
**Hydrocarbures liquides — Mesurage
dynamique — Systèmes d'étalonnage des
compteurs volumétriques —**

Partie 4:

Manuel de référence pour les opérateurs de
tubes étalons

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Liquid hydrocarbons — Dynamic measurement — Proving systems for
volumetric meters —*

*ISO 7278-4:1999
Part 4: Guide for operators of pipe provers*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/1d7ba2cd-77d1-4560-94bc-4c82cbf8a7c1/iso-7278-4-1999>



Sommaire	Page
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Principes de base	2
3.1 Moyens d'exprimer les performances d'un compteur	2
3.2 Variations des performances du compteur.....	3
3.3 Facteurs de correction	4
4 Compteurs et étalons	5
4.1 Compteurs générateurs d'impulsions	5
4.2 Sources d'erreur des compteurs en service	5
4.3 Interpolateurs d'impulsions.....	7
4.4 Tubes étalons conventionnels	7
4.5 Tubes étalons compacts.....	11
4.6 Méthodes d'installation des tubes étalons	13
4.7 Sources d'erreur lors de l'utilisation des différents types de tubes étalons.....	14
4.8 Étalonnage et réétalonnage du tube étalon	15
4.9 Installations de mesurage.....	15
5 Prescription de sécurité	17
5.1 Principes généraux.....	17
5.2 Permis	18
5.3 Sécurité mécanique.....	18
5.4 Sécurité électrique.....	21
5.5 Précautions en matière de sécurité incendie.....	22
5.6 Précautions de sécurité diverses.....	22
5.7 Enregistrements de sécurité.....	22

iTeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7278-4:1999
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/1d7ba2cd-77d1-4560-94bc-4c82cbf8a7c1/iso-7278-4-1999>

© ISO 1999

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
Internet iso@iso.ch

Imprimé en Suisse

6 Fonctionnement d'un tube étalon	23
6.1 Mise en place d'un tube étalon mobile	23
6.2 Mise en condition thermique de tous les tubes étalons	23
6.3 Vérifications périodiques des facteurs affectant la précision	24
6.4 Étalonnage réel	24
6.5 Évaluation préliminaire des résultats	24
6.6 Détecteur des pannes	25
Annexe A (informative) Bibliographie	28

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 7278-4:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d7ba2cd-77d1-4560-94bc-4c82cbf8a7c1/iso-7278-4-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d7ba2cd-77d1-4560-94bc-4c82cbf8a7c1/iso-7278-4-1999>

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 technique de l'ISO. Chaque membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créée 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 électronique.

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 7278-4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 28, *Produits pétroliers et lubrifiants*, sous-comité SC 2, *Mesurage dynamique du pétrole*.

L'ISO 7278 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique — Systèmes d'étalonnage des compteurs volumétriques*:

— *Partie 1: Principes généraux*

— *Partie 2: Tubes étalons*

— *Partie 3: Techniques d'interpolation des impulsions*

— *Partie 4: Manuel de référence pour les opérateurs de tubes étalons*

— *Partie 5: Étalons de petit volume*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 7278-4:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d7ba2cd-77d1-4560-94bc-4c82cbf8a7c1/iso-7278-4-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d7ba2cd-77d1-4560-94bc-4c82cbf8a7c1/iso-7278-4-1999>

L'annexe A de la présente partie de l'ISO 7278 est donnée uniquement à titre d'information.

Introduction

Tous les instruments de mesure qui doivent satisfaire à un niveau de précision raisonnable nécessitent une vérification périodique, c'est-à-dire que l'on doit effectuer un essai ou une série d'essais au cours desquels on compare les valeurs lues sur l'instrument à des mesures indépendantes effectuées avec une meilleure précision. Les compteurs utilisés pour le pétrole n'échappent pas à la règle: presque tous ceux que l'on utilise pour la vente ou l'évaluation des taxes, conformément aux lois nationales, ont besoin d'être contrôlés périodiquement et lorsque l'enjeu représente une grande somme d'argent, ils peuvent être contrôlés très fréquemment. Dans l'industrie pétrolière, le terme d'«étalonnage» est utilisé pour décrire la procédure de vérification des compteurs de volume sur le pétrole brut et les produits pétroliers.

La méthode la plus courante pour étalonner un compteur est de faire passer une certaine quantité de liquide à travers ce compteur et dans un dispositif précis permettant de mesurer le volume connu sous le nom de volume étalon. Pour les compteurs à faible débit, le dispositif d'étalonnage peut être une jauge étalonnée ou tout récipient métallique de forme similaire dont on connaît avec précision le volume. Il existe par exemple des récipients de mesurage normalisés que l'on peut utiliser pour étalonner les compteurs incorporés dans les distributeurs d'essence, dans les stations service. Si l'indicateur du distributeur indique 10,2 litres lorsqu'on a livré suffisamment d'essence pour remplir un récipient de 10 litres, il est évident que le compteur donne la valeur à + 2 %.

Dans une installation de mesurage importante où le compteur peut être traversé par des dizaines de milliers de litres par seconde, la situation est beaucoup plus compliquée. Les éléments de mesurage des compteurs n'actionnent pas généralement des cadrans mécaniques gradués en unités de volume comme un indicateur de distributeur d'essence, mais ils délivrent une série d'impulsions qui sont enregistrées par des totalisateurs électroniques. Avec des compteurs de ce type, le but de l'étalonnage est de déterminer la relation entre le nombre d'impulsions générées/comptées et le volume qui traverse le compteur, relation qui varie selon la conception et la taille du compteur et peut être affectée par le débit et les propriétés du liquide.

Autre difficulté: lorsque les compteurs se trouvent dans un pipeline, on ne peut généralement pas arrêter et déclencher à volonté le flux traversant ces compteurs à grand débit. Par conséquent, les compteurs et le tube étalon doivent pouvoir être lus simultanément «au vol», c'est-à-dire au moment où le liquide les traverse à plein débit. L'étalonnage se complique encore de par les effets de l'expansion thermique et de la compressibilité du pétrole ainsi que par l'influence sur le corps en acier du tube étalon de l'expansion thermique et de la déformation élastique sous l'effet de la pression.

La présente partie de l'ISO 7278 ne s'occupe que d'une seule classe d'étalons, connus sous le nom de tubes étalons, utilisés très largement lorsqu'il faut étalonner les compteurs de pétrole brut et de produits pétroliers selon les niveaux de précision les plus élevés possibles. En principe, un tube étalon est seulement une longueur de tuyau ou un cylindre dont on a mesuré le volume interne de façon très précise. Il est équipé à l'intérieur d'un piston bien ajusté (ou d'une sphère parfaitement dimensionnée fonctionnant comme un piston). Pendant l'écoulement du liquide à débit constant au travers du compteur et du tube étalon montés en série, le volume parcouru par le piston ou la sphère est comparé à la valeur indiquée par le compteur. En pratique, il faut cependant ajouter divers accessoires au simple ensemble tube-piston pour avoir un tube étalon qui fonctionne efficacement.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7278-4:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d7ba2cd-77d1-4560-94bc-4c82cbf8a7c1/iso-7278-4-1999>

Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique — Systèmes d'étalonnage des compteurs volumétriques —

Partie 4:

Manuel de référence pour les opérateurs de tubes étalons

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7278 donne des indications concernant les tubes étalons qui servent à étalonner les compteurs à turbine et les compteurs à chambre mesureuse. Elle s'applique à la fois aux types de tubes étalons prescrits dans l'ISO 7278-2 qui sont appelés «tubes étalons conventionnels» et à d'autres types appelés ici «tubes étalons compacts» ou «étalons de petit volume».

Elle est prévue pour être utilisée comme un manuel de référence pour l'utilisation des tubes étalons et également pour la formation du personnel. Elle ne couvre pas les différences de détail entre les étalons de type sensiblement similaire réalisés par les différents fabricants.

ISO 7278-4:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d7ba2cd-77d1-4560-94bc-4c82cbf8a7c1/iso-7278-4-1999>

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 partie de l'ISO 7278. 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 partie de l'ISO 7278 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 2714:1980, *Hydrocarbures liquides — Mesurage volumétrique au moyen de compteurs à chambre mesureuse autres que ceux des ensembles de mesurage routiers.*

ISO 2715:1981, *Hydrocarbures liquides — Mesurage volumétrique au moyen de compteurs à turbine.*

ISO 4124:1994, *Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique — Contrôle statistique des systèmes de mesurage volumétrique.*

ISO 4267-2:1988, *Pétrole et produits pétroliers liquides — Calcul des quantités de pétrole — Partie 2: Mesurage dynamique.*

ISO 7278-2:1988, *Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique — Systèmes d'étalonnage des compteurs volumétriques — Partie 2: Tubes étalons.*

ISO 7278-3:1998, *Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique — Systèmes d'étalonnage des compteurs volumétriques — Partie 3: Techniques d'interpolation des impulsions.*

3 Principes de base

3.1 Moyens d'exprimer les performances d'un compteur

L'objet de l'étalonnage d'un compteur à l'aide d'un tube étalon consiste à fournir un nombre à quatre ou cinq chiffres significatifs (en général) — tels que 1,002 9, 0,999 8 ou 21 586 — que l'on peut utiliser ensuite pour convertir la valeur lue sur le compteur en une valeur précise du volume traversant le compteur.

L'expression numérique des performances d'un compteur peut prendre plusieurs formes différentes, mais seulement trois d'entre elles sont importantes pour l'opérateur du tube étalon. Elles sont présentées ci-dessous.

3.1.1 Coefficient du compteur

Les premiers compteurs de pétrole étaient du type à chambre mesureuse (voir 4.1) avec des indicateurs donnant directement des valeurs en unités de volume telles que litres ou mètres cubes. Les lectures sur leurs indicateurs ne sont souvent que des valeurs approximatives. Ces valeurs peuvent être corrigées pour être plus précises soit en changeant le rapport de multiplication soit par le concept de «coefficient du compteur». Comme il peut être difficile de parvenir à un volume donné en modifiant le rapport de multiplication, on utilise plus couramment le coefficient de compteur, MF, défini comme étant le rapport du volume réel de liquide traversant le compteur (V) sur le volume indiqué sur l'indicateur du compteur (V_m), c'est à dire:

$$MF = V/V_m \quad (1)$$

Lors d'un étalonnage, la valeur de V est déduite à partir du tube étalon alors que V_m est lue directement sur l'indicateur du compteur. Après quoi, lorsqu'on utilise le compteur pour mesurer le débit, les valeurs relevées peuvent être multipliées par MF pour donner les valeurs corrigées du volume mesuré.

Le coefficient du compteur est un nombre sans dimension. Cela signifie que sa valeur est la même, quelles que soient les unités utilisées pour mesurer le volume.

3.1.2 Facteur K

ISO 7278-4:1999

Dans les vingt-cinq dernières années, l'utilisation des compteurs à turbine (voir 4.1) s'est répandue dans l'industrie du pétrole. En général, ils n'ont pas d'indicateur donnant des valeurs en unités de volume car leur indication primaire est simplement un train d'impulsions électriques. Celles-ci sont collectées dans un totalisateur électronique et le nombre d'impulsions totalisées (n) est proportionnel au volume traversant le compteur.

L'étalonnage d'un tel compteur a pour objet d'établir la relation entre n et V . L'une des façons d'exprimer cette relation est d'utiliser une grandeur appelée facteur K , laquelle est définie comme le nombre d'impulsions émises par le compteur lorsqu'une unité de volume est mesurée, c'est-à-dire :

$$K = n/V \quad (2)$$

Lorsqu'on étalonne un compteur, il est nécessaire d'obtenir les valeurs simultanées de n et de V , n étant issu du compteur et V du tube étalon. Pour la suite de l'utilisation du compteur, la procédure consiste à multiplier l'inverse de K par le nombre d'impulsions émises par le compteur pour obtenir le volume mesuré.

Le facteur K n'est pas un nombre sans dimension. Il a les dimensions de l'inverse du volume ($1/V$). C'est pourquoi sa valeur dépend des unités utilisées pour mesurer le volume. Une valeur de K exprimée en impulsions par mètre cube, par exemple, est égale à mille fois la valeur exprimée en impulsions par litre.

3.1.3 Volume par impulsion

Comme il est plus facile de multiplier que de diviser, l'inverse de K est une grandeur beaucoup plus utile pour l'utilisation sur le terrain que K lorsqu'il faut effectuer des calculs à la main (mais pas lorsqu'on utilise un calculateur). Elle est appelée «volume par impulsion» (q) parce qu'elle indique le volume débité par le compteur (en moyenne) lorsqu'une impulsion est émise. Elle est définie par l'équation

$$q = 1/K = V/n \quad (3)$$

q a les dimensions du volume par impulsion. Lorsqu'on multiplie le résultat par le nombre d'impulsions émises par le compteur, on obtient le volume qui traverse le compteur.

3.1.4 Autres utilisations du coefficient de compteur, du facteur K et du volume par impulsion

Les paragraphes précédents ont montré comment le coefficient de compteur a été conçu au départ pour être utilisé avec des compteurs à chambre mesureuse dont l'affichage se faisait en unités de volume, alors que le facteur K et son inverse q ont été créés pour être utilisés avec des compteurs à turbine dont l'affichage est un nombre indiqué sur un compteur d'impulsions. De nos jours, cependant, cette distinction a largement disparu. D'une part, les compteurs à chambre mesureuse prévus pour être utilisés avec des tubes étalons sont toujours équipés de générateurs d'impulsions électriques, si bien que, pour l'étalonnage, ils se comportent comme des compteurs à turbine et l'on peut exprimer les résultats sous forme de valeur de K ou q . D'autre part, certains systèmes modernes de mesurage à turbine à grand débit contiennent un module de traitement de données parfois appelé « convertisseur », qui transforme le nombre d'impulsions émises en une valeur nominale du volume mesuré; avec ce type de systèmes, la notion première de coefficient de compteur redevient utile dans certaines circonstances.

L'ISO 4267-2 donne des instructions détaillées concernant l'utilisation du coefficient de compteur, du facteur K ou du volume par impulsion.

3.2 Variations des performances du compteur

La documentation des fabricants dit souvent que le facteur K d'un certain compteur a telle ou telle caractéristique, comme s'il s'agissait de valeurs constantes. Mais ce n'est pas totalement exact. Le facteur K est affecté dans une certaine mesure par un certain nombre de variables, dont quelques-unes sont traitées de 3.2.1 à 3.2.6.

3.2.1 Effet du débit

iTeh STANDARD PREVIEW

Les compteurs sont conçus de façon que leurs facteurs soient presque indépendants du débit dans une plage de débits suffisamment large. Le rapport entre les débits maximum et minimum de la plage est appelé « étendue de mesure ». Les étendues de mesure des compteurs à turbine et à chambre mesureuse largement utilisés pour le mesurage des hydrocarbures ne dépassent généralement pas 10 bien que certains compteurs spéciaux puissent avoir des étendues de mesure nettement plus importantes. Dans cette plage de fonctionnement effective, le facteur K ne devrait varier que d'une petite valeur par rapport à sa valeur moyenne, et la limite dans laquelle il varie réellement — par exemple $\pm 0,25$ ou $\pm 0,5$ % — est appelée couramment la « courbe de linéarité » du compteur. Lorsqu'on a besoin d'une information complète sur les performances d'un compteur, ce dernier doit être étalonné pour plusieurs débits différents de façon à pouvoir établir son rapport de plage et sa courbe de linéarité. Au-delà et en deçà de la plage de fonctionnement effective d'un compteur, le facteur K de ce dernier est susceptible de varier tellement selon le débit qu'il n'est plus possible d'utiliser le compteur pour un mesurage précis.

3.2.2 Effet de la viscosité

Les compteurs de tous types sont affectés dans une certaine mesure par les changements de la viscosité du liquide que l'on mesure, bien que ceux d'un certain type et d'une certaine conception soient affectés plus gravement que d'autres. Lorsque la viscosité du liquide que l'on mesure change, il peut s'avérer nécessaire de réétalonner le compteur. Cela dépendra

- de la variation de la viscosité;
- de la mesure dans laquelle le facteur K du compteur en question est affecté par les changements de viscosité;
- de la précision requise.

3.2.3 Effet de la température

Les changements de température affectent le coefficient du compteur de deux façons. L'expansion thermique du compteur provoque une modification des dimensions et des jeux mécaniques, et les changements de température provoquent une variation de la viscosité du liquide, produisant ainsi l'effet mentionné en 3.2.2. L'effet d'expansion thermique est souvent négligeable dans les compteurs à turbine sauf lorsque de grandes variations de température se produisent. Sur les compteurs à chambre mesureuse, l'effet d'expansion thermique est plus important car on utilise souvent des métaux différents dans la chambre mesureuse, ce qui change les jeux mécaniques.

3.2.4 Effet de la pression

La pression affecte également le facteur K du compteur en provoquant des changements de dimensions dans le compteur et des changements de viscosité du liquide. L'effet de la pression sur la viscosité, cependant, est trop faible pour être important dans la plupart des applications de comptage. L'effet dimensionnel est généralement faible dans un compteur conçu pour un fonctionnement à haute pression, mais il peut être important sur certains compteurs. Les changements de pression n'auront souvent pas assez d'effet sur le facteur K du compteur pour justifier un réétalonnage.

3.2.5 Effet d'usure, d'endommagement et dépôts

Au fur et à mesure qu'un compteur s'use, son coefficient change progressivement. C'est pourquoi un compteur utilisé pour des transferts commerciaux doit être réétalonné à intervalles réguliers pour tenir compte de cela, même si le réétalonnage pour des raisons de modifications de viscosité et de température n'est pas nécessaire. Des dépôts de paraffine et d'impuretés peuvent avoir des effets similaires.

L'endommagement accidentel d'un compteur est susceptible d'altérer considérablement son coefficient. Si un compteur est démonté pour les réparations, il convient de l'étalonner après l'avoir remonté.

3.2.6 Fréquence d'étalonnage

La fréquence d'étalonnage nécessaire varie énormément, allant de plusieurs fois par jour à une fois par an, ou plus longtemps.

Un étalonnage très fréquent se justifie souvent lorsque la quantité totale du liquide mesuré est élevée — par exemple lorsqu'on mesure le pétrole brut pour des questions fiscales, ou dans les grandes installations de pipelines — et dans ces circonstances, il est d'usage qu'un grand tube étalon soit «dédié» (connecté en permanence et fixe) au système de mesurage. Les compteurs peuvent être facilement réétalonnés chaque fois que le débit, la température ou la viscosité changent suffisamment pour que cela soit justifié ou, dans les pipelines de pétrole brut ou de produit raffiné, chaque fois que l'on transfère un nouveau lot ou un nouveau produit. Dans certaines circonstances, il peut y avoir un intervalle de temps prescrit, ou un volume passé prescrit après lequel il faut réétalonner le compteur.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d7ba2cd-77d1-4560-94bc-462c0ba97867/iso-7278-4-1999>

Dans les cas où l'on ne prescrit pas un tel niveau de précision et lorsque la viscosité et la température ne varient pas trop, il suffit souvent de réétalonner les compteurs à intervalles prescrits, tels que chaque mois ou tous les deux mois lorsque le système de mesurage est neuf, et pouvant aller jusqu'à une fois par semestre ou même par an lorsque la fiabilité du compteur a été établie. Les compteurs pilotes et les jauges portables sont encore utilisés fréquemment pour cela, mais l'utilisation de tubes étalons mobiles est maintenant tout à fait commune et la présente partie de l'ISO 7278 couvre donc leur fonctionnement ainsi que celui des tubes étalons fixes.

3.3 Facteurs de correction

Le volume d'un tube étalon change avec la pression et la température. Il en va de même pour le volume massique d'un liquide. Pour compenser ces changements, on utilise quatre facteurs de correction. Ceux-ci peuvent, soit être utilisés par l'opérateur dans les calculs à la main, soit être programmés dans le calculateur associé au tube étalon.

3.3.1 Corrections pour les changements de volume du tube étalon

Pour chaque tube étalon, il y a une donnée importante que l'on appelle son «volume de référence» V_b . Elle est déterminée par une procédure d'étalonnage qui est appliquée une fois que le tube étalon est fabriqué et, par la suite, lorsque cela est nécessaire. Il représente le volume à l'intérieur de la section étalonnée du tube étalon, pour une pression et une température prescrites, généralement une pression relative de zéro et une température de 15 °C ou 20 °C.

Mais, ce que l'opérateur du tube étalon a besoin de savoir chaque fois qu'il effectue une opération d'étalonnage, c'est le volume du tube étalon à la pression relative réelle et la température pendant cette opération. La pression relative sera presque toujours au-dessus de zéro et cette pression excédentaire provoquera une légère expansion du tube étalon. La température peut être plus élevée ou plus basse que la température de référence et elle peut avoir pour effet de provoquer l'expansion ou la contraction du tube étalon.

Pour obtenir le volume corrigé du tube étalon à la pression et à la température appropriées, on utilise les facteurs C_{ps} (ou CPS) [correction de la pression sur l'acier] et C_{ts} (ou CTS) [correction de la température sur l'acier]. Des instructions détaillées pour l'utilisation de ces facteurs de correction sont données dans l'ISO 4267-2.

3.3.2 Corrections pour les changements du volume massique de liquide

Les facteurs appropriés servant à compenser l'effet de la pression et de la température sur le volume massique (l'inverse de la masse volumique) du liquide sont C_{pl} (ou CPL) [correction de la pression sur le liquide] et C_{tl} (ou CTL) [correction de la température sur le liquide]. Leur fonction est de convertir un volume de pétrole, que l'on a mesuré à la pression et à la température observées, en ce que l'on appelle le «volume de base», qui est le volume qu'occuperait le pétrole pour une pression absolue d'une atmosphère normale de référence (environ 101 kPa) et une température prescrite telle que 15 °C ou 20 °C. Des instructions détaillées portant sur l'utilisation de ces facteurs de correction sont également données dans l'ISO 4267-2.

NOTE Les facteurs de correction mentionnés en 3.3.1 et 3.3.2 sont fonction du type de liquide, de sa masse volumique, de sa pression, de sa température et de la pression et de la température normales de référence. Il convient de ne jamais utiliser une valeur numérique de l'un de ces facteurs sans vérifier qu'il s'agit de la bonne valeur pour les conditions du moment.

4 Compteurs et étalons

4.1 Compteurs générateurs d'impulsions

Actuellement, il n'y a que deux types fondamentaux de compteurs générateurs d'impulsions qui soient communément utilisés pour le mesurage de haute précision des liquides dans l'industrie pétrolière.

Le premier type est le compteur à turbine. Il est essentiellement constitué d'une hélice ou «turbine» tournant librement, montée sur des paliers axiaux dans une courte longueur de tuyau. Lorsque le liquide coule dans le tuyau, la turbine tourne à une vitesse qui est pratiquement proportionnelle au débit et délivre une série d'impulsions électriques. Les impulsions sont introduites dans un totalisateur électronique et l'on en déduit le volume total traversant le compteur. Se reporter à l'ISO 2715 pour plus d'information.

Le second type est le compteur à chambre mesureuse anciennement appelé compteur «à déplacement positif» ou «PD meter». De nombreux types de compteurs de ce genre sont actuellement utilisés et décrits dans l'ISO 2714. On peut les imaginer comme des dispositifs ressemblant à une pompe à pistons plongeurs ou rotative ou peut être une pompe à engrenages qui est actionnée par le liquide au lieu d'être entraînée par un moteur externe. Le nombre de tours du compteur est essentiellement proportionnel au volume total traversant le compteur et il est normalement affiché sur un indicateur mécanique entraîné par un jeu d'engrenages. Si l'on installe un générateur d'impulsions électriques sur le compteur à chambre mesureuse, son signal de sortie peut être traité comme celui d'un compteur à turbine. En particulier, ce type de compteurs peut être directement étalonné avec un tube étalon alors que cela est impossible pour les compteurs à chambre mesureuse sans sortie électrique.

4.2 Sources d'erreur des compteurs en service

Pour qu'un compteur générateur d'impulsions donne des résultats précis, il doit satisfaire aux trois prescriptions suivantes:

- il doit être en bon état mécanique et électrique;
- les caractéristiques du liquide doivent être adaptées pour le mesurage et l'étalonnage;
- le système doit être conçu de telle façon que le totalisateur compte le même nombre d'impulsions que le compteur n'en génère, ni plus, ni moins.

La première prescription est trop évidente pour que l'on ait besoin de la développer, mais les deux autres posent des problèmes particuliers qui seront expliqués en 4.2.1 et 4.2.2.

4.2.1 Conditions d'écoulement

Les quatre problèmes principaux que pose le liquide en circulation sont les solides entraînés, l'air entraîné, la cavitation et la rotation de la veine liquide.

Il convient de prévoir un filtrage adéquat en amont du compteur.

L'air entraîné affecte chaque type de compteur, mais ses effets sont généralement plus graves et moins prévisibles avec des compteurs à turbine qu'avec des compteurs à chambre mesureuse. L'air ou le gaz peut entrer de plusieurs façons dans le liquide mesuré. Lorsqu'on remplit de liquide un système, il convient d'évacuer l'air ou le gaz qui s'y trouvait initialement. Si la purge n'est pas faite correctement, il peut rester des poches d'air ou de gaz dans la canalisation qui passera ensuite par le compteur. Si une pompe aspire du liquide d'un réservoir où l'on a laissé le niveau descendre trop bas, il est probable qu'un vortex se formera et aspirera de l'air. Lorsque cela risque d'arriver, on installe souvent un dispositif appelé «séparateur de gaz», «séparateur d'air» ou «éliminateur d'air» en amont du compteur pour enlever tout l'air ou le gaz qui arriverait dans le compteur. En outre, de l'air ou du gaz peut entrer dans un système dont la pression serait inférieure à la pression atmosphérique.

Des bulles d'air ou de gaz peuvent également se former juste à l'intérieur du liquide par un processus appelé «cavitation». Ce phénomène se produit chaque fois qu'il y a des zones locales de basse pression qui peuvent occasionner la libération de l'air ou du gaz dissous dans le liquide. Ce type de cavitation produit de nombreuses petites bulles. Ces bulles minuscules ne peuvent pas être éliminées par un séparateur d'air et il n'y a donc aucun remède à la cavitation — il faut simplement empêcher que cela se produise. Pour cela, la pression en aval du compteur ne doit pas être inférieure au minimum spécifié par le fabricant du compteur.

Une autre forme de cavitation peut affecter les liquides volatils tels que le pétrole brut, le gaz naturel liquéfié, l'essence, le gaz de pétrole liquéfié, etc. Une pression à l'intérieur du compteur atteignant momentanément la tension de vapeur, provoquera une ébullition. Lorsque cela se produit, on dit que le liquide «distille» dans le compteur. Afin d'empêcher ce phénomène, il faut maintenir la pression dans la canalisation juste en aval du compteur bien au-dessus de la tension de la vapeur. La plupart des fabricants de compteurs donnent des règles concernant la valeur dont la pression en aval du compteur doit dépasser la tension de la vapeur. L'ISO 2715 donne également des règles générales pour la contre pression dans les compteurs à turbine.

Juste en aval d'une vanne partiellement ouverte, d'un coude ou de raccords de tuyaux de plusieurs sortes, il peut se produire une rotation du liquide circulant dans la canalisation. En d'autres termes, la veine fluide peut entrer en rotation en plus de son mouvement linéaire. Le tourbillon a peu d'effet ou même aucun effet sur le fonctionnement des compteurs à chambre mesureuse, mais il affecte gravement le fonctionnement des compteurs à turbine. Pour supprimer tout tourbillon éventuel, on a l'habitude d'installer un système appelé «dispositif de tranquillisation» en amont d'un compteur à turbine.

4.2.2 Perturbations électriques

Un totalisateur d'impulsions peut manquer certaines impulsions générées par le compteur, auquel cas la valeur relevée sera trop faible. Ou bien, il peut lire certaines impulsions que le compteur n'a pas générées, auquel cas la valeur lue sera trop élevée.

S'il compte trop peu d'impulsions, ce sera généralement dû à un réglage incorrect du seuil de détection ou à un défaut électrique. En réglant le seuil de détection ou en rectifiant l'éventuel défaut électrique, ce problème peut généralement être réglé entièrement.

Le comptage d'impulsions parasites cependant, est susceptible de créer un problème plus sérieux. Ce problème est traité dans le détail dans l'ISO 6551 et on ne donne ici qu'un aperçu du sujet.

Les impulsions parasites peuvent apparaître de deux façons:

- par des surtensions dans le réseau électrique qui alimente le totalisateur d'impulsions;
- par rayonnement électromagnétique.

La première est aussi appelée «parasite d'alimentation», la seconde «bruit ambiant électromagnétique». Les fabricants sont bien au fait de ces problèmes et construisent des systèmes de mesurage bien immunisés de ces impulsions parasites.

Ces protections comprennent habituellement

- des filtres de secteur conçus pour éliminer les parasites de l'alimentation;
- des préamplificateurs au niveau des compteurs qui garantiront un rapport signal/bruit élevé sur la ligne de transmission et diminueront ainsi les possibilités de capter le rayonnement électromagnétique;