

NORME
INTERNATIONALE

ISO
3104

Deuxième édition
1994-10-15

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

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Petroleum products — Transparent and opaque liquids — Determination
of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49d746f2-d9f1-4714-814c-c16ae25f5f9a/iso-3104-1994>



Numéro de référence
ISO 3104:1994(F)

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 projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 3104 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 28, *Produits pétroliers et lubrifiants*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 3104:1976), dont elle constitue une révision technique.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de la présente Norme internationale.

© ISO 1994

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Introduction

Beaucoup de produits pétroliers, ainsi que certains produits non pétroliers, sont employés comme des lubrifiants et le bon fonctionnement des appareils dépend de l'utilisation d'un liquide d'une viscosité appropriée. De plus, la viscosité de beaucoup de produits pétroliers est importante pour l'estimation des conditions optimales de stockage, de manipulation et d'utilisation. Ainsi, la détermination précise de la viscosité est essentielle pour bon nombre de spécifications de produit.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 3104:1994](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49d746f2-d9f1-4714-814c-c16ae25f5f9a/iso-3104-1994)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49d746f2-d9f1-4714-814c-c16ae25f5f9a/iso-3104-1994>

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 3104:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/49d746f2-d9f1-4714-814c-c16ae25f5f9a/iso-3104-1994>

Produits pétroliers — Liquides opaques et transparents — Détermination de la viscosité cinématique et calcul de la viscosité dynamique

AVERTISSEMENT — L'utilisation de la présente Norme internationale implique l'intervention de produits, d'opérations et d'équipements à caractère dangereux. La présente Norme internationale n'a pas la prétention d'aborder tous les problèmes de sécurité concernés par son usage. Il est de la responsabilité de l'utilisateur de consulter et d'établir des règles de sécurité et d'hygiène appropriées et de déterminer l'applicabilité des restrictions réglementaires avant utilisation.

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode de détermination de la viscosité cinématique, ν , des produits pétroliers liquides, opaques et transparents, par mesurage du temps d'écoulement d'un volume de produit sous l'action de son propre poids à travers un viscosimètre capillaire calibré en verre. La viscosité dynamique, η , peut être obtenue en multipliant la viscosité cinématique mesurée par la masse volumique, ρ , du liquide.

NOTE 1 Les résultats obtenus avec la présente Norme internationale dépendent du comportement de l'échantillon et s'appliquent aux liquides dans lesquels surtout la contrainte de cisaillement et le gradient de vitesse sont proportionnels (comportement «newtonien»). Cependant, si la viscosité varie de manière significative selon le gradient de vitesse, des résultats peuvent être obtenus avec des viscosimètres dont les capillaires ont des diamètres différents. Le mode opératoire et les valeurs de fidélité pour les fuels résiduels, qui peuvent avoir un comportement non newtonien dans certaines conditions, sont inclus.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute

norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 3105:—¹⁾, *Viscosimètres à capillaire, en verre, pour viscosité cinématique — Spécifications et modes d'emploi.*

ISO 3696:1987, *Eau pour laboratoire à usage analytique — Spécification et méthodes d'essai.*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 viscosité cinématique, ν : Résistance à l'écoulement d'un liquide soumis à la pesanteur.

NOTE 2 Pour l'écoulement par gravité avec une charge hydrostatique donnée, la hauteur de refoulement d'un liquide est proportionnelle à sa masse volumique, ρ . Pour un viscosimètre donné, le temps d'écoulement d'un volume déterminé du liquide est directement proportionnel à sa viscosité cinématique, ν , où $\nu = \eta/\rho$, η étant le coefficient de viscosité dynamique.

1) À publier. (Révision de l'ISO 3105:1976)

3.2 masse volumique, ρ : Masse par unité de volume d'une substance à une température donnée.

3.3 viscosité dynamique, η : Rapport de la contrainte de cisaillement appliquée au gradient de vitesse d'un liquide. On l'appelle parfois le coefficient de viscosité dynamique ou, plus simplement, la viscosité. Ainsi, la viscosité dynamique est une mesure de la résistance d'un liquide à l'écoulement ou à la déformation.

NOTE 3 Le terme «viscosité dynamique» peut également être utilisé dans un autre contexte pour désigner une quantité dépendant de la fréquence pour laquelle la contrainte de cisaillement et le gradient de vitesse sont une fonction sinusoïdale du temps.

4 Principe

Mesurage du temps d'écoulement par gravité d'un volume de liquide donné dans un viscosimètre à capillaire calibré sous une charge de liquide reproductible et à une température contrôlée avec précision. La viscosité cinématique est le produit du temps d'écoulement mesuré par la constante d'étalonnage du viscosimètre.

5 Réactifs et matériaux

5.1 Solution de nettoyage, soit d'acide chromique, soit d'un acide sans chrome mais fortement oxydant.

AVERTISSEMENT — L'acide chromique est dangereux pour la santé. C'est un produit toxique, reconnu comme carcinogène, très corrosif et potentiellement dangereux s'il entre en contact avec des matériaux organiques. S'il est utilisé, il faut porter un masque couvrant la totalité du visage et une combinaison de protection d'une longueur suffisante, ainsi que des gants adaptés. Éviter d'en respirer la vapeur. Après utilisation, évacuer l'acide chromique avec précaution car il reste dangereux. Les solutions de nettoyage non chromiques à fort pouvoir oxydant sont également très corrosives et potentiellement dangereuses, mais elles ne contiennent pas de chrome qui pose des problèmes spécifiques lors de son élimination.

5.2 Solvant d'essai, totalement miscible avec l'échantillon. Filtrer avant utilisation.

NOTE 4 Pour la plupart des échantillons, on peut utiliser un distillat volatil de pétrole ou le naphta. Pour les fuels résiduels, un pré-lavage à l'aide d'un solvant aromatique tel que le toluène ou le xylène peut être nécessaire pour enlever les résidus asphalténiques.

5.3 Solvant de séchage, volatil, miscible avec le solvant d'essai (5.2) et avec l'eau (5.4). Filtrer avant utilisation.

NOTE 5 L'acétone est particulièrement adaptée.

5.4 Eau déionisée ou distillée, conforme à la qualité 3 de l'ISO 3696. Filtrer avant utilisation.

5.5 Huiles d'étalonnage certifiées, utilisées pour contrôler le mode opératoire dans un laboratoire.

6 Appareillage

6.1 Viscosimètre, à capillaire, en verre, étalonné et permettant de mesurer la viscosité cinématique dans les limites de fidélité données dans l'article 14 (voir annexe A).

NOTE 6 Les viscosimètres listés dans le tableau A.1 et dont les spécifications sont conformes à celles de l'ISO 3105, répondent à ces exigences. Il n'est pas prévu de limiter la présente méthode d'essai à la seule utilisation des viscosimètres figurant dans le tableau A.1; l'annexe A fournit plus de détails.

Les viscosimètres automatiques, dont on a démontré la capacité à mesurer la viscosité cinématique dans les limites de fidélité spécifiées dans l'article 14, peuvent également être utilisés. Effectuer une correction d'énergie cinétique (voir ISO 3105) pour toute viscosité cinématique inférieure à 10 mm²/s et pour tout temps d'écoulement inférieur à 200 s.

6.2 Supports de viscosimètre, permettant de maintenir en position verticale avec une précision de 1° dans tous les sens tous les viscosimètres dont le ménisque supérieur se situe rigoureusement au-dessus du ménisque inférieur. Les viscosimètres dont le ménisque supérieur présente un décalage par rapport au ménisque inférieur doivent être suspendus verticalement avec une précision de 0,3° dans tous les sens (voir ISO 3105).

NOTE 7 On peut utiliser un fil à plomb pour vérifier l'alignement des pièces verticales, mais cela peut se révéler insuffisant dans le cas de baignoires rectangulaires à extrémités opaques.

6.3 Bain thermostaté, contenant un liquide transparent d'une profondeur suffisante pour que, lors de la mesure, aucune partie de l'échantillon ne se trouve à moins de 20 mm au-dessous de la surface du liquide du bain ou à moins de 20 mm au-dessus du fond du bain.

Pour chaque série de mesures du temps d'écoulement, le contrôle de température du bain de liquide

doit être tel que, dans l'intervalle 15 °C à 100 °C, la température du liquide dans le bain ne varie pas de plus de $\pm 0,02$ °C par rapport à la température sélectionnée, sur toute la longueur du viscosimètre, dans l'intervalle entre chaque viscosimètre ou dans le logement du thermomètre. Pour des températures en dehors de cet intervalle, la variation ne doit pas dépasser $\pm 0,05$ °C.

6.4 Dispositif de mesure de la température, dans l'intervalle 0 °C à 100 °C, soit des thermomètres étalonnés en verre et à liquide (annexe B) d'une précision minimale après correction de $\pm 0,02$ °C, soit tout autre dispositif thermométrique de précision équivalente ou supérieure. Lorsque deux thermomètres sont employés dans un même bain, ils doivent donner les mêmes résultats à 0,04 °C près.

NOTE 8 Si des thermomètres étalonnés en verre et à liquide sont employés, il est recommandé d'utiliser deux thermomètres.

En dehors de l'intervalle 0 °C à 100 °C, il faut utiliser des thermomètres étalonnés en verre et à liquide d'une précision minimale après correction de $\pm 0,05$ °C. Lorsque deux thermomètres sont employés dans un même bain, ils doivent donner les mêmes résultats à $\pm 0,1$ °C.

6.5 Dispositif de mesure du temps, ayant une sensibilité minimale de 0,1 s, et une précision de $\pm 0,07$ % relatifs (voir annexe C) lorsqu'il est contrôlé sur des intervalles de 200 s et de 900 s.

NOTE 9 Les dispositifs électriques de mesure du temps peuvent être utilisés si la fréquence du courant est contrôlée avec une précision d'au moins 0,05 %. Les courants alternatifs produits par certains réseaux publics sont contrôlés de manière intermittente plutôt que continue, ce qui peut constituer une cause d'erreurs importantes dans la mesure de la viscosité.

7 Étalonnage et vérification

7.1 Vérifier l'étalonnage des viscosimètres conformément au mode opératoire du laboratoire, en utilisant une huile d'étalonnage certifiée (5.5). Si la viscosité cinématique mesurée ne correspond pas, à $\pm 0,35$ % relatifs, à la valeur de référence, chaque étape du mode opératoire doit être vérifiée, y compris l'étalonnage du thermomètre et du viscosimètre, afin de localiser la source de cette anomalie. Le tableau 1 dans l'ISO 3105 donne les détails des normes disponibles.

NOTE 10 Les sources d'erreur les plus courantes sont les particules de poussières qui se logent dans les capillaires et les erreurs de mesure de la température. Il faut

savoir qu'un résultat correct obtenu avec une huile étalon n'exclut pas la possibilité d'une compensation par combinaison des sources d'erreur possibles.

7.2 La constante d'étalonnage, C , dépend de la valeur de l'accélération de la pesanteur à l'endroit où l'étalonnage est effectué. Cette valeur doit donc être indiquée par le laboratoire qui a fait l'étalonnage, en même temps que la constante de l'appareil. Si l'accélération de la pesanteur, g , à l'emplacement de la mesure diffère de plus de 0,1 % de cette valeur, corriger la constante d'étalonnage de la façon suivante:

$$C_2 = (g_2/g_1)C_1$$

où les indices 1 et 2 indiquent respectivement le laboratoire d'étalonnage et le laboratoire de mesure.

8 Mode opératoire général pour la détermination de la viscosité cinématique

8.1 Ajuster et maintenir le bain du viscosimètre à la température d'essai dans les limites fixées en 6.3, en tenant compte des conditions indiquées dans l'annexe B et des corrections fournies sur les certificats d'étalonnage des thermomètres.

Les thermomètres doivent être maintenus en position verticale dans les mêmes conditions d'immersion que celles mises en œuvre lors de leur étalonnage.

NOTE 11 Pour une fiabilité maximale de la mesure des températures, il est recommandé d'employer deux thermomètres avec des certificats d'étalonnage valides (voir 6.4). Il est recommandé de les lire à l'aide d'un dispositif comportant un objectif donnant un agrandissement d'au moins $\times 5$, monté de façon à éviter les erreurs de parallaxe.

8.2 Choisir un viscosimètre propre, sec, étalonné, ayant une échelle qui encadre la viscosité cinématique supposée (c'est-à-dire un capillaire assez large pour un liquide très visqueux et un capillaire plus fin pour un liquide plus fluide). Le temps d'écoulement ne doit pas être inférieur à 200 s ou au temps plus long indiqué dans l'ISO 3105.

NOTE 12 Les détails opératoires varient selon les différents types de viscosimètres énumérés dans le tableau A.1. Les instructions opératoires sur ces différents types sont données dans l'ISO 3105.

8.2.1 Lorsque la température de l'essai est inférieure au point de rosée, adapter des tubes dessiccateurs partiellement remplis aux extrémités ouvertes du viscosimètre. Les tubes dessiccateurs doivent correspondre au type de viscosimètre et ne pas entraver l'écoulement de l'échantillon soumis à l'essai par des pressions créées dans l'appareil. Avec pré-

caution, évacuer l'air humide ambiant du viscosimètre en branchant une aspiration au niveau de l'un des tubes dessiccateurs. Enfin, avant de placer le viscosimètre dans le bain, introduire l'échantillon dans le capillaire de travail et dans l'ampoule de mesure du temps pour éviter la condensation d'humidité ou le givrage sur les parois du capillaire.

8.2.2 Les viscosimètres utilisés pour les silicones fluides, les fluorures de carbone et autres liquides difficiles à éliminer avec un solvant, ne doivent être utilisés que pour la détermination de la viscosité cinématique de tels fluides hormis lors de l'étalonnage. De tels viscosimètres doivent être soumis fréquemment à des contrôles d'étalonnage. Les solvants utilisés pour ces viscosimètres ne doivent pas être utilisés pour d'autres viscosimètres.

9 Détermination de la viscosité des liquides transparents

9.1 Charger le viscosimètre et le placer dans le bain, suivant la forme de l'appareil, cette opération devant être identique à celle effectuée lors de l'étalonnage de l'instrument. Si l'échantillon contient des particules solides, filtrer au cours du chargement, à travers un tamis d'ouverture de maille (75 µm) (voir ISO 3105).

NOTE 13 En général, les viscosimètres utilisés pour les liquides transparents sont du même type que celui énuméré dans le tableau A.1, types A et B.

9.1.1 Avec certains produits qui se comportent comme des gels, prendre soin que les mesures soient effectuées à des températures suffisamment élevées pour que ces produits puissent s'écouler librement, et que des résultats semblables puissent être obtenus avec des viscosimètres dont les capillaires ont des diamètres différents.

9.1.2 Maintenir le viscosimètre chargé dans le bain, suffisamment longtemps pour qu'il atteigne la température d'essai. Un seul bain étant souvent utilisé pour plusieurs viscosimètres, ne jamais ajouter ni retirer un viscosimètre pendant qu'un autre est en fonctionnement. Étant donné que cette durée varie selon les types d'appareils, les températures et les viscosités cinématiques, définir une marge de sécurité en effectuant un essai.

NOTE 14 30 min devraient suffire, sauf pour les viscosités cinématiques les plus élevées.

9.1.3 Si la conception du viscosimètre le nécessite, ajuster le volume de la prise d'essai une fois que l'échantillon a atteint la température d'équilibre.

9.2 Par aspiration (si l'échantillon ne contient pas de composés volatils) ou par pression, ajuster le niveau supérieur de la prise d'essai dans le tube capillaire à 7 mm environ au-dessus du premier repère servant à mesurer le temps d'écoulement, sauf si une autre valeur est indiquée dans les conditions opératoires du viscosimètre. Laisser l'échantillon s'écouler librement, mesurer en secondes, à 0,1 s près (voir 6.5), le temps qu'il faut au ménisque pour passer du premier repère au second. Si ce temps d'écoulement est inférieur au temps d'écoulement minimal spécifié (voir 8.2), choisir un viscosimètre ayant un capillaire de diamètre plus petit et recommencer l'opération.

9.2.1 Recommencer la procédure décrite en 9.2 pour effectuer une deuxième mesure du temps d'écoulement. Noter le résultat.

9.2.2 Si les deux mesures correspondent avec la valeur de déterminabilité indiquée (voir 14.1) pour le produit, utiliser la moyenne pour le calcul de la viscosité cinématique. Si les mesures ne correspondent pas, recommencer la détermination après lavage et séchage rigoureux du viscosimètre et filtrage de l'échantillon. Noter le résultat.

10 Détermination de la viscosité des liquides opaques

10.1 Pour les huiles pour cylindre raffinées à la vapeur et les huiles noires lubrifiantes, aller en 10.2, tout en s'assurant que l'échantillon est réellement représentatif. La viscosité cinématique des fuel-oils résiduels et des produits paraffineux peut être affectée par le passé thermique du produit; les procédures décrites de 10.1.1 à 10.1.6 doivent être suivies pour minimiser ce phénomène.

NOTE 15 En général, les viscosimètres utilisés pour les liquides opaques sont du type «à écoulement inversé» dont la liste est donnée dans le tableau A.1, type C.

10.1.1 Chauffer l'échantillon dans son récipient d'origine, dans une étuve, à $60\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant 1 h.

10.1.2 Bien brasser l'échantillon à l'aide d'une tige adaptée de taille suffisante pour atteindre le fond de l'emballage. Continuer le brassage jusqu'à disparition de tout dépôt boueux ou paraffineux sur la tige.

10.1.3 Boucher le récipient hermétiquement et agiter vigoureusement pendant 1 min.

NOTE 16 Avec des échantillons de nature très paraffineuse ou des échantillons dont la viscosité cinématique est élevée, il peut être nécessaire d'augmenter la tem-

pérature de chauffage au-delà de 60 °C pour réaliser un bon mélange. L'échantillon doit être suffisamment fluide pour permettre facilement le brassage et l'agitation.

10.1.4 Immédiatement après, verser dans une fiole en verre une quantité suffisante de l'échantillon pour remplir deux viscosimètres, puis boucher sans serrer.

10.1.5 Immerger la fiole dans un bain d'eau bouillante pendant 30 min.

NOTE 17 Il convient de prendre des précautions lorsqu'on chauffe à des températures élevées des liquides à forte teneur en eau, car il peut se produire un débordement par suite d'un bouillonnement violent.

10.1.6 Retirer la fiole du bain, boucher hermétiquement et agiter pendant 1 min.

10.2 Charger deux viscosimètres et les placer dans le bain de la manière imposée par la conception de l'appareil. Par exemple, dans le cas de viscosimètres à croisillon ou de viscosimètres BS à tube en U pour les liquides opaques, filtrer l'échantillon à travers un tamis de maille 75 µm directement dans les deux viscosimètres placés préalablement dans le bain. Pour les échantillons soumis à un traitement thermique, utiliser un filtre préchauffé pour éviter la coagulation de l'échantillon pendant le filtrage.

NOTE 18 Les viscosimètres qui sont chargés avant leur introduction dans le bain peuvent nécessiter un préchauffage au four avant le chargement de l'échantillon pour empêcher le refroidissement de l'échantillon au-dessous de la température d'essai.

10.2.1 Après 10 min, ajuster le volume de la prise d'essai (si le type de viscosimètre l'exige) pour le faire coïncider avec les traits de remplissage, selon les spécifications du viscosimètre (voir ISO 3105).

10.2.2 Laisser aux deux viscosimètres chargés le temps d'atteindre la température d'essai (voir note 14). Si un seul bain accueille plusieurs viscosimètres, ne jamais ajouter ni retirer un viscosimètre pendant qu'un autre est en service pour la mesure du temps d'écoulement.

10.3 Laisser l'échantillon s'écouler librement, mesurer en secondes, à 0,1 s près (voir 6.5), le temps qu'il faut au ménisque pour passer du premier repère de chronométrage au second. Noter le résultat.

Dans le cas d'échantillons nécessitant un prétraitement thermique (10.1), les déterminations doivent être terminées au bout de 1 h au plus tard après la fin du prétraitement.

10.4 Calculer la viscosité cinématique moyenne, ν , en mm²/s, à partir des deux déterminations.

Pour les fuel-oils résiduels, si les deux mesures correspondent à la valeur de déterminabilité indiquée (voir 14.1), calculer la moyenne de ces deux mesures et utiliser cette valeur pour le calcul de la viscosité cinématique. Si les mesures ne correspondent pas, recommencer la détermination après lavage et séchage rigoureux du viscosimètre et filtrage de l'échantillon. Noter le résultat.

NOTE 19 Pour les autres liquides opaques, il n'y a pas de données de fidélité disponibles.

11 Nettoyage du viscosimètre

11.1 Entre deux déterminations, nettoyer soigneusement le viscosimètre, en effectuant plusieurs rinçages avec le solvant d'essai (5.2) suivis d'un rinçage avec un solvant de séchage (5.3). Sécher le tube en y faisant passer un léger courant d'air sec filtré durant 2 min ou jusqu'à élimination de toute trace de solvant.

11.2 Nettoyer périodiquement le viscosimètre pendant plusieurs heures à l'aide de la solution de nettoyage (ATTENTION — voir 5.1) afin d'éliminer les dépôts organiques résiduels et rincer à l'eau (5.4) puis au solvant de séchage (5.3), avant de sécher à l'aide d'air sec filtré ou d'une aspiration sous vide. Éliminer tout dépôt inorganique par un traitement à l'acide chlorhydrique avant l'utilisation d'une solution de nettoyage acide, en particulier si l'on soupçonne la présence de sels de baryum.

11.3 L'utilisation de solutions de nettoyage alcalines est à proscrire, car il peut se produire des modifications de l'étalonnage des viscosimètres.

12 Calculs

12.1 Calculer la viscosité cinématique, ν , à partir du temps d'écoulement mesuré, t , et de la constante, C , du viscosimètre, au moyen de l'équation suivante:

$$\nu = C \times t$$

où

ν est la viscosité cinématique, en millimètres carrés par seconde;

C est la constante d'étalonnage du viscosimètre, en millimètres carrés par seconde carrée [mm²/s²];

t est le temps d'écoulement, en secondes.

12.2 Calculer la viscosité dynamique, η , à partir de la viscosité cinématique calculée, ν , et de la masse volumique, ρ , au moyen de l'équation suivante:

$$\eta = \nu \times \rho \times 10^{-3}$$

où

η est la viscosité dynamique, en millipascals secondes;

ρ est la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, à la même température que lors de la détermination de la viscosité cinématique;

ν est la viscosité cinématique, en millimètres carrés par seconde.

NOTE 20 La masse volumique de l'échantillon peut être déterminée à l'aide d'une méthode appropriée comme celle préconisée par l'ISO 3675. Elle peut être corrigée par rapport à la température d'essai à l'aide de l'ISO 91-1.

13 Expression des résultats

Noter les résultats d'essai pour la viscosité cinématique et/ou dynamique à quatre chiffres significatifs, ainsi que la température d'essai.

14 Fidélité

14.1 Déterminabilité (d)

La différence entre des résultats d'essais successifs obtenus par le même opérateur dans le même laboratoire, avec le même appareillage, dans des conditions opératoires identiques et sur un même produit, ne doit, au cours d'une longue série d'essais effectués en appliquant correctement et normalement la méthode d'essai, dépasser les valeurs ci-dessous qu'une fois sur vingt:

Huiles de base à 40 °C et à 100 °C²⁾:

0,0020y (0,20 %)

Huiles formulées à 40 °C et à 100 °C³⁾:
0,0013y (0,13 %)

Huiles formulées à 150 °C⁴⁾:
0,015y (1,5 %)

Cire de pétrole à 100 °C⁵⁾:
0,0080y (0,80 %)

Fuel-oils résiduels à 80 °C et à 100 °C⁶⁾:
0,011(y + 8)

Fuel-oils résiduels à 50 °C⁶⁾:
0,017y (1,7 %)

où y est la moyenne des déterminations comparées.

14.2 Répétabilité (r)

La différence entre deux résultats d'essais successifs, obtenus par le même opérateur utilisant le même appareillage dans des conditions opératoires identiques et sur un même produit, ne doit, au cours d'une longue série d'essais effectués en appliquant correctement et normalement la méthode d'essai, dépasser les valeurs suivantes qu'une fois sur vingt:

Huiles de base à 40 °C et à 100 °C²⁾:
0,0011x (0,11 %)

Huiles formulées à 40 °C et à 100 °C³⁾:
0,0026x (0,26 %)

Huiles formulées à 150 °C⁴⁾:
0,0056x (0,56 %)

Cire de pétrole à 100 °C⁵⁾:
0,00141x^{1,2}

Fuel-oils résiduels à 80 °C et à 100 °C⁶⁾:
0,013(x + 8)

2) Ces valeurs de fidélité ont été obtenues à partir de l'examen statistique des résultats d'essais interlaboratoires de six huiles minérales dans l'intervalle 8 mm²/s à 1 005 mm²/s à 40 °C, et dans l'intervalle 2 mm²/s à 43 mm²/s à 100 °C. Elles ont été publiées pour la première fois en 1989.

3) Ces valeurs de fidélité ont été obtenues à partir de l'examen statistique des résultats d'essais interlaboratoires de sept huiles pour moteur formulées dans l'intervalle 36 mm²/s à 340 mm²/s à 40 °C, et dans l'intervalle 6 mm²/s à 25 mm²/s à 100 °C. Elles ont été publiées pour la première fois en 1991.

4) Ces valeurs de fidélité ont été obtenues à partir de l'examen statistique des résultats d'essais interlaboratoires de huit huiles pour moteur formulées dans l'intervalle 7 mm²/s à 19 mm²/s à 150 °C. Elles ont été publiées pour la première fois en 1991.

5) Ces valeurs de fidélité ont été obtenues à partir de l'examen statistique des résultats d'essais interlaboratoires de cinq cires de pétrole dans l'intervalle 3 mm²/s à 16 mm²/s à 100 °C. Elles ont été publiées pour la première fois en 1988.

6) Ces valeurs de fidélité ont été obtenues à partir de l'examen statistique des résultats d'essais interlaboratoires de quatorze fuel-oils résiduels dans l'intervalle 30 mm²/s à 1 300 mm²/s à 50 °C et dans l'intervalle 5 mm²/s à 170 mm²/s à 80 °C et à 100 °C. Elles ont été publiées pour la première fois en 1984.

Fuel-oils résiduels à 50 °C⁶⁾:
0,015x (1,5 %)

où x est la moyenne des résultats comparés.

14.3 Reproductibilité (R)

La différence entre deux résultats uniques et indépendants, obtenus par différents opérateurs travaillant dans des laboratoires différents sur un même produit, ne doit, au cours d'une longue série d'essais effectués en appliquant correctement et normalement la méthode d'essai, dépasser les valeurs suivantes qu'une fois sur vingt:

Huiles de base à 40 °C et à 100 °C²⁾:
0,0065x (0,65 %)

Huiles formulées à 40 °C et à 100 °C³⁾:
0,0076x (0,76 %)

Huiles formulées à 150 °C⁴⁾:
0,018x (0,18 %)

Cire de pétrole à 100 °C⁵⁾:
0,0366x^{1,2}

Fuel-oils résiduels à 80 °C et à 100 °C⁶⁾:
0,04(x + 8)

Fuel-oils résiduels à 50 °C⁶⁾:
0,074x (7,4 %)

où x est la moyenne des résultats comparés.

NOTE 21 La fidélité pour les huiles usagées n'a pas été déterminée, mais elle devrait être inférieure à celle pour les huiles formulées. À cause de la variété extrême de ces huiles usagées, la détermination de la fidélité pour les huiles usagées n'est pas envisagée.

15 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comporter au moins les indications suivantes:

- des détails suffisants pour l'identification du produit soumis à l'essai;
- une référence à la présente Norme internationale ou une norme nationale correspondante;
- le résultat de l'essai (voir article 13);
- toute modification au mode opératoire spécifié, résultant d'un accord ou d'autres circonstances;
- la date de l'essai;
- le nom et l'adresse du laboratoire d'essais.