

# NORME INTERNATIONALE

ISO  
7278-2

Première édition  
1988-12-15



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

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

### Partie 2:

Tubes étalons

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

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

[ISO 7278-2:1988](#)

*Part 2: Pipe provers* <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dc5707bb-505b-4a3f-8afc-c6649a070261/iso-7278-2-1988>

## 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.

(standards.iteh.ai)

La Norme internationale ISO 7278-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 28, *Produits pétroliers et lubrifiants*.

[ISO 7278-2:1988](#)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dc5707bb-505b-4a3f-8afc-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dc5707bb-505b-4a3f-8afc-166129170761/iso-7278-2-1988)

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 .....	1
<b>4</b> Description des systèmes .....	2
<b>5</b> Spécifications fondamentales .....	3
<b>6</b> Equipement .....	3
<b>7</b> Conception des tubes étalons .....	5
<b>8</b> Installation .....	7
<b>9</b> Etalonnage .....	8
<b>Annexes</b>	
<b>A</b> Utilisation des tubes étalons à quatre détecteurs .....	16
<b>B</b> Exemple de calcul et de conception d'un tube étalon .....	19
<b>Figures</b>	
<b>1</b> Exemple de système de tube étalon unidirectionnel du type à boucle .....	13
<b>2</b> Exemple de système de tube étalon bidirectionnel à piston, droit .....	14
<b>3</b> Exemple de système de tube étalon mobile en sphère, du type U, bidirectionnel .....	15
<b>4</b> Utilisation simultanée de deux compteurs d'impulsions avec un tube étalon à quatre détecteurs .....	18
<b>5</b> Montage provisoire des compteurs d'impulsions pour mesurer $n_1$ et $n_2$ .....	18

Page blanche

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

ISO 7278-2:1988

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dc5707bb-505b-4a3f-8afc-c6649a070261/iso-7278-2-1988>

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

## Partie 2: Tubes étalons

### 0 Introduction

Les tubes étalons servent de référence de volume pour l'étalonnage des compteurs de liquides. La présente partie de l'ISO 7278 a pour objet de présenter les éléments essentiels d'un tube étalon, de fournir des spécifications de ses performances, de donner des indications sur sa conception, installation et réglage. Les tubes étalons étudiés dans la présente partie de l'ISO 7278 sont du type marche/arrêt : le liquide circule en continu pendant l'étalonnage permettant ainsi l'étalonnage du compteur dans ses conditions normales d'utilisation. Ce type de tube étalon comprend une section de tuyauterie étalonnée dans laquelle se déplace un élément mobile; ce dernier sollicite des dispositifs de détection qui produisent des signaux électriques à chaque fois que l'élément mobile atteint la fin de portion étalonnée. L'élément mobile s'arrête à la fin de l'essai, lorsqu'il atteint l'endroit où le débit d'écoulement de liquide est bipassé.

On peut construire sur ces principes des tubes étalons mobiles ou fixes. Les portions étalonnées des tubes étalons peuvent être droites, en forme de U ou coudées et la conception peut être telle qu'elle permette à l'élément mobile de se déplacer dans une boucle fermée, dans un sens (unidirectionnel) ou dans les deux sens (bidirectionnel).

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*

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

### 1 Objet et domaine d'application

**1.1** La présente partie de l'ISO 7278 donne des indications concernant la conception, l'installation et l'étalonnage des

tubes étalons. Les calculs techniques nécessaires pour l'étalonnage et l'utilisation des tubes étalons sont détaillés dans l'ISO 4267-2.

**1.2** La plupart des sujets abordés dans la présente partie de l'ISO 7278 sont de nature générale : ils s'appliquent aux tubes étalons destinés à être utilisés en différents liquides et avec différents types de compteurs : pour permettre un étalonnage dans différentes conditions de service. Cette méthode ne s'applique pas aux «petits volumes» ou appareils de vérification «compact» de conception récente.

**1.3** Les conditions de référence pour la mesure des produits pétroliers sont la température à 15 °C et la pression égale à 101 325 Pa, telles que mentionnées dans l'ISO 5024.

NOTE — Dans certains pays, d'autres températures de référence sont utilisées (par exemple 20 °C et 60 °F).

### 2 Références

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

ISO 4267-2, *Pétrole et produits pétroliers liquides — Calcul des quantités de pétrole — Partie 2: Mesurage dynamique.*<sup>1)</sup>

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

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

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

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 7278, les définitions suivantes s'appliquent.

1) Actuellement au stade de projet.

**3.1 volume de référence:** Volume d'un tube étalon de section étalonnée, c'est-à-dire la longueur entre les détecteurs, dans les conditions de référence de température et de pression.

**3.2 facteur  $K$ :** Rapport du nombre d'impulsions électriques émises par un compteur pendant un essai d'étalonnage par le volume de liquide passé à travers le compteur.

**3.3 facteur de correction du compteur:** Rapport du volume vrai de liquide passé à travers le compteur par le volume indiqué par le compteur.

**3.4 étalonnage du tube étalon:** Technique permettant de déterminer le volume de référence d'un tube étalon.

**3.5 étalonnage:** Détermination du facteur de correction d'un compteur ou facteur  $K$ .

**3.6 amplitude:** Différence entre les valeurs les plus hautes et les plus basses d'une série de résultats.

## 4 Description des systèmes

### 4.1 Généralités

**4.1.1** Il y a plusieurs types de tubes étalons, dont tous sont relativement simples et disponibles sur le marché. Tous les types fonctionnent selon le même principe, à savoir la mesure précise du déplacement d'un volume connu de liquide dans un tronçon étalonné de tuyauterie entre deux détecteurs, au moyen d'une sphère légèrement surdimensionnée, ou d'un piston, qui se déplace à l'intérieur de la tuyauterie, entraîné(e) par le courant de liquide utilisé pour la mesure. Simultanément, l'indication du compteur est notée automatiquement pendant le déplacement de l'élément mobile entre les deux détecteurs. Les tubes étalons peuvent être commandés automatiquement ou manuellement.

**4.1.2** Un compteur étalonné par la méthode dynamique doit, lors de l'étalonnage, être raccordé à un compteur d'impulsions, qui peut être déclenché ou arrêté instantanément par les détecteurs. Habituellement, le compteur d'impulsions est du type électronique. Son démarrage et son arrêt sont provoqués par l'élément mobile, qui déclenche les deux détecteurs de la section étalonnée.

**4.1.3** Deux types principaux de tubes étalons existent: les tubes unidirectionnels et les tubes bidirectionnels. Dans un tube étalon unidirectionnel, l'élément mobile ne peut se déplacer que dans un sens, dans la section de mesure. Il possède un dispositif de transfert, qui permet à l'élément mobile de revenir à sa position initiale. Dans le tube étalon bidirectionnel, l'élément mobile se déplace d'abord dans un sens, puis dans l'autre: par conséquent, ce tube doit posséder un moyen d'inverser le sens d'écoulement du liquide dans le tube étalon. (Voir figures 1, 2 et 3.)

**4.1.4** Les deux types de tubes étalons, unidirectionnels et bidirectionnels, doivent être construits de façon que la totalité du liquide traversant le compteur faisant l'objet de l'étalonnage, traverse le tube étalon.

### 4.2 Tubes étalons unidirectionnels

**4.2.1** On peut subdiviser en deux catégories les tubes étalons unidirectionnels, selon la manière dont est manipulé l'élément mobile, ce dernier étant introduit manuellement dans la canalisation, que l'on appelle quelquefois «distance mesurée» ou dans des tubes étalons à retour automatique du mobile souvent appelés «boucles sans fin».

a) Le tube étalon unidirectionnel à retour manuel est une forme élémentaire de tubes étalons insérés dans la canalisation. La section de mesure est alors un tronçon de l'oléoduc. La totalité du débit mesuré peut s'écouler en continu à travers le tube étalon, même s'il n'est pas utilisé pour l'étalonnage. On place en certains points sélectionnés, des détecteurs qui définissent les volumes étalonnés des sections de mesure. Un dispositif lanceur d'éléments mobiles est placé en amont des sections de mesure. Des dispositifs récepteurs sont installés en un certain point en aval des sections de mesure. Habituellement, on utilise dans ce but des gares classiques pour piston racleur (systèmes lanceurs et systèmes récepteurs). Pour effectuer un essai d'étalonnage, un élément mobile est lancé (sphère ou piston de forme spéciale) qui traverse la section de référence et est reçu en aval puis transporté manuellement au point de lancement.

b) Le tube étalon unidirectionnel à retour automatique (boucle sans fin) est une amélioration du tube étalon décrit en 4.2.1 a). Il est présenté sur la figure 1. Dans une boucle sans fin, la tuyauterie est disposée de façon que l'extrémité aval de la boucle communique avec l'extrémité amont du tronçon en boucle, par sa partie supérieure. Le «lanceur» permet de transférer l'élément mobile de l'extrémité aval à l'extrémité amont de la boucle, sans sortir du tube étalon. Les détecteurs de position de l'élément mobile se trouvent à une distance convenable du lanceur, à l'intérieur du tronçon en boucle. Ces boucles d'étalonnage continu ou sans fin peuvent être mises en œuvre manuellement, ou encore, être automatisées de façon qu'une simple manœuvre puisse initier la séquence d'étalonnage d'un compteur. Le débit d'écoulement mesuré peut passer à travers le tube étalon lorsqu'il n'est pas utilisé pour l'étalonnage, et il n'est pas nécessaire de l'isoler de la ligne principale, sauf si on le souhaite expressément. De cette manière, différents types de liquides peuvent s'écouler successivement à travers le tube étalon; ceci permet aussi d'avoir un effet d'auto-nettoyage, qui minimise les mélanges entre les différents liquides, tout en stabilisant la température.

**4.2.2** Un essai d'étalonnage d'un compteur avec un tube étalon unidirectionnel comprend un essai dans un seul sens, car le volume de référence d'un tube étalon unidirectionnel est le volume étalonné et compris entre les détecteurs sur un seul trajet, ramené aux conditions normales de température et de pression.

### 4.3 Tubes étalons bidirectionnels

Le tube étalon bidirectionnel comporte une longueur de tuyauterie dans laquelle l'élément mobile se déplace successivement dans les deux sens, en agissant sur un détecteur à chaque extrémité de la section étalonnée; l'élément mobile est alors stoppé à la fin de chaque trajet, lorsqu'il entre dans une zone où le produit peut le dépasser ou lorsqu'une vanne peut dévier le

produit. Un système supplémentaire de tuyauterie adaptée, comportant soit une vanne 4 voies, soit un carré d'inversion actionné manuellement ou automatiquement, permet de changer le sens d'écoulement dans le tube étalon. La partie principale du tube étalon est souvent une partie droite de tube (voir figure 2), mais peut aussi être coudée (voir figure 3), de façon à tenir dans un espace limité, ou être facilement transportable. Habituellement, l'élément mobile est une sphère quand le tube étalon est coudé, et un piston est utilisé pour les tubes rectilignes. Un essai d'étalonnage d'un compteur comprend habituellement un aller et un retour consécutifs de l'élément mobile. Le volume déplacé dans ce type de tube étalon est donc la somme des volumes déplacés entre détecteurs par un aller et retour consécutifs.

## 5 Spécifications fondamentales

La conception d'un tube étalon doit assurer le respect des spécifications de performances minimales suivantes.

### 5.1 Répétabilité

Lorsqu'un tube étalon unidirectionnel est étalonné en utilisant la méthode du compteur pilote, l'écart entre les résultats de cinq essais successifs d'étalonnage, ne doit pas excéder 0,02 %. Lorsqu'un tube étalon bidirectionnel est étalonné avec un compteur pilote, l'écart entre les résultats de cinq essais successifs d'aller et retour de l'élément mobile doit se situer dans une plage de 0,02 %.

Dans le cas d'une méthode volumétrique ou gravimétrique de soutirage d'eau, la répétabilité doit être telle que l'écart entre les résultats de trois essais consécutifs d'étalonnage doit se situer dans une plage de 0,02 %.

Lorsqu'un tube étalon est utilisé pour étalonner un compteur à haute performance tel que celui utilisé pour les transferts de garde ou mesurage fiscal, l'écart entre les résultats de cinq étalonnages consécutifs doit se situer dans une plage de 0,05 %.

### 5.2 Étanchéité interne des vannes

Le lanceur de sphères, dans un tube étalon unidirectionnel, ou le système d'inversion de l'écoulement, dans un tube étalon bidirectionnel, doit être parfaitement positionné et étanche avant que l'élément mobile n'atteigne le premier détecteur (de telle sorte que cet élément mobile passe à pleine vitesse). Ces dispositifs et toute autre vanne dont des fuites internes peuvent affecter la précision de l'étalonnage, doivent comporter un moyen de détection mettant en évidence l'étanchéité parfaite pendant l'essai d'étalonnage.

### 5.3 Absence de chocs

Quand le tube étalon fonctionne à son débit nominal maximum, l'élément mobile doit s'arrêter à l'extrémité de sa course, sans chocs.

### 5.4 Absence de cavitation

Quand le tube étalon fonctionne à son débit nominal maximum, et avec les liquides pour lesquels il a été conçu, il ne doit y avoir aucun risque de cavitation dans le tube étalon, dans les vannes ou ailleurs, pour la plage spécifiée de pression et de température.

## 6 Équipement

### 6.1 Matériaux et fabrication

**6.1.1** Les matériaux choisis pour un tube étalon doivent être conformes aux codes de construction en vigueur pour la pression nominale et la classification des zones dans lesquelles doit être utilisé le tube étalon. Les tuyauteries, raccords et coudes doivent être choisis de façon à être, intérieurement, les plus lisses et les moins ovalisés possibles.

**6.1.2** Lors de la fabrication des tubes étalons, il faut veiller au bon alignement et à la concentricité entre les raccords de tuyauterie. Toutes les soudures se trouvant sur le passage de l'élément mobile doivent subir un meulage interne et la conception doit prévoir cette exigence. Toutes les soudures doivent être exécutées selon les codes de fabrication en vigueur.

**6.1.3** Le revêtement interne de la section de mesure par un produit donnant une surface dure, lisse et durable, réduit la corrosion et l'usure, et prolonge la durée de vie de l'élément mobile et du tube étalon. L'expérience a montré que les revêtements internes sont particulièrement utiles quand le tube étalon est utilisé avec des liquides présentant de faibles propriétés lubrifiantes, comme essence ou les GPL.

### 6.2 Stabilisation de la température

Normalement, la stabilisation en température du système d'étalonnage est réalisée avec ou sans isolation, par la circulation continue du liquide dans la section de mesure lorsque de longues portions de tubes d'étalonnage sont enterrées et que les liquides sont à une température voisine de celle du sol, une isolation supplémentaire n'est généralement pas exigée. Quand les tubes étalons sont installés à l'air libre, une isolation contribue à améliorer la stabilisation de la température. Quand un gradient élevé de température peut apparaître le long du tube étalon, par exemple, dans le cas de produits chauds, il est recommandé de mettre en place une isolation thermique.

### 6.3 Mesure de la température

Les températures doivent être mesurées avec une incertitude n'excédant pas  $\pm 0,5$  °C. Ceci implique de disposer de capteurs de température dont la précision certifiée est de  $\pm 0,2$  °C. Les capteurs de température doivent être installés dans des puits thermométriques près de l'orifice d'entrée et de l'orifice de sortie du tube étalon et dans des positions telles qu'ils reçoivent l'écoulement de liquide aussi bien dans les conditions opératoires normales que celles d'étalonnage. Les puits thermométriques doivent être insérés au minimum à 100 mm dans les tuyauteries de grand diamètre, et autant que possible à la moitié du diamètre, dans le cas de tuyauterie de faible diamètre. Les puits thermométriques doivent être remplis avec un liquide de transfert de chaleur approprié. Si des thermomètres en verre à mercure sont utilisés, leur conception doit être telle qu'elle permette la lecture de température lorsqu'ils sont immergés dans le liquide de transfert de chaleur à la profondeur recommandée pour l'utilisation de ces thermomètres. Il est important d'adapter les puits thermométriques aux exigences d'immersion des capteurs de température.

## 6.4 Mesure de la pression

Les dispositifs de mesure de la pression doivent pouvoir mesurer des pressions avec une incertitude inférieure à  $\pm 50$  kPa ( $\pm 0,5$  bar) jusqu'à 2 500 kPa (25 bar) et une incertitude de  $\pm 2$  % de la pression de service pour des pressions supérieures.

## 6.5 Éléments mobiles

**6.5.1** On utilise habituellement dans les tubes étalons, comme élément mobile, une sphère en élastomère remplie d'un liquide sous pression, et gonflée de façon que son diamètre minimum soit légèrement supérieur au diamètre intérieur du tube étalon. Ce diamètre doit être tel qu'une étanchéité soit créée sans frottement excessif. On y parvient généralement en gonflant la sphère à un diamètre d'au moins 2 % supérieur à celui du diamètre intérieur du tube étalon. En général, le pourcentage de gonflement nécessaire est d'autant plus grand que la sphère est plus grosse. Un trop faible gonflement de la sphère peut conduire à une fuite autour de celle-ci, et donc à une erreur de mesure. Un gonflement trop fort de la sphère n'améliore pas l'étanchéité, et entraîne généralement une usure plus rapide, avec des déplacements irréguliers. Il faut bien s'assurer qu'il ne reste aucun gaz à l'intérieur de la sphère. L'élastomère doit être aussi imperméable que possible aux liquides utilisés, et conserver ses propriétés mécaniques (plus particulièrement son élasticité) dans les conditions de service. Le liquide utilisé pour remplir la sphère doit avoir un point de congélation inférieur aux températures prévisibles. On utilise habituellement de l'eau ou des mélanges d'eau et de glycol.

**6.5.2** Il existe un autre type d'élément mobile, le piston cylindrique, pourvu d'éléments d'étanchéité appropriés. Ils sont souvent utilisés avec des tubes étalons rectilignes, dont la surface interne a été rectifiée pour assurer une bonne étanchéité.

**6.5.3** D'autres éléments mobiles peuvent être acceptés s'ils donnent une performance égale à celle des deux types mentionnés en 6.5.1 et 6.5.2.

## 6.6 Vannes

**6.6.1** Toutes les vannes utilisées dans les systèmes de tubes étalons et pouvant constituer un by-pass du compteur, du tube étalon, de l'élément mobile ou du tube étalon ou provoquer une fuite entre le compteur et le tube étalon, doivent présenter une étanchéité à la bulle dans les essais à basse pression différentielle. Il sera prévu un moyen permettant de contrôler les fuites pendant l'essai d'étalonnage au niveau des vannes. Si l'on utilise une ou plusieurs sphères pour créer l'étanchéité (à la place d'une vanne), elles devront être fournies avec un dispositif permettant le contrôle de leur étanchéité.

**6.6.2** La manœuvre entière d'inversion de l'écoulement, dans un tube étalon bidirectionnel, ou la vanne du lanceur dans un tube unidirectionnel, doit être terminée avant que l'élément mobile n'atteigne le premier détecteur. Cette procédure a pour but de s'assurer que, pendant le déplacement de l'élément mobile à travers la section étalonnée, il n'y a pas de liquide qui puisse bypasser le tube étalon. La distance nécessaire entre la position initiale de l'élément mobile et le premier détecteur, que

l'on appelle habituellement la course initiale, dépend du temps de manœuvre de la vanne et de la vitesse de déplacement de l'élément mobile. Cette course initiale peut être raccourcie par toute méthode, soit par une accélération de la manœuvre de la vanne, soit en retardant le départ de l'élément mobile. Il faut toutefois porter une attention particulière au moment de la conception, de peur d'éviter de créer des coups de bélier ou introduire une perte de charge indésirable supplémentaire. Si l'on utilise plusieurs vannes pour changer le sens de l'écoulement, toutes les vannes doivent être accouplées mécaniquement par un moyen quelconque, pour éviter tout coup de bélier provoqué par une séquence incorrecte des opérations.

## 6.7 Piquages pour étalonnages

Il faut prévoir des piquages sur les tronçons de tubes étalons, pour permettre un étalonnage ultérieur par la méthode de l'eau soutirée ou par un compteur pilote (voir figures 1, 2 et 3).

## 6.8 Détecteurs

Des dispositifs de détection et interrupteurs doivent repérer avec précision la position de l'élément mobile et dans un tube étalon bidirectionnel, ils devront fonctionner aussi bien dans un sens que dans l'autre. On utilise différents types de détecteurs, dont le plus courant est l'interrupteur électrique à commande mécanique. D'autres types, en particulier le détecteur électronique de proximité, le détecteur à induction ou le détecteur à ultrasons peuvent être utilisés, à condition que les critères de répétabilité soient atteints.

La précision avec laquelle le détecteur se trouvant dans un tube étalon peut détecter la position de l'élément mobile (c'est là l'un des facteurs décisifs permettant de déterminer la longueur de la section de mesure du tube étalon) doit être définie le plus exactement possible (voir annexe A). Les dimensions de toute ouverture aménagée dans la paroi de la section étalonnée supportant les bossages des détecteurs doivent être largement inférieures à la largeur de la bande d'étanchéité de l'élément mobile.

## 6.9 Générateur d'impulsions du compteur

Un générateur d'impulsions, monté extérieurement, doit produire des impulsions électriques présentant des caractéristiques satisfaisantes pour le type de compteur d'impulsions utilisé. L'appareil doit produire un nombre d'impulsions par unité de volume suffisant pour donner la définition nécessaire. L'émetteur d'impulsions doit être conçu de façon à pouvoir éliminer les impulsions parasites dues aux vibrations mécaniques ou de toute autre nature.

## 6.10 Compteur électronique d'impulsions

On utilise habituellement un totalisateur électronique d'impulsions lors de l'étalonnage d'un compteur, en raison de la facilité et de la précision avec lesquelles il peut compter des impulsions à haute fréquence et de son aptitude à transmettre à distance l'information. Les dispositifs totalisateurs d'impulsions sont équipés d'un circuit de commutation électronique marche-arrêt, commandé par des détecteurs du tube étalon. Les systèmes d'étalonnage peuvent aussi être équipés d'un système d'interpolation d'impulsions, comme il est défini dans l'ISO 7278-3.

## 6.11 Équipement des tubes étalons unidirectionnels à retour automatique

**6.11.1** L'équipement nécessaire au bon fonctionnement d'un tube étalon unidirectionnel, à boucle sans fin ou à retour automatique, repose essentiellement sur le lanceur de la sphère. C'est au niveau de ce lanceur que la sphère est déviée de l'écoulement à l'extrémité aval du tube étalon, traverse le lanceur et est réinsérée à l'extrémité amont du tube étalon, tout cela automatiquement.

**6.11.2** Le lancement de la sphère peut être réalisé avec différentes combinaisons de vannes ou d'autres dispositifs. Chaque combinaison comprend un système pour maintenir ou faire passer la sphère à travers le lanceur, tout en évitant un écoulement de liquide qui risquerait de bipasser la section de mesure pendant l'étalonnage. Il existe plusieurs combinaisons possibles :

- un seul robinet à boisseau sphérique, modifié pour manipuler la sphère;
- un ensemble à double clapet anti-retour actionné par un moteur;
- une combinaison d'une vanne à boisseau sphérique (ou vanne à passage direct) et d'un clapet anti-retour actionné par un moteur;
- un double robinet-vanne à boisseau sphérique, à passage direct;
- un ensemble de deux ou trois sphères, sans vanne;
- un lanceur utilisant une vanne à plongeur pour interrompre l'écoulement de liquide.

**6.11.3** Les commandes et systèmes de manœuvre utilisés en liaison avec les tubes étalons unidirectionnels, dépendent essentiellement du degré d'automatisation avec lequel on souhaite exploiter le système d'étalonnage.

**6.11.4** Les diamètres des tés de séparation (voir figure 1) sont au moins supérieurs d'un diamètre par rapport au diamètre nominal de la sphère ou de la boucle. La conception du té de séparation doit permettre de séparer d'une manière fiable la sphère de l'écoulement, pour tous les débits compris dans la plage de fonctionnement du tube étalon.

**6.11.5** Le diamètre des tés de lancement est en général égal à deux fois le diamètre de la sphère servant d'élément mobile. Ces tés doivent comporter des raccords à réduction progressive conduisant au tube étalon. Le té de lancement doit présenter une légère pente vers la section de mesure, ou un autre moyen assurant le déplacement de la sphère jusqu'à l'entrée du tube étalon quand l'écoulement est faible, comme cela peut se produire pendant un étalonnage effectué par la méthode de l'eau soutirée.

## 6.12 Équipement des tubes étalons bidirectionnels

**6.12.1** Dans les modèles de tubes étalons à piston bidirectionnels du dessin représenté sur la figure 2, les orifices de sortie et les orifices d'entrée, aux extrémités du tube étalon, doivent

posséder des trous ou des fentes. Ces orifices doivent être ébarbés, avec une section totale supérieure à 1,5 fois la section transversale de la partie de la tuyauterie se trouvant au-delà de l'orifice de sortie. Dans les systèmes de tubes étalons à sphère bidirectionnels équipés de chambres d'extrémité surdimensionnées (voir figure 3), la chambre de lancement et la chambre de réception doivent être conçues de façon que l'élément mobile ne puisse obstruer l'orifice d'entrée ou l'orifice de sortie et ainsi éviter au liquide de s'écouler. Les chambres de réception doivent être dimensionnées de façon à assurer un ralentissement sans choc de l'élément mobile dans les conditions de débit maximal.

**6.12.2** Pour inverser le sens de déplacement de l'élément mobile, on utilise habituellement une vanne à 4 voies unique; d'autres moyens d'inversion de l'écoulement peuvent être utilisés. Toutes les vannes doivent permettre un écoulement continu à travers le compteur pendant l'étalonnage. La dimension des vannes et leurs commandes doivent être sélectionnées de façon à minimiser la perte de charge et les coups de bélier.

## 7 Conception des tubes étalons

### 7.1 Considérations initiales

Avant d'envisager la conception d'un tube étalon, le type de tube étalon nécessaire pour l'installation doit être défini, ainsi que la manière dont il sera raccordé au compteur. À partir de l'étude de l'application prévue, de l'usage prévu et des problèmes d'encombrement, il faut établir ce qui suit :

- si le tube étalon sera fixe ou mobile;
- s'il est fixe, s'il sera associé (à une canalisation donnée), ou utilisé en tant qu'élément d'un système central;
- s'il s'agit d'un tube étalon fixe associé, si le tube étalon reste en service d'une manière continue, ou bien s'il est isolé du débit mesuré quand il n'est pas utilisé pour étalonner un compteur;
- si le tube est fixe, quelles sont les parties (éventuelles) qui seront enterrées;
- les plages de température et de pression admissibles;
- les débits maximum et minimum admissibles;
- les propriétés physiques des fluides utilisés;
- le degré d'automatisation souhaité pour l'étalonnage;
- les dimensions et les types des compteurs à étalonner;
- les installations qui seront exigées pour la mise en place et l'enlèvement de l'élément mobile dans les conditions de sécurité;
- les installations qui seront exigées pour la ventilation et la vidange du tube étalon.

### 7.2 Diamètre

Quand on détermine le diamètre des tuyauteries à utiliser dans le manifold et le tube étalon, la perte de charge à travers le système tube étalon doit être compatible avec la perte de charge que l'on considère comme tolérable dans l'installation

de mesurage. Généralement, le diamètre du tube étalon et des conduites de raccordement ou des manifolds ne doit pas être inférieur au diamètre de sortie de l'un quelconque des compteurs à étalonner.

### 7.3 Volume

Lors de la détermination du volume d'un tube étalon compris entre les détecteurs, le concepteur doit prendre en compte les points suivants :

- a) la répétabilité globale requise pour le système d'étalonnage;
- b) la répétabilité des détecteurs (voir annexe A, chapitre A.5);
- c) l'aptitude du totalisateur électronique à donner une indication à une impulsion près, sauf si on utilise l'interpolation des impulsions;
- d) la sensibilité du générateur d'impulsions du compteur, c'est-à-dire le volume passant à travers le compteur par impulsion enregistrée;
- e) le débit maximum admissible du système.

### 7.4 Vitesse de l'élément mobile

7.4.1 La présente partie de l'ISO 7278 n'a pas l'intention de limiter la vitesse des éléments mobiles; si des performances acceptables sont garanties, aucune limite arbitraire ne serait imposée à la vitesse.

7.4.2 Les vitesses maximum et minimum de l'élément mobile peuvent être déterminées à partir du diamètre du tube étalon ainsi que des débits maximum et minimum des compteurs à étalonner. En clair, une certaine limite pratique à la vitesse maximum d'un élément mobile existe soit en partie pour éviter une détérioration mécanique du tube étalon, soit pour limiter les coups de bélier, soit pour éviter de détériorer l'élément mobile et les détecteurs. Néanmoins, l'état du développement technique est tel qu'il n'est pas raisonnable de définir comme critère de conception une limite fixe à la vitesse de l'élément mobile. Une vitesse minimum doit être calculée à un niveau qui assure un passage en douceur de l'élément mobile et empêche un passage saccadé de cet élément dans les fluides à faibles propriétés lubrifiantes.

7.4.3 Dans les tubes étalons unidirectionnels, une vitesse de 3 m/s est une spécification usuelle de calcul, alors que, dans les tubes étalons bidirectionnels, la vitesse de l'élément mobile est habituellement plus faible. Néanmoins l'emploi de techniques spéciales de lancement permet d'utiliser des éléments mobiles à une vitesse plus élevée dans les tubes étalons bidirectionnels.

### 7.5 Répétabilité et précision

7.5.1 La principale exigence demandée à un tube étalon, est la suivante: pouvoir étalonner des compteurs avec précision. Cependant, cette précision ne peut être directement définie, car elle dépend de la répétabilité des compteurs et de l'incertitude sur la détermination du volume de référence du tube éta-

lon. Toutefois, la répétabilité de toute combinaison tube étalon/compteur peut toujours être déterminée expérimentalement en effectuant une série d'essais dans des conditions rigoureusement contrôlées, et en effectuant une analyse statistique des résultats. Il est donc courant d'adopter la répétabilité comme le seul critère disponible d'acceptation d'un tube étalon. Mais il faut toujours se rappeler que, alors qu'une mauvaise répétabilité est une indication immédiate des mauvaises performances d'un tube étalon, une bonne répétabilité n'indique pas nécessairement que la précision est bonne, car il y a toujours le risque d'erreurs systématiques inconnues. Les opérateurs doivent toujours être sur leurs gardes, pour éviter ces erreurs.

7.5.2 La répétabilité d'un système d'étalonnage dépend de ses composants, et en particulier de l'aptitude du détecteur à localiser fidèlement la position de l'élément mobile.

7.5.3 Le choix des détecteurs de position de l'élément mobile a un effet direct sur la longueur définitive du tronçon d'étalonnage. Un détecteur plus précis permet d'avoir une longueur plus faible: la répétabilité requise du détecteur pour localiser l'élément mobile peut être mesurée expérimentalement par la méthode décrite dans l'annexe A, chapitre A.5.

7.5.4 Quand des pièces usées ou endommagées d'un détecteur sont remplacées, il faut s'assurer que ni la course (enfoncement) des détecteurs, ni les composants de son interrupteur électrique, ne sont altérés au point de modifier le volume du tube étalon en dehors de la tolérance admissible (0,02 %). C'est en particulier le cas dans les tubes étalons unidirectionnels, les variations de la course des détecteurs ne sont pas compensées par un déplacement de la sphère en aller-retour. Pour éviter cette situation, il convient d'effectuer une ou plusieurs des opérations suivantes, chaque fois que l'on effectue cette opération de maintenance :

- a) remplacer l'ensemble détecteur par une unité identique préétalonnée;
- b) si le tube étalon possède des détecteurs doubles à chaque extrémité, remettre à zéro le détecteur réparé, par la technique décrite au chapitre A.4 de l'annexe A;
- c) si aucune des opérations ci-dessus n'est effectuée, il faut réétalonner le tube étalon.

NOTE — Si toutefois les opérations a) et b) mentionnées ci-dessus ont été effectuées et après accord des parties intéressées, un réétalonnage du tube étalon n'est pas nécessaire.

7.5.5 Quand on utilise un tube étalon pour étalonner un compteur, une source importante d'erreur aléatoire existe, l'erreur de mobilité du compteur d'impulsions. Cette erreur existe du fait qu'un totalisateur numérique a pour seuil de mobilité l'unité, ce qui veut dire qu'il ne peut indiquer qu'un nombre entier d'impulsions. En conséquence, l'incertitude aléatoire sur le nombre indiqué d'impulsions est de  $\pm 1$ . Par exemple, si l'on souhaite limiter l'incertitude due à la source seule à  $\pm 0,01$  %, sans faire appel à la méthode d'interpolation des impulsions décrite dans l'ISO 7278-3, au moins 10 000 impulsions doivent

être recueillies pendant un essai d'étalonnage ou pendant un trajet dans un tube étalon bidirectionnel. L'équation (1) représente mathématiquement le degré d'incertitude :

$$U = \frac{1}{n} \quad \dots (1)$$

où

$U$  est le degré d'incertitude sur le nombre enregistré d'impulsions, dû à cette source seule, c'est-à-dire l'erreur de mobilité;

$n$  est le nombre d'impulsions recueillies pendant un essai d'étalonnage.

Après avoir établi le degré d'incertitude, on utilise l'équation (2) pour déterminer le volume minimum entre les détecteurs :

$$V = \frac{1}{UK} \quad \dots (2)$$

où

$V$  est le volume minimum entre les détecteurs du tube étalon;

$K$  est le facteur minimum (nombre d'impulsions par unité de volume) d'un compteur quelconque étalonné à l'aide du tube étalon.

**7.5.6** Il ressort de ce qui précède, que l'on peut réduire le volume des tubes étalons en augmentant le nombre des impulsions des compteurs à étalonner. Mais il faut faire attention lors de l'utilisation d'émetteurs d'impulsions entraînés par engrenages sur les compteurs volumétriques, pour obtenir un nombre très élevé d'impulsions. En effet, dans ces dispositifs, il se crée des phénomènes mécaniques, comme le jeu variable dans les engrenages, la torsion de l'arbre d'entraînement, ou des variations cycliques de couple qui provoquent des irrégularités dans l'émission des impulsions. On peut aussi utiliser un moyen électronique d'interpolation des impulsions pour réduire l'erreur de mobilité; ces techniques doivent être utilisées avec précaution, et des dispositions concernant leur utilisation sont décrites dans l'ISO 7278-3. L'interpolation des impulsions est plus efficace que les compteurs émettent des impulsions à intervalles réguliers.

### 7.5.7 Dimensions optimales des tubes étalons

En cas d'étude d'un équipement de taille minimale d'un tube étalon pour un usage particulier, les considérations suivantes doivent être prises en compte :

- une réduction du diamètre du tube étalon nécessite d'augmenter la distance entre les détecteurs, pour un volume donné, ce qui diminue l'influence des erreurs dues à la résolution des détecteurs. Cependant cela augmente la vitesse de l'élément mobile qui risque d'atteindre la limite tolérée;
- une augmentation du diamètre du tube étalon a l'effet inverse: la vitesse de l'élément mobile diminue, avec comme résultat une augmentation de l'influence des erreurs dues à la résolution des détecteurs qui peut atteindre la limite tolérée.

## 7.6 Exemple de calcul et de conception d'un tube étalon

Un exemple de calcul de conception et dimension d'un tube étalon est fourni comme référence dans l'annexe B. Le calcul est fourni à titre d'illustration et ne fait pas partie intégrante de la présente partie de l'ISO 7278.

## 8 Installation

**8.1** Selon leur mode d'installation, les tubes étalons peuvent être classés en tubes étalons mobiles transportables, tubes étalons associés ou tubes étalons de station centralisée.

### 8.1.1 Tube étalon mobile

Un tube étalon mobile est normalement monté sur un véhicule routier ou sur une remorque. Il peut ainsi être déplacé d'un site à un autre pour effectuer un étalonnage sur place des différents compteurs dans leur installation normale. Parfois, les tubes étalons mobiles sont montés dans des conteneurs ou sur des châssis autonomes, pour être transportés par route, par chemin de fer ou par mer. Les tubes étalons mobiles possèdent toujours un moyen leur permettant d'être raccordés à l'ensemble de mesurage pour lequel ils seront utilisés. Habituellement, il s'agira de tuyaux flexibles, ou de tout autre système conforme aux normes de sécurité applicables.

### 8.1.2 Tube étalon associé

Un tube étalon associé est raccordé par l'intermédiaire de tuyauteries et de vannes, à une batterie de compteurs montés en parallèle. Sa seule fonction est d'étalonner ces compteurs les uns après les autres, à certains intervalles requis. Bien que les tubes étalons associés desservent normalement plusieurs compteurs, cette expression convient aussi quand le tube étalon est raccordé en permanence à un seul compteur.

### 8.1.3 Tube étalon de station centralisée

Un tube étalon de station centralisée est installé en permanence en un point où existent des installations d'amenée et de pompage de liquide, mais sans être raccordé en permanence à une batterie de compteurs. Au contraire, il est utilisé pour étalonner les compteurs, qui sont périodiquement apportés et provisoirement raccordés au tube étalon, généralement avec leurs tuyauteries amont et aval et leurs systèmes de conditionnement du débit. Le tube étalon de station centralisée doit être capable d'étalonner le compteur dans toutes les conditions qui seront rencontrées pendant les opérations de comptage et spécialement aux valeurs débit et viscosité. Après avoir effectué un étalonnage d'un compteur en station centralisée, il faut s'assurer que ce compteur est convenablement manipulé, pour ne pas détériorer son étalonnage lors de sa réinstallation sur le site de travail.

## 8.2 Instructions générales relatives à l'installation

Tous les composants de l'installation d'étalonnage, en particulier les tuyauteries de raccordement, les vannes et les manifolds, doivent être conformes aux codes de sécurité et de construction applicables aux tuyauteries. Quand le tube étalon est raccordé, il devient partie intégrante du système sous pression.