
**Produits pétroliers — Caractérisation
des combustibles pour la marine par
la constante viscosité-gravité**

*Petroleum products — Characterization of marine fuels by viscosity-
gravity constant*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 18588:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/73453dab-4933-44f1-af2f-44c5d6a4e619/iso-tr-18588-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/73453dab-4933-44f1-af2f-44c5d6a4e619/iso-tr-18588-2023>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 18588:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/73453dab-4933-44f1-af2f-44c5d6a4e619/iso-tr-18588-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/73453dab-4933-44f1-af2f-44c5d6a4e619/iso-tr-18588-2023>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2023

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

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Caractérisation des combustibles pétroliers	1
4.1 Généralités	1
4.2 BMCI (ou CI)	2
4.2.1 Généralités	2
4.2.2 Calcul du BMCI (ou CI)	2
4.2.3 Algorithme pour calculer le BMCI (ou CI)	3
4.3 Constante viscosité-gravité	4
4.3.1 Généralités	4
4.3.2 Calcul de la VGC	4
4.3.3 Algorithme pour calculer la VGC	4
5 Analyse des données fournies par les échantillons	5
5.1 Généralités	5
5.2 BMCI en fonction de la VGC et de la masse volumique pour combustibles dont la teneur en soufre est $\leq 0,50$ % en masse	5
5.3 BMCI en fonction de la VGC et de la masse volumique pour combustibles dont la teneur en soufre est $\geq 0,50$ % en masse	6
5.4 Importance et utilisation de la VGC	8
Annexe A (informative) Algorithmes pour calculer les valeurs SG, BMCI et VGC	11
Bibliographie	13

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).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

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

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

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 28, *Produits pétroliers et produits connexes, combustibles et lubrifiants d'origine synthétique ou biologique*, sous-comité SC 4, *Classifications et spécifications*.

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

Introduction

Le 1^{er} janvier 2020, la Règle 14.1 de l'Annexe VI de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL) a réduit de 3,50 % en masse à 0,50 % en masse la teneur en soufre (S) maximale des combustibles à utiliser à bord des navires exploités en dehors des zones de contrôle des émissions (ECA). Cela s'est traduit par une plus grande diversité de la gamme de mélanges de combustibles proposée sur le marché marin et par un intérêt croissant de l'industrie marine pour la caractérisation des combustibles dérivés du pétrole ne contenant pas d'ester méthylique d'acide gras (EMAG) au regard de leur nature aromatique ou paraffinique.

Le présent document fournit un indicateur permettant de définir si un combustible résiduel dérivé du pétrole ne contenant pas d'EMAG, lorsqu'il est fourni à un navire, est plus de nature aromatique ou paraffinique.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 18588:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/73453dab-4933-44f1-af2f-44c5d6a4e619/iso-tr-18588-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/73453dab-4933-44f1-af2f-44c5d6a4e619/iso-tr-18588-2023>

Produits pétroliers — Caractérisation des combustibles pour la marine par la constante viscosité-gravité

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les meilleures pratiques dans le cadre du calcul et de l'utilisation d'un indicateur informatif pour la caractérisation de combustibles résiduels fossiles pour la marine ne contenant pas d'EMAG, tel que défini dans l'ISO 8217. Le présent document se base sur les recommandations établies utilisées par l'industrie pétrolière pour caractériser les fractions pétrolières au regard de leur nature paraffinique, naphténique ou aromatique, par leur constante viscosité-gravité.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

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

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

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1

ester méthylique d'acide gras

EMAG

ester obtenu par (trans-)estérification de graisses et d'huiles végétales

3.2

carburant à très basse teneur en soufre

VLSFO (very low sulfur fuel oil)

combustible marin d'une teneur en soufre maximale de 0,50 % en masse

3.3

carburant à haute teneur en soufre

HSFO (high sulfur fuel oil)

combustible marin d'une teneur en soufre supérieure à 0,50 % en masse

4 Caractérisation des combustibles pétroliers

4.1 Généralités

Riazi^[1] cite deux méthodes pour la caractérisation des fractions pétrolières:

- l'indice de corrélation du Bureau of Mines (BMCI);
- la constante viscosité-gravité (VGC).

4.2 BMCI (ou CI)

4.2.1 Généralités

Le BMCI, également souvent appelé indice de corrélation (CI), est utilisé pour caractériser les fractions pétrolières/pétroles bruts. Selon Riazi,^[1] les valeurs du BMCI entre 0 et 15 indiquent qu'un pétrole est essentiellement paraffinique. Une valeur de BMCI supérieure à 50 indique qu'un pétrole contient principalement des composés aromatiques.^[2] Selon l'échelle de CI^[3], toutes les n-paraffines ont une valeur de CI de 0, alors que le cyclohexane (le plus simple des naphènes) a une valeur de CI de 50, et le benzène a une valeur de CI de 100. En utilisant l'échelle des CI, les fractions pétrolières peuvent être classées comme indiqué dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Classification des fractions pétrolières selon les valeurs CI

Nature de la fraction pétrolière	Valeur CI
Paraffinique (P)	<29,8
Naphténique (N)	<57,0
Aromatique (A)	>75,0

4.2.2 Calcul du BMCI (ou CI)

Le BMCI (ou CI) s'appuie sur des termes qui ne proviennent pas d'essais de routine de combustibles pour la marine. Il peut être déterminé à partir de la [Formule \(1\)](#).

$$I_{\text{BMC}} = \frac{48\,640}{T_b} + 473,7 \times G_s - 456,8 \quad (1)$$

où

I_{BMC} est l'indice de corrélation du Bureau of Mines;

G_s est la densité relative à 15,6 °C (60 °F) [voir [Formule \(2\)](#)];

T_b est la température moyenne d'ébullition, exprimé en degré kelvin (K) [voir [Formule \(3\)](#)].

G_s peut être calculé à partir de la masse volumique du combustible comme suit:

$$G_s = \frac{\left(\frac{\rho_{15}}{1\,000} - K \right)}{H} \quad (2)$$

où

ρ_{15} est la masse volumique à 15 °C, exprimée en kilogramme par mètre cube (kg/m³);

H et K sont les variables dont les valeurs doivent être tirées du [Tableau 2](#).

Tableau 2 — Valeurs de H et de K en fonction de G_s

valeur G_s		valeur H	valeur K
min.	max.		
$\geq 0,79$	$< 0,81$	0,998 342	0,000 964
$\geq 0,81$	$< 0,83$	0,998 492	0,000 842
$\geq 0,83$	$< 0,849\ 999\ 9$	0,998 641	0,000 718
$\geq 0,849\ 999\ 9$	$< 0,875\ 000\ 1$	0,998 761	0,000 616
$\geq 0,875\ 000\ 1$	$< 0,900\ 000\ 1$	0,998 881	0,000 511
$\geq 0,900\ 000\ 1$	< 1	0,999 011	0,000 394
≥ 1	$< 1,1$	0,998 861	0,000 544

La température moyenne d'ébullition T_b peut être calculé à partir de la [Formule \(3\)](#):

$$T_b = 9,336\ 9 \times e^{\left(1,651\ 4 \times 10^{-4} \times M + 1,410\ 3 \times G_s - 7,515\ 2 \times 10^{-4} \times M \times G_s\right)} \times M^{0,536\ 9} \times G_s^{-0,727\ 6} \quad (3)$$

où

T_b est la température moyenne d'ébullition, exprimé en degré kelvin (K);

G_s est la densité relative à 15,6 °C (60 °F) [voir [Formule \(2\)](#)];

e est le nombre d'Euler;

M est une variable, dont la valeur peut être calculée à partir de la [Formule \(4\)](#).

$$M = 223,56 \times v_{38}^{(-1,2435 + 1,1228 \times G_s)} \times v_{99}^{(3,4758 - 3,038 \times G_s)} \times G_s^{-0,6665} \quad (4)$$

où

v_{38} est la viscosité à 38 °C, exprimée en millimètre carré par seconde (mm²/s);

v_{99} est la viscosité à 99 °C, exprimée en millimètre carré par seconde (mm²/s).

Par conséquent, la conversion de viscosité à 50 °C, v_{50} , en viscosité à 38 °C et 99 °C est essentielle.

Les [Formules \(5\)](#) et [\(6\)](#) peuvent être utilisées pour convertir la viscosité à 50 °C en viscosité à 38 °C et 99 °C comme suit:

$$v_{38} = e^{e^{\left\{ \ln[\ln(v_{50} + 0,7)] + 3,55 \times \ln\left(\frac{273,15 + 50}{273,15 + 38}\right) \right\}} - 0,7} \quad (5)$$

$$v_{99} = e^{e^{\left\{ \ln[\ln(v_{50} + 0,7)] + 3,55 \times \ln\left(\frac{273,15 + 50}{273,15 + 99}\right) \right\}} - 0,7} \quad (6)$$

où v_{50} est la viscosité à 50 °C, exprimée en millimètre carré par seconde (mm²/s).

4.2.3 Algorithme pour calculer le BMCI (ou CI)

L'algorithme pour calculer le BMCI (ou CI) se trouve à l'[Annexe A](#).

4.3 Constante viscosité-gravité

4.3.1 Généralités

La constante viscosité-gravité (VGC) se fonde sur une relation empirique développée entre la viscosité Saybolt (SUS) et la densité relative à travers une constante. Plus tard, les formules ont été modifiées, en utilisant la masse volumique et la viscosité pour calculer la VGC, comme dans l'ASTM D2501. Riazi et l'ASTM D2501 se rapportent aux valeurs de VGC pour les hydrocarbures paraffiniques et aromatiques. Selon Speight,^[4] la VGC varie entre 0,74 et 0,75 pour les hydrocarbures paraffiniques, entre 0,89 et 0,94 pour les hydrocarbures naphthéniques et entre 0,95 et 1,13 pour les hydrocarbures aromatiques. L'ASTM D2501 estime que des valeurs de VGC proches de 0,800 indiquent des échantillons à caractère paraffinique, alors que les valeurs avoisinant 1,00 indiquent une majorité de structures aromatiques.

4.3.2 Calcul de la VGC

Les formules initiales ont utilisé la viscosité Saybolt (SUS) et la densité relative comme paramètres d'entrée. Les formules ont plus tard été modifiées pour utiliser la viscosité cinématique supérieure à 4 mm²/s à 40 °C et la masse volumique à 15 °C comme paramètres d'entrée. Les formules ont subi de nouvelles modifications pour utiliser la viscosité cinématique supérieure à 5,5 mm²/s à 40 °C, ou supérieure à 0,8 mm²/s à 100 °C [voir [Formule \(7\)](#)].

$$C_{VG} = \frac{\rho_{15} - 0,108 - 0,1255 \times \lg(\eta - 0,8)}{0,90 - 0,097 \times \lg(\eta - 0,8)} \quad (7)$$

où

C_{VG} est la constante viscosité-gravité;

ρ_{15} est la masse volumique du carburant à 15 °C, exprimée en gramme par millilitre (g/ml);

η est la viscosité du carburant à 100 °C, exprimée en millimètre carré par seconde (mm²/s).

NOTE ASTM D2501 inclut également une formule pour calculer la VGC en fonction de la viscosité à 40 °C.

La [Formule \(8\)](#) peut être utilisée pour convertir la viscosité à 50 °C en viscosité à 100 °C comme suit:

$$\eta = e^{\left\{ \ln[\ln(v_{50} + 0,7)] + 3,55 \times \ln\left(\frac{273,15 + 50}{273,15 + 100}\right) \right\} - 0,7} \quad (8)$$

où

η est la viscosité du carburant à 100 °C, exprimée en millimètre carré par seconde (mm²/s);

e est le nombre d'Euler;

v_{50} est la viscosité à 50 °C, exprimée en millimètre carré par seconde (mm²/s).

4.3.3 Algorithme pour calculer la VGC

L'algorithme pour calculer la VGC se trouve à l'[Annexe A](#).

5 Analyse des données fournies par les échantillons

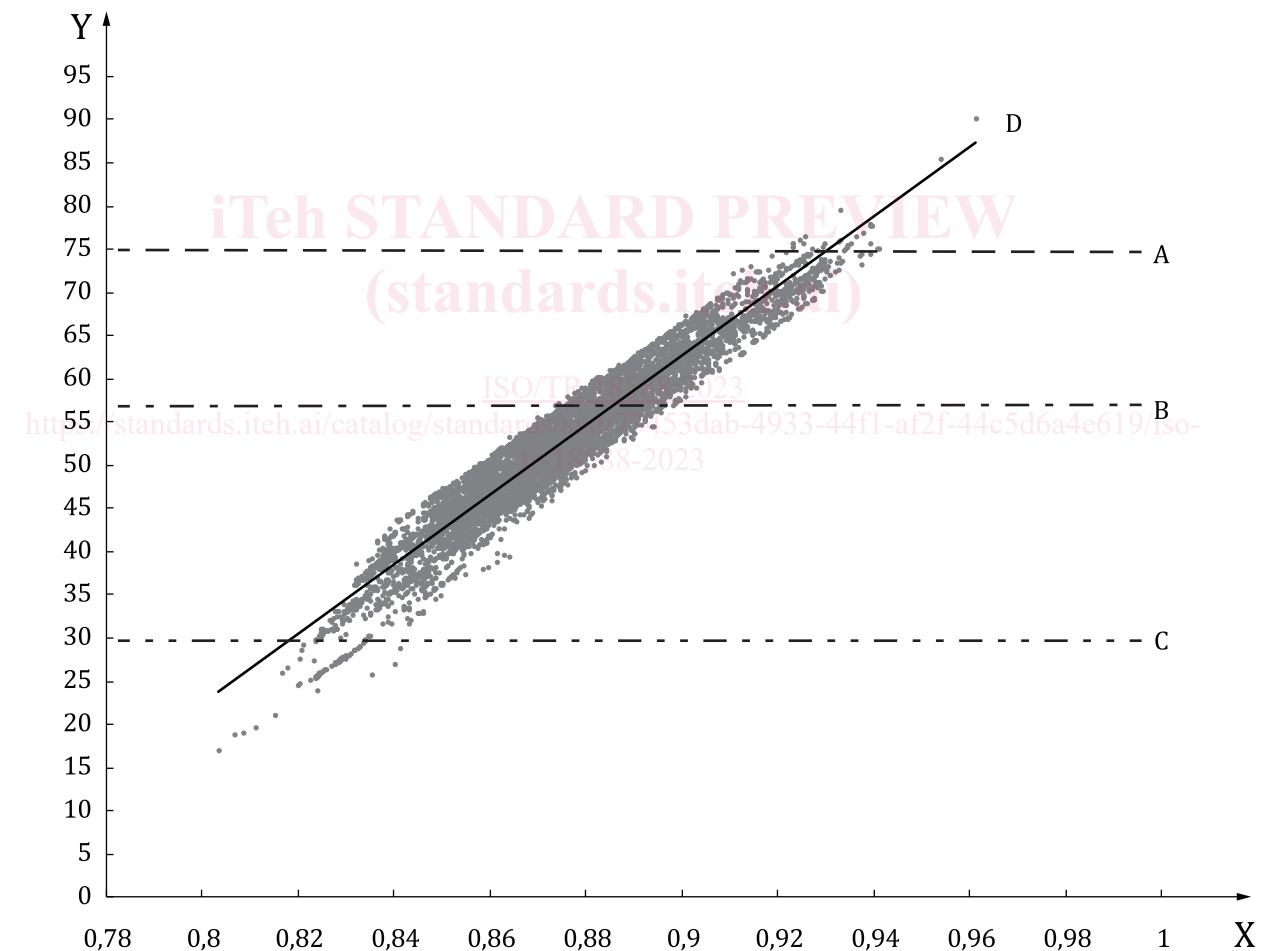
5.1 Généralités

Les figures suivantes se basent sur un sous-ensemble d'échantillons de combustibles résiduels pour la marine composé d'approximativement 9 000 échantillons dont la teneur en soufre est $\leq 0,50$ % en masse et d'approximativement 1 000 échantillons dont la teneur en soufre est $\geq 0,50$ % en masse, prélevés en 2021.

NOTE Des résultats similaires ont été obtenus pour deux autres ensembles de données d'échantillons.

5.2 BMCI en fonction de la VGC et de la masse volumique pour combustibles dont la teneur en soufre est $\leq 0,50$ % en masse

La [Figure 1](#) représente la valeur du BMCI calculée des carburants résiduels dont la teneur en soufre est égale ou inférieure à 0,50 % en masse [carburant à très basse teneur en soufre (VLSFO)] en fonction de la valeur de la VGC calculée.



Légende

- X C_{VG}
- Y I_{BMC}
- A $I_{BMC} = 75$
- B $I_{BMC} = 57$
- C $I_{BMC} = 29,8$
- D droite de régression

Figure 1 — Tracé du BMCI en fonction de la VGC pour un VLSFO