si un combustible est conforme ou non à la spécification mais elles n'impliquent pas qu'un combustible dont on estime qu'il contient des huiles lubrifiantes usagées soit nécessairement non utilisable.

## Annexe L (informative)

### Fidélité et interprétation des résultats d'essais

#### L.1 Introduction

Les réclamations relatives à la qualité des combustibles arrivent généralement, soit parce qu'un problème est survenu à bord, soit parce qu'il y a un litige sur l'acceptabilité du produit. Quel que soit le cas, il convient que le produit soit soumis à des essais de façon à être certain de sa nature. En cas de litige sur la question de savoir si un résultat d'essai respecte ou dépasse une limite de spécification, il est fait référence au processus décrit dans les articles correspondants de l'ISO 4259.

#### L.2 Utilisation de l'ISO 4259

Le Tableau 1 et le Tableau 2 de la présente Norme internationale spécifient des valeurs limites maximales et/ou minimales de la *valeur vraie* d'une propriété donnée lorsqu'elle est mesurée par la méthode d'essai spécifiée.

La valeur vraie, telle que définie dans l'ISO 4259, représente la moyenne d'un nombre infini de résultats individuels obtenus dans un nombre infini de laboratoires. Un combustible soumis à l'essai, testé un certain nombre de fois dans le même laboratoire, par le même opérateur, sur le même échantillon, dans les mêmes conditions, peut ne pas nécessairement donner exactement le même résultat pour chaque essai. Ces variations sont quantifiées pour chaque méthode d'essai sous le nom de répétabilité,  $r$ . Lorsque deux laboratoires différents pratiquent la même méthode d'essai sur le même échantillon, la variation est appelée reproductibilité,  $R$ .

Aucune méthode d'essai ne peut mesurer la valeur vraie avec une certitude de 100 %. Chaque méthode d'essai possède sa propre bande de probabilité désignée sous le vocable de *fidélité* de l'essai. Cela signifie que si l'essai est conduit exactement comme défini dans la méthode d'essai, par un opérateur et dans un laboratoire qui respectent complètement les exigences d'une norme d'accréditation comme l'ISO/CEI 17025<sup>[15]</sup>, le résultat tombe dans la bande de fidélité de la méthode d'essai. La fidélité des méthodes d'essai normalisées est déterminée conformément aux procédures définies dans l'ISO 4259.

L'ISO 4259:2006, Article 9, fournit des informations permettant au fournisseur ou au destinataire de combustibles de juger de la qualité d'un produit par rapport à la spécification lorsqu'un résultat unique est disponible.

#### L.3 Destinataire avec un résultat d'essai unique

Un destinataire qui n'a pas d'autre information sur la valeur vraie d'une caractéristique qu'un résultat d'essai unique ne peut considérer que le produit ne respecte pas la limite de spécification, avec un niveau de confiance de 95 %, que si le résultat d'essai est tel que:

- a) dans le cas de la spécification d'une limite maximale, le résultat d'essai est supérieur à la limite spécifiée plus  $0,59 \times R$ .
- b) dans le cas de la spécification d'une limite minimale, le résultat d'essai est inférieur à la limite spécifiée moins  $0,59 \times R$ .

EXEMPLE Le destinataire a passé commande d'un combustible à la spécification ISO-F-RMG 380 dans laquelle

- la limite maximale spécifiée est égale à 380 mm<sup>2</sup>/s à 50 °C;
- la reproductibilité,  $R$ , de la méthode d'essai (ISO 3104) est égale à  $0,074 \times 380$  mm<sup>2</sup>/s à 50 °C.

Par conséquent, le destinataire peut considérer que le produit ne respecte pas la spécification, avec un niveau de confiance de 95 %, si le résultat d'essai unique est supérieur à 396,59 mm<sup>2</sup>/s à 50 °C.

#### L.4 Fournisseur avec un résultat d'essai unique

Un fournisseur qui n'a pas d'autre information sur la valeur vraie d'une caractéristique qu'un résultat d'essai unique ne peut considérer que le produit respecte la limite de spécification, avec un niveau de confiance de 95 %, que si le résultat d'essai est tel que:

- c) dans le cas de la spécification d'une limite maximale, le résultat d'essai est inférieur ou égal à la limite spécifiée moins  $0,59 \times R$ .
- d) dans le cas de la spécification d'une limite minimale, le résultat d'essai est supérieur ou égal à la limite spécifiée plus  $0,59 \times R$ .

Les équations ci-dessus servent de guide au fournisseur et il convient de ne pas les interpréter comme des obligations. Une valeur reportée qui se situe entre la limite spécifiée et la limite tirée de L.4 a) ou L.4 b) n'est pas une preuve de non conformité.

EXEMPLE Le fournisseur a soumis à essai un combustible à la spécification ISO-F-RMG 380 dans laquelle

- la limite maximale spécifiée est égale à 380 mm<sup>2</sup>/s à 50 °C;
- la reproductibilité,  $R$ , de la méthode d'essai (ISO 3104) est égale à  $0,074 \times 380$  mm<sup>2</sup>/s à 50 °C.

Par conséquent, le fournisseur peut considérer que le produit respecte la spécification, avec un niveau de confiance de 95 %, si le résultat d'essai unique est inférieur ou égal à 363,41 mm<sup>2</sup>/s à 50 °C.

#### L.5 Résolution des litiges

L'ISO 4259:2006, Article 10, indique la procédure appropriée si le fournisseur et le destinataire ne peuvent pas trouver un accord sur la qualité du produit. Cependant, cette procédure ne concerne que le cas où chaque laboratoire analyse des échantillons de combustibles qui sont des subdivisions d'un échantillon représentatif.

## Bibliographie

- [1] ISO 8216-1, *Produits pétroliers — Classification des combustibles (classe F) — Partie 1: Catégories des combustibles pour la marine*
- [2] Organisation Maritime Internationale (IMO), *Convention internationale pour la Sécurité de la vie en mer (SOLAS)*, 1974, Amendement 1, Chapitre II-2, Partie B, Règlement 4, Section 2.1
- [3] ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE (IMO). Protocole de 1997, annexe VI de la *Convention MARPOL* révisée, modifiée par la résolution MEPC.176(58) en 2008, pour la révision de la *Convention Internationale sur la prévention de la pollution provoquée par les navires*, 1973, modifiée par le Protocole de 1978 sur le même sujet
- [4] Directive 2005/33/CE du 6 juillet 2005 modifiant la directive 1999/32/CE du 26 avril 1999 en ce qui concerne la teneur en soufre des combustibles marins et modifiant la Directive 93/12/CEE, Journal Officiel de la Communauté européenne
- [5] Recommandations concernant la conception des installations de traitement des combustibles lourds pour moteurs diesels, publié par le Comité international sur les moteurs à combustion (CIMAC), numéro 25, mai 2006
- [6] ISO 4261, *Produits pétroliers — Combustibles (classe F) — Spécifications des combustibles pour turbines à gaz en service dans l'industrie et la marine*
- [7] EN 14078, *Produits pétroliers liquides — Détermination de la teneur en esters méthyliques d'acides gras (EMAG) des distillats moyens — Méthode par spectrométrie infrarouge*
- [8] *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT)*, 5e édition, ISBN 978-1-85609-291-3
- [9] ISO/TR 18455<sup>1)</sup>, *Produits pétroliers — Calcul de l'énergie spécifique des combustibles résiduels à partir de caractéristiques physicochimiques et d'éléments de composition — Données de base*
- [10] LEWIS C.P.G., SCHENK C., STASSEN W.J.M. *Ignition quality of residual fuel oils*, Actes du 22e congrès international du CIMAC sur les moteurs à combustion, Volume 2, Copenhague, DK, 18-21 mai 1998<sup>2)</sup>
- [11] IP 541, *Determination of ignition and combustion characteristics of residual fuels – Constant volume combustion chamber method*
- [12] ISO/TR 29662, *Produits pétroliers et autres liquides — Lignes directrices pour la détermination du point d'éclair*
- [13] CEN/TR 15138, *Produits pétroliers et autres liquides — Guide pour la détermination du point d'éclair*
- [14] *Oil Companies International Marine Forum (OCIMF), The Flammability Hazards associated with the Handling, Storage and Carriage of Residual Fuel Oil*, décembre 1989
- [15] ISO/CEI 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais*
- [16] Directive 97/68/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 1997 sur l'approximation des lois des états membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et des polluants particuliers des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers (EMNR)

---

1) Annulé.

2) <sup>2</sup> Ce document décrit le calcul du CCAI et est disponible à l'adresse [www.cimac.com](http://www.cimac.com).