

# NORME INTERNATIONALE

ISO  
4267-2

Première édition  
1988-12-01



---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION  
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

---

## Pétrole et produits pétroliers liquides — Calcul des quantités de pétrole —

Partie 2 :  
Mesurage dynamique

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

*Petroleum and liquid petroleum products — Calculation of oil quantities —*

*Part 2 : Dynamic measurement* <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d8b3a38-85a7-4c7b-a09d-b30252005c11/iso-4267-2-1988>

## 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 approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 4267-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 28, *Produits pétroliers et lubrifiants*.

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d8b3a38-85a7-4c7b-a09d-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d8b3a38-85a7-4c7b-a09d-b30252005c11/iso-4267-2-1988)

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

## Sommaire

	Page
<b>0</b> Introduction .....	1
<b>1</b> Objet et domaine d'application .....	1
<b>2</b> Références .....	1
<b>3</b> Définitions .....	2
<b>4</b> Hiérarchie des précisions .....	2
<b>4.1</b> Objet et implications .....	2
<b>4.2</b> Hiérarchie .....	2
<b>5</b> Principaux facteurs de correction .....	2
<b>5.1</b> Objet et implications .....	2
<b>5.2</b> $C_{is}$ .....	3
<b>5.3</b> $C_{ps}$ .....	4
<b>5.4</b> $C_{pl}$ .....	4
<b>5.5</b> $C_{fl}$ .....	5
<b>6</b> Calcul du volume de l'étalon .....	5
<b>6.1</b> Objet et implications .....	5
<b>6.2</b> Jauges étalons .....	5
<b>6.3</b> Règle d'arrondissement — Étalons .....	5
<b>6.4</b> Température et pression .....	6
<b>6.5</b> Calcul des volumes de référence .....	6
<b>6.6</b> Corrections appliquées aux volumes mesurés avec la méthode par soutirage d'eau .....	6
<b>6.7</b> Exemple de calcul — Tube étalonné par la méthode de l'eau soutirée à l'aide de jauges étalons .....	6
<b>6.8</b> Exemple de calcul — Réservoir étalon par la méthode de l'eau soutirée à l'aide de jauges étalons .....	8
<b>6.9</b> Exemple de calcul — Tube étalon par la méthode du compteur pilote .....	9

iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 4267-2:1988  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d8b3a38-85a7-4c7b-a09d-2005c11/iso-4267-2-1988>

<b>7</b>	Calcul du coefficient du compteur .....	12
7.1	Objet et implications .....	12
7.2	Température et pression .....	12
7.3	Règle d'arrondissement — Coefficient du compteur .....	12
7.4	Calcul du coefficient de compteur d'un compteur volumétrique à l'aide d'un réservoir étalon .....	14
7.5	Calcul du coefficient d'un compteur à turbine à l'aide d'un tube étalon ....	15
7.6	Calcul d'un coefficient de compteur dans des conditions normales pour un compteur à déplacement à l'aide d'un compteur pilote .....	19
<b>8</b>	Calcul du facteur <i>K</i> .....	20
8.1	Objet et implications .....	20
8.2	Température et pression .....	20
8.3	Règle d'arrondissement — Facteurs <i>K</i> .....	20
8.4	Calcul du facteur <i>K</i> pour un compteur à turbine, à l'aide d'un tube étalon .	21
<b>9</b>	Calcul des tickets de comptage .....	22
9.1	Objet et implications .....	22
9.2	Règle d'arrondissement — Tickets de comptage .....	22
9.3	Facteurs de correction et précision .....	22
<b>Annexe A</b>	Facteurs de correction pour l'effet de la température et de la pression sur l'acier .....	24

iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 4267-2:1988  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d8b3a38-85a7-4c7b-a09d-b30252005c11/iso-4267-2-1988>

# Pétrole et produits pétroliers liquides — Calcul des quantités de pétrole —

## Partie 2 : Mesurage dynamique

### 0 Introduction

Avant la publication de ce document, il existait un manque de cohérence lié à des interprétations légèrement différentes des termes et des expressions telles que celles utilisées dans les calculs de mesurage dynamique. Comme les informations étaient dispersées dans de nombreuses normes, il était difficile de comparer rapidement les différents modes de calcul.

Les règles d'arrondissement des calculs et le choix du nombre de chiffres significatifs à retenir pour chaque calcul étaient sujets à de nombreuses interprétations. Il convenait donc de définir les règles s'appliquant à l'ordre des opérations, aux arrondis et aux chiffres significatifs, qui permettraient à différents opérateurs d'obtenir des résultats identiques à partir des mêmes données. L'objet de ce document est, entre autres, de définir l'ensemble minimal de règles requises. Rien dans ce document ne s'oppose à l'utilisation de mesures plus précises de température, de pression et de densité, de chiffres significatifs supplémentaires, dès lors que les parties concernées y consentent mutuellement.

L'objectif de ce document est d'harmoniser et de normaliser les calculs liés au mesurage des produits pétroliers liquides et de clarifier les termes et les expressions en éliminant les variantes de tels termes particulières à chaque pays. L'objet de la normalisation des calculs est d'aboutir au même résultat à partir de données identiques quel que soit le système de calcul utilisé.

Bien que les normes de l'ISO/TC 28 appliquent une température de référence de 15 °C, il est admis que, dans certains pays, soient appliquées d'autres températures de référence, notamment 20 °C, 12 °C et 60 °F.

La présente Norme internationale fixe les niveaux minima de précision pour les calculs industriels, mais si les parties concernées souhaitent se mettre d'accord sur des exigences plus strictes, il est important de prouver que de telles exigences peuvent être satisfaites. Les futurs progrès technologiques dans le domaine de l'étalonnage et du fonctionnement des compteurs peuvent justifier des exigences plus strictes pour les modes de calcul.

### 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale définit les différents termes (qu'il s'agisse de mots ou de symboles) employés dans les cal-

culs des quantités de pétrole. Lorsque deux ou plusieurs termes sont utilisés dans l'industrie pétrolière pour désigner la même chose dans des transactions commerciales, un seul terme a été choisi.

La présente Norme internationale spécifie également les équations permettant le calcul des facteurs de correction. Elle formule également des règles concernant l'ordre des opérations, les arrondis et les chiffres significatifs à utiliser dans les calculs.

Elle fournit des tables qui peuvent être utilisées pour obtenir des facteurs de correction spécifiques lorsqu'on ne souhaite pas effectuer des calculs manuels ou informatiques. Sont également inclus dans cette norme, le calcul des volumes de référence des étalons, les coefficients des compteurs et les tickets de comptage.

Le domaine d'application de la présente Norme internationale concerne le mesurage volumétrique des hydrocarbures liquides, y compris des gaz liquéfiés, par compteur et étalon. Bien que cela s'avère utile dans certains cas, les fluides diphasiques sont exclus, sauf les pétroles bruts renfermant des sédiments et de l'eau.

### 2 Références

ISO 91-1, *Tables de mesure du pétrole — Partie 1 : Tables basées sur les températures de référence de 15 °C et 60 °F.*

ISO 2715, *Hydrocarbures liquides — Mesurage volumétrique au moyen de compteurs à turbine.*

ISO 5024, *Produits pétroliers liquides et gazeux — Mesurage — Conditions normales de référence.*

ISO 7278-2, *Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique — Systèmes d'étalonnage pour compteurs de volume — Partie 2 : Tubes étalons.*<sup>1)</sup>

ISO 8222, *Systèmes de mesure du pétrole — Étalonnage — Corrections de température pour utilisation avec les systèmes de mesure de référence volumétrique.*

ISO 9770, *Produits pétroliers — Facteurs de compressibilité des hydrocarbures dans la plage de 638 kg/m<sup>3</sup> à 1 074 kg/m<sup>3</sup>.*<sup>1)</sup>

1) Actuellement au stade de projet.

### 3 Définitions

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

**3.1 volume de référence (BV):** Volume de l'étalon dans ses conditions de référence.

**3.2 volume indiqué (IV):** Variation de l'indication du compteur à la suite du passage de liquide à travers le compteur.

**3.3 facteur  $K$ :** Nombre d'impulsions émises par un compteur par unité de volume délivré.

$$\text{Facteur } K = \frac{\text{nombre d'impulsions émises par le compteur}}{\text{volume délivré par le compteur}}$$

**3.4 ticket de comptage:** Terme général qui définit le document reconnaissant la réception ou la livraison d'une quantité de pétrole brut ou de produit pétrolier; ce document comporte l'enregistrement des données de mesurage (voir chapitre 9). Il peut s'agir d'un formulaire à remplir, d'une impression de données ou d'un affichage de données en fonction du degré d'automatisation utilisé (commande à distance, informatisation). Autrefois dénommé «ticket de réception et de livraison» et «run ticket» dans les pays anglo-saxons.

**3.5 coefficient du compteur:** Quotient du volume vrai du liquide ayant traversé le compteur par le volume indiqué par le compteur.

$$\text{Coefficient du compteur} = \frac{\text{volume qui a traversé le compteur}}{\text{volume indiqué par le compteur}}$$

**3.6 volume net (aux conditions de référence):** Volume total (voir 3.9) diminué du volume d'eau et sédiments ayant traversé le compteur.

NOTE — Pour les produits raffinés, le volume total de référence et le volume net de référence sont généralement égaux.

**3.7 indication ou indication du compteur:** Affichage instantané du volume du compteur. Voir *volume indiqué*.

**3.8 conditions de référence:** Pour les mesures du pétrole et des produits raffinés, les conditions de référence sont, pour la pression, 101,325 kPa (1,013 25 bar) et, pour la température, 15 °C, sauf pour les liquides dont la pression de vapeur est supérieure à la pression atmosphérique à 15 °C. Dans ce cas, la pression de référence est la pression d'équilibre à 15 °C (voir l'ISO 5024).

**3.9 volume total (aux conditions de référence):** Volume brut ramené à la température et également à la pression de référence.

**3.10 volume brut:** Volume indiqué multiplié par le coefficient du compteur pour le liquide et le débit concerné, sans correction de température ni de pression. Il inclut la totalité de l'eau et les sédiments ayant traversé le compteur.

### 4 Hiérarchie des précisions

#### 4.1 Objet et implications

**4.1.1** Il existe une hiérarchie inévitable ou naturelle des précisions dans le mesurage du pétrole. Au niveau supérieur, se situent les essais qui sont généralement certifiés par une instance gouvernementale ou un laboratoire agréé, raccordé aux étalons nationaux. De ce niveau supérieur vers les niveaux inférieurs, toute incertitude issue d'un niveau supérieur doit se répercuter à tous les niveaux inférieurs comme un biais, c'est-à-dire comme une erreur systématique. On ignore si ce biais sera positif ou négatif; l'incertitude comporte les deux possibilités.

**4.1.2** Pour un niveau inférieur de la hiérarchie, il est irréaliste de s'attendre à une incertitude égale ou inférieure à celle qui existe à un niveau supérieur. La seule façon de réduire la composante aléatoire des incertitudes, pour un système ou une méthode donnée de mesurage, est d'augmenter le nombre de mesures et d'en établir la moyenne. Le nombre de chiffres obtenus lors des calculs intermédiaires d'une valeur peut être plus important aux niveaux supérieurs de la hiérarchie.

#### 4.2 Hiérarchie

**4.2.1** Dans la présente Norme internationale, la hiérarchie des précisions se présente en général comme indiqué dans le tableau 1.

**4.2.2** Les règles d'arrondissement, de troncature et d'enregistrement des valeurs finales sont données pour chaque niveau de hiérarchie.

### 5 Principaux facteurs de correction

#### 5.1 Objet et implications

**5.1.1** La désignation des facteurs de correction par des symboles plutôt que par des mots est recommandée, premièrement pour abrégier leur formulation, deuxièmement pour permettre les calculs algébriques, troisièmement pour mettre en évidence leurs similitudes, en fonction uniquement du liquide ou du métal concerné, enfin, pour éliminer plus radicalement les risques de confusion. Citons, à titre d'exemple, la différence entre la compressibilité ( $F$ ) d'un liquide et le facteur de correction ( $C_{pl}$ ) qui est une fonction de  $F$ .

On compte six facteurs principaux de correction qui sont utilisés dans le calcul des quantités de liquide.

**5.1.2** Le premier de ces six facteurs est le coefficient du compteur MF, valeur abstraite appelée «coefficient du compteur» qui permet de corriger le volume indiqué par un compteur ou un accessoire de compteur, par rapport au volume vrai, que ce volume soit brut ou corrigé (voir chapitre 7). Dans certains cas, le facteur  $K$  est utilisé à sa place, ou concurremment avec le coefficient du compteur (voir chapitre 8).

Tableau 1 — Hiérarchie des précisions

Chapitre	Niveau de hiérarchie	Facteurs de correction et calcul intermédiaires à:	Chiffres significatifs du volume	Détermination de la température et pression pour les données de calculs
6	Étalon étalonnage	6 décimales <sup>1)</sup>	5	0,05 °C 50 kPa <sup>2)</sup>
7	Coefficient du compteur	4 décimales	5	0,25 °C <sup>3)</sup> 50 kPa <sup>2)</sup>
8	Facteur <i>K</i>	4 décimales	5	0,25 °C <sup>3)</sup> 50 kPa <sup>2)</sup>
9	Ticket de comptage	4 décimales	5	0,50 °C <sup>3)</sup> 50 kPa <sup>2)</sup>

1) Quand l'eau est utilisée comme liquide d'étalonnage, les facteurs de correction relatifs à l'influence de la température et de la pression sur le liquide d'étalonnage doivent comporter 6 décimales.

Lorsqu'un hydrocarbure est utilisé comme liquide d'étalonnage, on doit calculer les facteurs de correction relatifs à l'influence de la température et de la pression sur le liquide d'étalonnage, en utilisant les procédures définies dans l'ISO 91-1. Les facteurs de correction calculés d'après l'ISO 91-1 seront limités à 5 chiffres significatifs (4 ou 5 décimales). Il peut survenir des cas où le personnel chargé de l'étalonnage n'est pas en mesure de calculer les valeurs suivant les procédures de l'ISO 91-1, mais a malgré tout accès aux tables imprimées de l'ISO 91-1. Dans ces conditions, l'interpolation linéaire de ces tables est acceptable sur une plage limitée, pour corriger la différence de température entre le compteur pilote et l'étalon pendant l'étalonnage.

2) Pour toutes les hiérarchies précitées, les pressions seront lues, enregistrées et arrondies à 50 kPa près (0,5 bar). Quand l'échelle du manomètre autorise une tolérance plus faible, les indications doivent être lues, notées et arrondies à la graduation la plus proche.

3) L'utilisation d'un dispositif permettant de déterminer la température avec un niveau d'incertitude inférieur à celui indiqué dans le tableau 1 est acceptable dans la mesure où l'installation, l'entretien, le fonctionnement et les méthodes d'étalonnage garantissent la précision du dispositif de mesurage des températures au niveau choisi.

ISO 4267-2:1988

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d8b3a38-85a7-4c7b-a09d-2020-iso-4267-2>

**5.1.3** Les quatre facteurs de correction suivants sont appliqués au calcul des quantités de liquide. Ils s'imposent du fait des changements de volume causés par la température et la pression, à la fois sur le réservoir (généralement en acier doux) et sur le liquide considéré. Ces quatre facteurs de correction sont les suivants:

$C_{ts}$  ou (CTS) ... facteur de correction rendant compte de l'effet de la température sur l'acier (voir 5.2)

$C_{ps}$  ou (CPS) ... facteur de correction rendant compte de l'effet de la pression sur l'acier (voir 5.3)

$C_{pl}$  ou (CPL) ... facteur de correction rendant compte de l'effet de la pression sur le liquide (voir 5.4)

$C_{tl}$  ou (CTL) ... facteur de correction rendant compte de l'effet de la température sur le liquide (voir 5.5)

**5.1.4** Il existe enfin un facteur de correction  $C_{sw}$  (ou CSW) permettant de tenir compte de la présence des sédiments et de l'eau dans le pétrole (voir 9.3.1).

**5.1.5** Des mentions supplémentaires peuvent être ajoutées aux notations symboliques ci-dessus, pour mettre en évidence la partie de la chaîne de mesure à laquelle elles s'appliquent, notamment «p» pour l'étalon, «m» pour le compteur et «M» pour la mesure.

Tandis que cette norme utilise la notation habituelle en minuscules, la notation en majuscules s'impose pour les programmes

sur ordinateur et convient à la dactylographie. Dans de tels cas, on aura «SM» pour mesure et «M» pour compteur.

**5.1.6** La méthode recommandée pour corriger des volumes avec deux ou plusieurs méthodes est d'obtenir premièrement un FCC (facteur combiné de correction), en multipliant les différents facteurs de correction dans un ordre donné et en arrondissant à chaque étape. Multiplier seulement alors le volume par le FCC. L'ordre prescrit est MF,  $C_{ts}$ ,  $C_{ps}$ ,  $C_{pl}$ ,  $C_{tl}$  et  $C_{sw}$ , en omettant tout facteur qui ne serait pas utile dans le calcul.

NOTE — Cet ordre d'application des six facteurs de correction est considéré comme théoriquement correct. Toutefois, on reconnaît que dans certains cas où l'on utilise des dispositifs mécaniques ou électroniques pour appliquer un ou plusieurs de ces facteurs, l'ordre peut être modifié. Ceci est particulièrement vrai pour des compteurs à compensation de température. Cependant, si l'on détermine les facteurs de correction en utilisant la base correcte de température, de pression et de masse volumique, la valeur numérique du facteur combiné de correction (FCC) ne différera pas de façon significative de la valeur théorique.

**5.1.7** Dans une même opération, effectuer toutes les multiplications avant de faire les divisions.

## 5.2 $C_{ts}$

**5.2.1** Le volume d'un réservoir métallique, qu'il s'agisse d'un tube étalon, d'un réservoir ou d'une jauge étalon, subit des modifications lorsqu'il est soumis à des variations de température. La variation de volume, quelle que soit la forme de l'étalon,

est directement proportionnelle à la variation de température de la matière dont est fait le réservoir. Le facteur de correction applicable à l'effet de la température sur l'acier ( $C_{ts}$ ) s'obtient de la façon suivante :

$$C_{ts} = 1 + (t - 15) \gamma \quad \dots (1)$$

où

$t$  est la température des parois du réservoir, en degrés Celsius;

$\gamma$  est le coefficient de dilatabilité thermique par degré Celsius de la matière dont est fait le réservoir.

Donc  $C_{ts}$  est supérieur à 1, si la température  $t$  est supérieure à 15 °C et inférieur à 1 dans le cas contraire.

**5.2.2** La valeur de  $\gamma$  est  $3,3 \times 10^{-5}$  (ou 0,000 033 par degré Celsius) pour les aciers doux ou à faible teneur en carbone et présente un intervalle de  $4,30$  à  $5,20 \times 10^{-5}$  par degré Celsius pour les aciers inoxydables de la série 300. La valeur utilisée dans les calculs doit être celle qui figure sur le certificat délivré par l'organisme chargé de l'étalonnage ou par le fabricant de l'étalon. Les tables des valeurs  $C_{ts}$  correspondant à la température observée figurent dans les tableaux 4 et 5 de l'annexe A de la présente Norme internationale, les valeurs applicables aux aciers inoxydables étant basées sur une valeur type de  $\gamma$  de  $5,10 \times 10^{-5}$  pour les aciers inoxydables de la série 300.

**5.2.3** Si l'on connaît le volume du récipient à la température normale (15 °C), on peut calculer ce volume à toute autre température ( $t$ ) en appliquant la formule

$$V_t = V_{15} \times C_{ts} \quad \dots (2)$$

**5.2.4** Inversement, si l'on connaît le volume du réservoir à une température quelconque ( $t$ ), on peut calculer le volume à la température normale (15 °C), en appliquant la formule

$$V_{15} = V_t / C_{ts} \quad \dots (3)$$

### 5.3 $C_{ps}$

**5.3.1** Si un réservoir métallique tel qu'un réservoir étalon, un tube étalon ou une jauge étalon est soumis à une pression interne, ses parois vont se déformer de façon élastique et son volume va changer en conséquence.

Bien que des éléments simplifiés entrent dans les équations ci-dessous, on peut, pour des raisons pratiques, calculer le facteur de correction rendant compte de l'effet de la pression interne sur le volume d'un réservoir cylindrique ( $C_{ps}$ ) de la façon suivante :

$$C_{ps} = 1 + PD/ET \quad \dots (4)$$

où

$P$  est la pression interne, en kilopascals, au manomètre;

$D$  est le diamètre interne, en millimètres;

$E$  est le module d'élasticité applicable à la matière du réservoir, à savoir  $2,1 \times 10^8$  kPa pour l'acier doux ou  $1,9$  à  $2 \times 10^8$  kPa pour les aciers inoxydables;

$T$  est l'épaisseur, en millimètres, de la paroi du réservoir.

**5.3.2** On trouvera dans les tableaux 6 à 7 de l'annexe A de la présente Norme internationale, les valeurs  $C_{ps}$  applicables aux dimensions et à l'épaisseur de paroi spécifiques des tubes étalons en acier doux, en fonction de la pression. Si l'on connaît le volume du réservoir à la pression atmosphérique ( $V_{atmos}$ ), pression relative nulle, on peut calculer le volume à toute autre pression ( $P$ ) comme suit :

$$V_p = V_{atmos} \times C_{ps} \quad \dots (5)$$

**5.3.3** Si l'on connaît le volume à une pression relative quelconque  $P$ , le volume équivalent à la pression atmosphérique s'obtient de la façon suivante :

$$V_{atmos} = V_p / C_{ps} \quad \dots (6)$$

### 5.4 $C_{pl}$

**5.4.1** Le volume d'un liquide est inversement proportionnel à la pression s'exerçant sur ce liquide. Le facteur de correction rendant compte de la pression sur un volume de produit pétrolier liquide est appelé  $C_{pl}$  et s'obtient de la façon suivante :

$$C_{pl} = \frac{1}{1 - (P - P_e) F} \quad \dots (7)$$

$P$  est la pression relative, en kilopascals;

$P_e$  est la pression relative de vapeur d'équilibre à la température de mesurage du liquide, en kilopascals [ $P_e$  est égal à 0 kPa en pression relative pour les liquides dont la pression de vapeur d'équilibre est inférieure à la pression atmosphérique (101,325 kPa en pression absolue) à la température du mesurage];

$F$  est le facteur de compressibilité des hydrocarbures d'après l'ISO 9770 (ce facteur est déterminé à la température de fonctionnement du compteur et pour une masse volumique du pétrole à 15 °C; pour l'eau, les facteurs de compressibilité sont donnés dans le tableau 2 pour différentes températures).

Tableau 2 – Facteur de compressibilité isothermique de l'eau

Température °C	Facteur de compressibilité kPa <sup>-1</sup>
5	$4,9 \times 10^{-7}$
10	$4,8 \times 10^{-7}$
15	$4,7 \times 10^{-7}$
20	$4,6 \times 10^{-7}$
25	$4,5 \times 10^{-7}$
30	$4,5 \times 10^{-7}$
35	$4,4 \times 10^{-7}$
40	$4,4 \times 10^{-7}$
45	$4,4 \times 10^{-7}$
50	$4,4 \times 10^{-7}$

**5.4.2** Si  $P_e$  est égal à zéro (pression relative) l'équation (7) devient

$$C_{pl} = \frac{1}{1 - PF} \quad \dots (8)$$

**5.4.3** Si  $P_e$  est supérieur à 0 kPa (pression relative), on doit appliquer l'équation (7).

NOTE — Dans la pratique, on peut mesurer  $P_e$  de la façon suivante, quand on étalonne un compteur à l'aide d'un tube étalon :

a) à la fin du dernier étalonnage, arrêter l'écoulement dans le tube et isoler celui-ci du circuit en fermant les robinets appropriés;

b) réduire la pression exercée dans le tube étalon en purgeant du liquide, jusqu'à ce que la pression au manomètre cesse de baisser. Ceci implique qu'une phase vapeur s'est formée et que le liquide a atteint sa pression de vapeur d'équilibre. Fermer le robinet de purge et lire  $P_e$  sur le manomètre, en notant la température à cet instant. Le mode opératoire ci-dessus peut servir à déterminer  $P_e$  en présence de mélanges liquides non conformes aux tables publiées donnant les valeurs de  $P_e$  en fonction de la température, ou être utilisé en routine.

**5.4.4** Si l'on connaît le volume d'un liquide à faible pression de vapeur à une pression quelconque ( $V_p$ ), le volume équivalent à la pression de référence (pression relative à 0 kPa ou  $V_{atmos}$ ) s'obtient de la façon suivante :

$$V_{atmos} = V_p \times C_{pl} \quad \dots (9)$$

**5.4.5** Si l'on connaît le volume d'un liquide à faible pression de vapeur, on peut en déduire le volume équivalent à une pression quelconque,  $V_p$ , de la façon suivante :

$$V_p = V_{atmos} / C_{pl} \quad \dots (10)$$

**5.4.6** Si l'on connaît le volume d'un liquide ayant une pression de vapeur élevée à une température ( $t$ ) et une pression ( $P$ ) de mesurage quelconques, la correction de pression s'effectue en deux étapes. Le volume équivalent à cette pression de vapeur d'équilibre  $P_e$  du liquide à la température de mesurage s'obtient de la façon suivante :

$$V_{pe} = V_p \times C_{pl} \quad \dots (11)$$

où

$$C_{pl} \text{ résulte de l'équation (7).}$$

Lorsque le volume subit à son tour une correction de température à 15 °C d'après l'équation (12), la valeur de  $C_{tl}$  issue de la table appropriée ou calculée permet également de corriger le volume en fonction d'un changement de pression se produisant entre  $P_e$  à la température de mesurage et la pression de vapeur d'équilibre à la température de 15 °C. Il convient de noter que bien que  $P_e$  à la température de mesurage  $t$  puisse être supérieur à la pression atmosphérique de référence (101,325 kPa en pression absolue), la pression de vapeur d'équilibre à 15 °C peut être descendue à la pression atmosphérique ou en-dessous. Comme l'indique le commentaire de l'équation (7), la différence entre un liquide à faible pression de vapeur et un liquide à forte pression de vapeur dépend du fait que la pression de vapeur d'équilibre est inférieure ou supérieure à la pression atmosphérique à la température de mesurage.

## 5.5 $C_{tl}$

**5.5.1** Si une quantité de produit pétrolier est soumise à un changement de température, sa variation de volume est fonction de l'amplitude de température, de l'intervalle de température où intervient cette variation de la masse volumique du liquide.

Les valeurs de  $C_{tl}$  par rapport à 15 °C sont extraites des tables de l'ISO 91-1.

**5.5.2** Si l'on connaît le volume d'un produit pétrolier à une température quelconque ( $t$ ), on peut calculer le volume équivalent à la température normale (15 °C) de la façon suivante :

$$V_{15} = V_t \times C_{tl} \quad \dots (12)$$

**5.5.3** Si l'on connaît le volume d'un produit pétrolier liquide à 15 °C, le volume équivalent à une température ( $t$ ) s'obtient de la façon suivante :

$$V_t = V_{15} / C_{tl} \quad \dots (13)$$

## 6 Calcul du volume de l'étalon

### 6.1 Objet et implications

**6.1.1** Le jaugeage d'un étalon a pour objet la détermination de son volume de base qui est le volume de cet étalon dans les conditions de référence. Les modes opératoires à appliquer pour un tube étalon sont décrits dans l'ISO 7278-2.

**6.1.2** Le volume de référence est exprimé en mètres cubes ou en litres. Alors que les unités de volume (par exemple le litre) ne varient ni en fonction de la pression, ni en fonction de la température, le volume d'un étalon métallique, lui, varie. Par conséquent, la définition du volume de référence d'un étalon ou d'une jauge étalon doit être spécifiée dans des conditions de référence, à savoir 15 °C et 101,325 kPa en pression absolue (pression atmosphérique).

### 6.2 Jauges étalons

Les jauges étalons servant à étalonner les dispositifs d'étalonnage doivent être certifiées par un organisme gouvernemental ou un laboratoire agréé raccordé aux étalons nationaux. Leur volume certifié est indiqué en unités de mesure pour des conditions de référence données. L'incertitude des jauges étalons constitue le principal facteur d'incertitude dans la détermination du volume de référence des dispositifs d'étalonnage.

### 6.3 Règle d'arrondissement — Étalons

Lorsqu'on calcule le volume d'un étalon, déterminer les différents facteurs de correction à 6 décimales en appliquant la formule appropriée (4 ou 5 décimales pour les valeurs  $C_{tl}$  lorsqu'on utilise les hydrocarbures). Noter le facteur combiné de correction (CCF) arrondi à 6 décimales.

Si l'on utilise la méthode de l'eau soutirée, chaque volume étalon doit être corrigé par le  $C_{tdw}$  [voir 6.6.1a)] et le  $C_{tsM}$

[voir 6.6.1b)]. Le volume ainsi corrigé est arrondi au même nombre de chiffres significatifs que le volume non corrigé. Les volumes corrigés sont additionnés puis divisés par  $C_{isp}$ ,  $C_{psp}$  et  $C_{plp}$  [voir 6.6.1c)]. Ce volume est alors arrondi à 5 chiffres significatifs.

**6.4 Température et pression**

Pendant l'étalonnage avec la méthode de l'eau soutirée, la température et la pression de l'eau dans le dispositif d'étalonnage en début d'étalonnage sont observées et notées. De la même façon, les températures de l'eau lors des différents prélèvements dans les jauges étalons sont enregistrées et notées lorsqu'on relève le volume de la jauge étalon.

Pendant l'étalonnage d'un dispositif d'étalonnage par la méthode du compteur pilote, la température et la pression du liquide sont observées et relevées au niveau de l'étalon et du compteur.

On doit lire, noter et arrondir les températures et les pressions comme l'indique le tableau 1.

**6.5 Calcul des volumes de référence**

On trouvera dans l'ISO 7278-2 le mode opératoire destiné à l'étalonnage des tubes étalons. Les sections suivantes spécifient les modes opératoires destinés au calcul du volume de référence des tubes étalons et des réservoirs étalons par la méthode de l'eau soutirée et par la méthode du compteur pilote.

**6.6 Corrections appliquées aux volumes mesurés avec la méthode par soutirage d'eau**

**6.6.1** Avec cette technique d'étalonnage, le volume observé dans les jauges étalons doit être soumis à certaines corrections, afin de déterminer le volume de référence du dispositif d'étalonnage. Dans les exemples, on a ajouté les désignations finales «p» pour étalon, et «M» pour mesure à la désignation des facteurs de correction. Par conséquent:

- a) les différents volumes d'eau de la jauge étalon doivent être corrigés pour tenir compte de toute différence de température de l'eau entre la température de départ dans le dispositif d'étalonnage et la température dans les jauges étalons au moment où l'on a déterminé leur volume (6.4).

Pour ce faire, on multiplie les différents volumes de jauges étalons par  $C_{tdw}$ .  $C_{tdw}$  est défini comme le facteur de correction de la différence de température entre l'eau dans la jauge étalon et celle se trouvant dans le dispositif d'étalonnage. Cette valeur n'est pas identique à  $C_{t1}$  qui permet une correction à 15 °C et non à la température du dispositif d'étalonnage. Les valeurs de  $C_{tdw}$  peuvent être déterminées à l'aide des méthodes détaillées dans l'ISO 8222.

b) Chaque volume d'eau contenu dans les jauges étalons doit être également corrigé pour tenir compte de l'effet de la température sur la jauge  $C_{tsM}$ . Ceci est obtenu en multipliant les volumes des jauges étalons individuels déterminés en a) ci-dessus par  $C_{tsM}$ . Tous les volumes des jauges étalons ainsi corrigés sont alors additionnés. Dans la pratique,  $C_{tdw}$  et  $C_{tsM}$  sont multipliés pour obtenir un CCF avant toute multiplication avec des volumes individuels.

c) Enfin, le volume doit être corrigé pour tenir compte de l'effet de la température  $C_{isp}$ , de la pression  $C_{psp}$  sur la paroi du dispositif d'étalonnage et de la compressibilité de l'eau  $C_{plp}$ . Ceci s'effectue en divisant le volume calculé en b) ci-dessus par  $C_{isp}$ ,  $C_{psp}$  et  $C_{plp}$ . Avec les réservoirs étalons atmosphériques  $C_{psp}$  et  $C_{plp}$  égalent l'unité (1,000 000).

L'équation complète exprimant les corrections exposées ci-dessus est la suivante:

$$\text{Volume de base du dispositif d'étalonnage} = \frac{\sum \left[ \begin{matrix} \text{différents} \\ \text{volumes} \\ \text{de la jauge} \end{matrix} \times (C_{tdw} \times C_{tsM}) \right]}{(C_{isp} \times C_{psp} \times C_{plp})} \dots (14)$$

**6.6.2** Dans la pratique, quand on remplit plusieurs jauges étalons, le calcul s'effectue d'après l'équation ci-dessus et les indications données dans l'exemple suivant.

**6.7 Exemple de calcul – Tube étalonné par la méthode de l'eau soutirée à l'aide de jauges étalons**

Le formulaire ou l'enregistrement utilisé pour l'étalonnage d'un tube étalon par la méthode de l'eau soutirée doit faire apparaître au moins les informations indiquées aux points A, B, C, D et E ci-dessous. Les valeurs ci-dessous ne sont citées qu'à titre d'exemple qui se limite à une seule détermination, bien qu'il en faille au moins trois normalement.

**A Informations générales**

Compte rendu de jaugeage n° .....	N° de série de l'étalon: .....
Dimensions de l'étalon: .....	φ ext.: 273,1 mm, épaisseur de paroi: 9,27 mm
Type d'étalon: unidirectionnel	Métal: acier doux
Date: ..... Lieu: .....	Nom de l'opérateur: .....

**B Jauges étalons certifiées**

1. Capacités nominales (litres)	100	200
2. Volume de référence en litres indiqué sur le certificat d'étalonnage à 15 °C et à une pression relative de 0 kPa	100,00	200,00
3. Numéro de série	m	n
4. Matière	Acier doux	Acier doux
5. Température de référence, °C	15	15

**C. Valeurs observées et leur correction**

6. Pression relative initiale dans le dispositif d'étalonnage, kPa	280			
7. Température initiale moyenne dans le dispositif d'étalonnage, °C	28,00			
Remplissage n°	1	2	3	4
Jauge étalon utilisée	m	n	n	n
8. Volume de référence (en litres) à 15 °C	100,00	200,00	200,00	200,00
9. Lecture de niveau, litres + au-dessus de zéro - au-dessous de zéro	- 0,20	+ 0,64	+ 0,56	+ 0,40
10. Volumes mesurés (8 + 9)	99,80	200,64	200,56	200,40
11. Température de soutirage, °C	28,00	28,00	28,00	29,00
12. Variation par rapport à la température initiale, °C	0	0	0	+ 1,00
13. $C_{idw}$ (voir 5.6.1a))	1,000 000	1,000 000	1,000 000	0,999 710
14. $C_{ISM}$ (voir 5.6.1b))	1,000 429	1,000 429	1,000 429	1,000 462
15. $CCF_M$ (voir 4.1.6) (13 × 14)	1,000 429	1,000 429	1,000 429	1,000 172
16. Volumes corrigés	99,84	200,72	200,64	200,43
17. Somme des volumes corrigés :	701,63			

**D Corrections nécessaires pour calculer les volumes de référence**

18. $C_{isp}$ pour le dispositif d'étalonnage à 28,00 °C (voir 5.2)	1,000 429
19. $C_{psp}$ pour le métal du dispositif d'étalonnage 280 kPa en pression relative (voir 4.3)	1,000 037
20. $C_{plp}$ pour l'eau dans le dispositif d'étalonnage 280 kPa en pression relative [voir 4.4, équation (8)]	1,000 126
21. $CCF_p$ [voir 5.1.6; 6.6.1c)] (18 × 19 × 20)	1,000 592

**E Calcul final**

$$\text{Volume de base} = \frac{\sum [\text{Volume mesuré (10)} \times (C_{idw} \text{ (13)}) \times C_{ISM} \text{ (14)}]}{[C_{isp} \text{ (18)} \times C_{psp} \text{ (19)} \times C_{plp} \text{ (20)}]}$$

$V_B = 701,214\ 88$  litres dans les conditions de référence;

$V_B = 0,701\ 214\ 88\ m^3$  dans les conditions de référence.

Arrondis à 5 chiffres significatifs,

$V_B = 701,21$  litres dans les conditions de référence;

$V_B = 0,701\ 21\ m^3$  dans les conditions de référence.

**6.8 Exemple de calcul — Réservoir étalon<sup>1)</sup> par la méthode de l'eau soutirée à l'aide de jauges étalons**

**6.8.1** Le formulaire ou l'enregistrement utilisé pour l'étalonnage d'un réservoir étalon par la méthode de l'eau soutirée doit faire apparaître au moins les informations contenues dans l'exemple suivant.

**6.8.2** On part du principe qu'il s'agit d'un réétalonnage sur le site, que les cols supérieur et inférieur ne requièrent pas un

réétalonnage, que tout réglage aussi infime soit-il aux graduations zéro supérieure ou inférieure s'effectuera en faisant glisser les échelles de lecture vers le haut ou le bas et que l'on replombra ensuite les deux échelles.

**6.8.3** Étant donné que le réservoir étalon est à la pression atmosphérique, aucune correction de pression n'est nécessaire pour le liquide ou la paroi du réservoir étalon.

**A Informations générales**

Compte rendu d'étalonnage n° .....		N° de série du dispositif d'étalonnage: .....	
Type de dispositif d'étalonnage: réservoir fixe ouvert à fenêtres de visée supérieure et inférieure			
Matière: acier doux		Capacité nominale: 4 010 litres	
Date: .....	Lieu: .....	Nom de l'opérateur: .....	

**B Jauges étalons certifiées**

1. Dimensions nominales, litres	1 000	5
2. Volume de référence, en litres, sur le certificat d'étalonnage à 15 °C et à une pression relative de 0 kPa	1 000,00	5,00
3. Numéro de série	m	n
4. Matière	Acier doux	Acier doux
5. Température de référence, °C	15	15

**C Valeurs observées et leur correction**

Températures initiales du dispositif d'étalonnage, °C	haut	27,20
	milieu	27,10
	bas	27,00
	moyenne	27,10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Soutirage	Volume de référence	±	Température °C	T	C <sub>tdw</sub>	C <sub>tsM</sub>	(6 × 7) CCF <sub>M</sub>	(2 ± 3 × 8) <sup>1)</sup> Volume corrigé
1	1 000,00	+ 0,10	27,00	- 0,10	1,000 028	1,000 396	1,000 424	1 000,52
2	1 000,00	+ 0,05	27,00	- 0,10	1,000 028	1,000 396	1,000 424	1 000,47
3	1 000,00	- 0,10	27,10	0	1,000 000	1,000 399	1,000 399	1 000,30
4	1 000,00	+ 0,10	27,10	0	1,000 000	1,000 399	1,000 399	1 000,50
5	5,00	- 0,20	27,20	+ 0,10	0,999 972	1,000 403	1,000 375	4,80
6	5,00	- 0,50	27,20	+ 0,10	0,999 972	1,000 403	1,000 375	4,50

Volume total, litres = 4 011,09  
Total arrondi à 5 chiffres significatifs. Volume total, litres = 4 011,1

1) Volumes corrigés arrondis au même nombre de chiffres significatifs que le volume de référence (voir 6.3.1).

1) Le terme «réservoir étalon» désigne une jauge étalon de grande capacité et installée à poste fixe.