

NORME INTERNATIONALE

ISO
3171

Deuxième édition
1988-12-01



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

Produits pétroliers liquides — Échantillonnage automatique en oléoduc

Petroleum liquids — Automatic pipeline sampling

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

SIST ISO 3171:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5ac62269-8bf1-4063-b054-3a4efd263246/sist-iso-3171-1996>

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 électronique 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 3171 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 28, *Produits pétroliers et lubrifiants*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5ac62269-8bfl-4063-b054-3a4ef1263246/sist-iso-3171-1996>

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 3171 : 1975), dont elle constitue une révision technique.

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
0 Introduction	1
1 Objet et domaine d'application	1
2 Références	2
3 Définitions	2
4 Principes	4
5 Choix du point d'échantillonnage (y compris la mise en condition de l'écoulement)	6
6 Tests de profil	7
7 Conception de la sonde d'échantillonnage	9
8 Conception et installation de l'échantillonneur	10
9 Système de commande	11
10 Mesure du débit	12
11 Réceptacles d'échantillon et conteneurs	12
12 Traitement de l'échantillon	13
13 Sécurité	15
14 Modes opératoires	16
15 Validation du système d'échantillonnage	19
16 Estimation de l'incertitude du système complet d'échantillonnage	21
17 Bibliographie	24
Annexes	
A Estimation de la dispersion de l'eau dans le pétrole	32
B Exemple de tests de profil de concentration en eau dans un terminal de pétrole brut	51
C Guide pour le choix des emplacements possibles d'échantillonnage	54

Tableaux

1	Caractéristiques recommandées d'un échantillonneur de pétrole brut et de produits raffinés	11
2	Exemples de paramètres opératoires pour échantillonneurs discontinus à volume fixe	17
3	Rapport type sur les performances et l'entretien d'un échantillonneur discontinu de PU	18
4	Classification des systèmes d'échantillonnage d'après les essais d'injection d'eau en proportion de 1 % et plus	20
5	Symboles	34
6	Coefficients de perte de pression suggérés	36
7	Valeur de β pour les coudes	37
8	Rapports de concentration prévus	37
9	Critères d'acceptation des profils	38
10a	Test de profil de concentration en eau dans un terminal de pétrole brut (exemple 1)	52
10b	Test de profil de concentration en eau dans un terminal de pétrole brut (exemple 2)	53
11	Vitesse minimale suggérée en fonction des éléments d'homogénéisation	54

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Figures

SIST ISO 3171:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5ac62269-8bfl-4063-b054-2e4af8e7346/sist-iso-3171-1996>

1	Diagramme de validation initiale ou périodique du système d'échantillonnage	24
2	Représentation graphique des profils de concentration dans une canalisation horizontale	25
3	Emplacement du point de soutirage	25
4	Sonde multipoints pour test de profil	26
5	Disposition d'une sonde multipoints dans une canalisation horizontale pour des canalisations d'un diamètre de 300 mm ou plus	27
6	Diagramme d'une séquence type du test de profil	28
7	Test de profil en trois points — Diagramme à bâtons	29
8	Résultats des tests de profil (profils caractéristiques)	30
9	Exemples de dispositifs d'échantillonnage	31
10	Taux d'énergie et taille des gouttes	45
11	Vitesse de sédimentation	47
12	Turbulence (diffusivité)	49
13a	Test de profil de concentration en eau dans un terminal de pétrole brut (exemple 1)	52
13b	Test de profil de concentration en eau dans un terminal de pétrole brut (exemple 2)	53

Produits pétroliers liquides — Échantillonnage automatique en oléoduc

0 Introduction

Le prélèvement d'un échantillon d'un produit circulant dans une canalisation a pour but de déterminer sa composition moyenne et la qualité du lot complet. Les échantillons de ce lot passant dans la canalisation peuvent être analysés pour en déduire la composition, la teneur en eau et en sédiments ou toute autre caractéristique importante, comme la masse volumique, la viscosité et, moyennant des précautions particulières, la tension de vapeur.

Les méthodes manuelles d'échantillonnage sur une canalisation conviennent aux liquides homogènes dont la composition et la qualité ne varient pas de façon significative dans le temps. Si tel n'est pas le cas, la méthode d'échantillonnage automatique est la méthode recommandée, du fait que le prélèvement continu ou répétitif de petits échantillons soutirés de la canalisation, garantit que toute modification intervenant dans le contenu se répercutera dans l'échantillon obtenu. Pour que ce dernier soit aussi représentatif que possible, il est indispensable que soient observées les recommandations de la présente Norme internationale en ce qui concerne l'homogénéité du liquide au point d'échantillonnage et la fréquence de prélèvement des petits échantillons.

On devra également envisager de pouvoir disposer d'échantillons témoins, prélevés par des méthodes manuelles et auxquelles on puisse se référer si l'échantillonneur automatique ne fonctionne pas correctement. Néanmoins l'échantillonnage manuel est sujet à caution si les conditions d'écoulement changent (voir ISO 3170 : 1987).

L'équipement et les techniques décrites ont été généralement utilisés pour l'échantillonnage de pétrole brut stabilisé, mais peuvent être également appliqués au pétrole brut non stabilisé, à condition de prendre les mesures de sécurité qui s'imposent.

Un échantillonnage représentatif de pétrole brut, pour déterminer la masse volumique et la teneur en eau et en sédiments, est une opération délicate. Des études approfondies ont montré que lors du transfert de pétrole brut, quatre conditions sont nécessaires pour aboutir à des valeurs réellement représentatives :

- a) conditionnement suffisant de l'écoulement du produit circulant dans la canalisation;
- b) la méthode d'échantillonnage fiable et efficace, assurant une proportionnalité entre le débit d'échantillonnage et le débit dans la canalisation;

c) mode approprié de conservation et de transport de l'échantillon;

d) conditionnement et fractionnement appropriés de l'échantillon permettant de procéder à des analyses précises en laboratoire.

La présente Norme internationale se réfère aux méthodes existantes d'échantillonnage et aux types d'équipement actuellement utilisés. Toutefois, elle n'exclut pas de nouveaux équipements si ceux-ci permettent d'obtenir des échantillons représentatifs et s'ils répondent aux exigences générales et aux procédures stipulées dans la présente Norme internationale.

Dans les annexes de la présente Norme internationale figurent les procédures de calcul relatives à la théorie de l'homogénéisation en ligne, les tests de profil, ainsi que des guides pour l'emplacement de l'échantillonneur.

Il est admis que, dans de nombreux pays, tout ou partie des points couverts par la présente Norme internationale fait l'objet de règlements imposés par la législation en vigueur dans le pays. Ces règlements doivent être rigoureusement observés. En cas de conflit entre ces règlements et la présente Norme internationale, ce sont les premiers qui prévalent.

1 Objet et domaine d'application

1.1 La présente Norme internationale recommande les méthodes à utiliser pour obtenir, par des moyens automatiques, des échantillons représentatifs de pétrole brut ou de produits pétroliers liquides transportés par la canalisation.

NOTE — Bien que dans toute la présente Norme internationale on utilise le terme «pétrole brut», celle-ci s'applique également aux autres produits pétroliers liquides quand les mêmes techniques et équipements sont utilisables.

1.2 La présente Norme internationale ne s'applique pas à l'échantillonnage de gaz de pétrole liquéfiés et de gaz naturels liquéfiés.

1.3 L'objet principal de la présente Norme internationale est de servir de guide pour définir, tester, mettre en œuvre, entretenir et contrôler les échantillonneurs de brut.

1.4 Les procédures d'échantillonnage de pétrole brut ont pour but d'obtenir des échantillons représentatifs servant à déterminer

- a) la composition et la qualité du pétrole;

- b) la teneur totale en eau;
- c) la présence d'autres impuretés ne faisant normalement pas partie du pétrole brut transporté.

Si les procédures d'échantillonnage concernant les points a), b) et c) sont contradictoires, il conviendra de prélever séparément des échantillons.

NOTE — Les résultats des analyses de laboratoire peuvent être utilisés pour déterminer les corrections à appliquer aux quantités de pétrole brut transférées. Les méthodes de calcul de ces corrections ne font pas partie de la présente Norme internationale.

1.5 La présente Norme internationale précise également le traitement de l'échantillon depuis son prélèvement jusqu'à son transfert dans les appareils de laboratoire.

1.6 La présente Norme internationale décrit les pratiques et méthodes considérées actuellement comme les plus aptes pour réaliser un échantillonnage représentatif et, par suite, obtenir une détermination précise de la teneur en eau. Néanmoins, la précision de la détermination de la teneur en eau d'échantillons prélevés dans des canalisations à l'aide d'échantillonneurs automatiques dépendra des caractéristiques et de la configuration des divers éléments formant le système d'échantillonnage et de la précision des méthodes d'analyse utilisées par la suite.

Une méthode théorique pour évaluer la précision combinée du système automatique d'échantillonnage et des procédés d'analyse est proposée au chapitre 16. Une procédure pratique d'essai sur place est décrite au chapitre 15.

Généralement, les limites de précision acceptables, pour un système particulier d'échantillonnage automatique, seront fixées d'un commun accord entre les parties intéressées.

Le tableau 4 du chapitre 15 donne un classement des performances des systèmes d'échantillonnage automatique établi à partir de résultats d'essais pratiques. On peut se baser sur ce classement pour juger des performances d'un système et conclure des accords particuliers.

2 Références

ISO 3165, *Échantillonnage de produits chimiques à usage industriel — Sécurité dans l'échantillonnage.*

ISO 3170, *Produits pétroliers — Hydrocarbures liquides — Échantillonnage manuel.*

NOTE — Voir également chapitre 17, Bibliographie.

3 Définitions

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

3.1 limites de confiance (précision) : Limites dans lesquelles est acceptable une détermination de concentration en eau dans un échantillon par rapport à la valeur réelle ou autre valeur spécifiée pour un niveau de confiance de 95 % .

3.2 échantillonneur automatique: Système capable d'extraire un échantillon représentatif d'un liquide circulant dans une canalisation. Le système comprend une sonde d'échantillonnage et/ou un dispositif de prélèvement, un système de commande associé et un réceptacle d'échantillon.

3.2.1 échantillonneur discontinu: Système pour soutirer un liquide en écoulement, un réceptacle pour recevoir les prélèvements unitaires extraits et un système de commande permettant le contrôle de la quantité d'échantillon prélevé en faisant varier en fonction du débit, soit la fréquence d'échantillonnage, soit le volume du prélèvement unitaire.

3.2.2 échantillonneur continu: Système pour soutirer un liquide en écoulement comportant un dispositif de prélèvement continu du liquide dans la canalisation en fonction du débit, un réceptacle intermédiaire d'échantillon et un système de commande du transfert de l'échantillon intermédiaire dans le réceptacle final.

3.3 volume calculé de l'échantillon: Le volume théorique de l'échantillon prélevé est égal au produit du volume du prélèvement unitaire par le nombre de prélèvements effectués.

3.4 personne qualifiée: Personne qui, en raison de sa formation, de son expérience et de ses connaissances théoriques et pratiques, peut déceler tout défaut ou carence au niveau de l'installation ou du matériel et juger si leur utilisation peut être poursuivie.

NOTE — Cette personne devra avoir une autorité suffisante pour s'assurer que les actions nécessaires sont prises conformément à ses recommandations.

3.5 système de commande: Dispositif commandant le fonctionnement de l'échantillonneur automatique pour obtenir un échantillon représentatif.

3.6 échantillon prélevé à fréquence fixe (échantillon proportionnel au temps): Échantillon constitué par une série de prélèvements d'égal volume dans une canalisation, à intervalles de temps réguliers, pendant toute la durée du passage d'un lot à travers cette canalisation.

3.7 échantillon proportionnel au débit: Échantillon prélevé dans une canalisation pendant toute la durée du passage d'un lot selon une fréquence proportionnelle à chaque instant au débit du liquide à travers cette canalisation.

3.8 prélèvement unitaire (PU): Volume de liquide extrait de la canalisation lors d'une action du dispositif de prélèvement. La somme de tous les prélèvements unitaires constitue l'échantillon.

3.9 mélange homogène: Un liquide est homogène si sa composition est la même en tous points. Dans le cadre de la présente Norme internationale, un liquide est considéré comme homogène si sa composition ne sort pas des limites stipulées en 4.4.

3.10 intégrité de l'échantillon: L'échantillon, dans sa totalité, ne doit subir aucune altération, c'est-à-dire, conserver la même composition que lorsqu'il a été prélevé dans le liquide en mouvement.

ITEH STANDARDS PUBLISHING
(standards.iteh.ai)
SIST ISO 3171
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5ac62269-8bfl-4063-b054-3a4af1263241-iso-3171-1988>

3.11 échantillonnage isocinétique: Échantillonnage effectué de telle sorte que la vitesse linéaire du liquide à travers l'ouverture de la sonde d'échantillonnage soit égale à la vitesse linéaire du liquide dans la canalisation, à l'endroit de la sonde, et ait la même direction que celle du liquide dans la canalisation au voisinage de la sonde.

3.12 homogénéisateur: Dispositif donnant un mélange homogène de liquide dans une canalisation ou dans un conteneur, dans le but d'obtenir un échantillon représentatif.

3.12.1 homogénéisateur assisté: Appareil tributaire d'une source d'alimentation extérieure, fournissant l'énergie requise pour homogénéiser le liquide.

3.12.2 homogénéisateur statique: Appareil sans partie mobile, situé dans une canalisation. La puissance requise pour homogénéiser le liquide en mouvement est fournie par l'énergie cinétique du fluide.

3.12.3 homogénéisateur statique à géométrie variable: Appareil avec partie réglable situé dans une canalisation, et dont on peut faire varier la position suivant le débit.

3.13 canalisation: Tout ensemble de tuyauterie servant à acheminer des liquides. Une tuyauterie à passage direct ne doit comporter aucun accessoire intérieur tel qu'un homogénéisateur statique ou une plaque à orifice calibré.

3.14 test de profil: Technique d'échantillonnage simultanée en plusieurs points sur un diamètre vertical de la canalisation. Les termes utilisés en relation avec un test de profil sont les suivants:

3.14.1 moyenne générale: Moyenne des moyennes des points ou moyennes des profils (noter que le résultat est le même).

3.14.2 point: Position d'un orifice d'échantillonnage dans le profil.

3.14.3 moyenne du point: Moyenne de la concentration en eau au même point de tous les profils (à l'exclusion des profils ayant moins de 1 % d'eau).

3.14.4 profil: Série d'échantillons prélevés simultanément en plusieurs points d'un diamètre vertical de la canalisation.

NOTE — Ce terme est également utilisé pour indiquer les séries de points d'échantillonnage eux-mêmes et les séries de résultats obtenus par analyse des échantillons prélevés en ces points.

3.14.5 moyenne du profil: Moyenne des concentrations en eau de tous les points du même profil (à l'exclusion des profils ayant moins de 1 % en eau).

3.15 échantillon représentatif: Un échantillon sera considéré comme représentatif si ses caractéristiques physiques ou chimiques sont identiques à la moyenne volumétrique de la totalité du produit échantillonné.

NOTE — Les erreurs ne pouvant pas être quantifiées avec précision, satisfaire à cette définition ne peut s'exprimer que sous la forme d'une incertitude que l'on déterminera par mesures ou par calcul.

3.16 échantillon: Quantité de liquide prélevée dans une canalisation et transférée, par la suite, au laboratoire pour analyse.

3.17 conditionnement de l'échantillon: Homogénéisation de l'échantillon en vue de l'analyse.

3.18 conteneur: Récipient utilisé pour le stockage, le transport et le préconditionnement de la quantité totale ou d'une partie de la quantité totale de l'échantillon, en vue de procéder à des opérations d'analyse ou de le diviser en petits sous-échantillons identiques pour l'analyse.

3.19 traitement de l'échantillon: Conditionnement, transfert, division et transport de l'échantillon. Ceci inclut également le transvasement de l'échantillon du réceptacle dans un ou des conteneurs et l'extraction de l'échantillon de son conteneur pour l'introduire dans l'appareil de laboratoire où il doit être analysé.

3.20 boucle d'échantillonnage et bipasse (dérivation): Circuit de dérivation de la canalisation principale dans lequel circule une portion représentative du courant principal à échantillonner.

3.21 réceptacle d'échantillon: Récipient, relié à l'échantillonneur automatique, dans lequel l'échantillon est recueilli. Ce réceptacle peut être soit fixé en permanence sur l'échantillonneur, soit portatif. Dans les deux cas, il doit être conçu de manière à préserver l'intégrité de l'échantillon.

NOTE — Dans certains cas, on peut recueillir simultanément la totalité de l'échantillon dans plusieurs réceptacles. L'intégrité de l'échantillon devrait alors être assurée dans chaque réceptacle individuel.

3.22 facteur de performance de l'échantillonneur (FP): Rapport entre le volume cumulé et le volume calculé d'échantillon (voir 14.6).

3.23 fréquence d'échantillonnage: Nombre de prélèvements unitaires (PU) par unité de temps.

3.24 période d'échantillonnage: Temps s'écoulant entre deux PU successifs.

3.25 emplacement du point d'échantillonnage: Section droite de la canalisation où la sonde est située, ou bien où l'on se propose de la placer.

3.26 sonde d'échantillonnage: Élément de l'échantillonneur se prolongeant dans la canalisation.

3.27 taux d'échantillonnage: Quantité du contenu de la canalisation, représentée par un PU.

NOTE — Il peut être exprimé par un volume en mètres cubes par prélèvement unitaire ou par une longueur de canalisation en mètres par prélèvement unitaire.

3.28 dispositif de prélèvement: Dispositif permettant l'extraction des prélèvements unitaires (PU).

3.29 conditionnement de l'écoulement: Dispersion et équirépartition de la phase dispersée du contenu de la canalisation en amont de la sonde d'échantillonnage.

3.30 échantillon prélevé à fréquence fixe: Voir 3.6.

3.31 Eau

3.31.1 eau dissoute: Eau contenue en solution dans le produit pétrolier à la température ambiante.

3.31.2 eau en suspension: Eau présente dans le produit pétrolier sous forme de petites gouttelettes finement dispersées.

NOTE — À terme, ces gouttelettes peuvent se rassembler en eau libre ou former de l'eau dissoute, selon les conditions de température et de pression du produit.

3.31.3 eau libre: Eau formant une couche distincte du produit pétrolier et se trouvant sous celui-ci de façon caractéristique.

3.31.4 eau totale: Somme des eaux libres, dissoutes et en suspension se trouvant dans une cargaison ou un lot de produit pétrolier.

3.32 conditions les plus défavorables: Profils de concentration les plus irréguliers et les plus instables au point d'échantillonnage.

NOTE — Ceci se produit généralement lorsque le débit est faible, la masse volumique et la viscosité sont faibles. Mais d'autres facteurs tels que les émulsifiants et les surfactants peuvent aussi intervenir.

4 Principes

4.1 But

Le présent chapitre définit les principes auxquels il faut obéir au cours des opérations d'échantillonnage afin que la représentativité des échantillons prélevés soit conforme aux spécifications de la présente Norme internationale et réponde aux critères d'acceptabilité stipulés en 4.4.

4.2 Principes à observer

Pour déterminer soit la composition d'un pétrole, soit la qualité et la teneur totale en eau, d'un lot de pétrole brut, des échantillons représentatifs de ce lot doivent être prélevés et analysés. Le lot peut être soit un transfert par canalisation pendant une période de temps donnée, ou être constitué de la totalité ou d'une partie de la cargaison d'un pétrolier en cours de chargement ou de déchargement.

La représentativité dépend de quatre conditions qui devraient toutes être respectées, car le non respect de l'une d'elles peut affecter la qualité du résultat final.

4.2.1 La première condition est que les échantillons prélevés dans la canalisation aient la même composition que la composition moyenne du pétrole brut dans toute la section droite de la canalisation, au point et au moment de l'échantillonnage. Cette condition n'est pas facile à remplir du fait de la variation possible de la concentration dans la section.

Cette condition nécessite qu'au point d'échantillonnage:

a) la distribution ou la concentration en eau dans le pétrole brut soit uniforme dans toute la section droite de la canalisation, dans les limites d'acceptabilité fixées en 4.4;

b) le diamètre de l'entrée de la sonde d'échantillonnage soit suffisamment large par rapport aux dimensions maximales des gouttelettes d'eau. Il ne doit pas être inférieur à 6 mm (voir 7.3).

4.2.2 La deuxième condition est que la représentativité soit conservée pendant toute la période de transfert du lot, dont la composition peut changer entre le commencement et la fin de l'échantillonnage. Le débit d'échantillonnage doit être proportionnel à celui existant dans la canalisation, qu'il s'agisse d'un échantillonnage continu ou discontinu. Dans ce dernier cas, la fréquence de l'échantillonnage et la taille du PU doivent être suffisantes pour garantir une représentativité acceptable.

En outre, la représentativité de l'échantillon doit être conservée, dans l'échantillonneur automatique, depuis son entrée dans la sonde d'échantillonnage jusqu'à son arrivée dans le réceptacle. Les échantillons doivent être prélevés au moyen d'un appareillage respectant les recommandations des chapitres 7, 8, 9 et 10.

4.2.3 La troisième condition est que l'échantillon soit maintenu dans les mêmes conditions qu'au point d'extraction, sans aucune perte de liquide, de solides ou de gaz et sans contamination.

Le stockage et le transport des échantillons doivent se dérouler comme prescrit par les recommandations du chapitre 11.

4.2.4 La quatrième condition concerne la division d'un échantillon en un certain nombre de sous-échantillons de telle façon que chacun de ces derniers ait exactement la même composition que l'échantillon d'origine.

La procédure à suivre pour diviser chaque échantillon en sous-échantillons et pour transférer ceux-ci dans les appareils de laboratoire est précisée au chapitre 12.

NOTE — Il doit être bien entendu que cette quatrième condition est fondamentale et que toute erreur introduite peut anéantir la représentativité acquise dans les trois premières.

4.3 Tolérances d'échantillonnage et validation

Pour que chaque échantillon envoyé au laboratoire pour analyse soit représentatif de l'ensemble du lot, sa composition par rapport à celui-ci doit rester à l'intérieur des tolérances indiquées au tableau 4 et en 15.5.

Pour que toute dérogation aux conditions stipulées ci-dessus (4.2) n'aboutisse pas à ce que la représentativité de l'échantillon ne soit plus conforme aux tolérances indiquées au tableau 4, chaque phase de l'opération d'échantillonnage doit être validée, comme indiqué sur la figure 1.

4.4 Principes généraux d'échantillonnage

Les lois hydrauliques gouvernant la ségrégation de liquides hétérogènes dans la canalisation, montrent qu'il faut une quantité suffisamment élevée d'énergie de dissipation pour que les gouttes d'eau et les particules solides plus lourdes restent en suspension dans le pétrole brut. Cette énergie peut être fournie soit par la vitesse d'écoulement dans une canalisation à section libre, soit par un dispositif d'homogénéisation situé immédiatement en amont du point d'échantillonnage.

Si l'on considère la distribution de l'eau dans une section droite de canalisation, les limites acceptables des valeurs trouvées dans le test de profil (chapitre 6) concernant la concentration moyenne de l'eau dans ce plan doivent se situer à $\pm 0,05$ g/100 g pour les échantillons ayant une teneur en eau allant jusqu'à 1 g/100 g et à ± 5 % de la concentration moyenne (relative) dans le cas d'échantillons ayant une teneur en eau supérieure à 1 g/100 g [voir aussi le cas 2 (4.4.2)].

NOTE — Bien que les concentrations ci-dessus soient exprimées en unités de masse, elles s'appliquent aussi pour des unités en volume.

Dans les canalisations horizontales, il existe trois grands types de profils de concentration des différentes phases dans la section droite, en fonction des conditions hydrauliques (débit, masse volumique et viscosité du produit, contenu de la phase dispersée, agents modifiant la tension interfaciale, etc.).

4.4.1 Cas 1 (voir figure 2, profil de type 1)

Dans ce cas, la concentration est la même, dans les limites d'acceptabilité définies précédemment, dans toute la section droite de la canalisation et pour toutes les teneurs en eau. Les conditions existantes d'échantillonnage sont acceptables puisque l'eau est répartie uniformément dans toute la section droite de la canalisation. En conséquence, on peut obtenir un échantillon représentatif à l'entrée de la sonde d'échantillonnage placée en un point quelconque du diamètre de la section. Il est toutefois essentiel de prendre la précaution de ne pas placer la sonde trop près de la paroi pour éviter les effets de paroi.

4.4.2 Cas 2 (voir figure 2, profil de type 2)

C'est le cas d'une concentration qui varie d'un point à un autre de la section droite mais selon un gradient uniforme, si bien qu'il existe au moins un point fixe où la concentration est égale à la concentration moyenne dans la section. L'analyse mathématique montre que ce point se situe généralement sur le diamètre vertical partant du fond de la canalisation horizontale entre 0,4 et 0,5 fois le diamètre vertical.

L'échantillonnage en ce point sera acceptable si la teneur en eau trouvée au point d'échantillonnage, dans les conditions les plus défavorables, est égale à la concentration moyenne dans les limites fixées précédemment.

4.4.3 Cas 3 (voir figure 2, profils de type 3a et 3b)

Il s'agit du cas où la concentration dans la section droite n'est pas linéaire, indiquant la présence d'une ségrégation (type 3a). On peut même trouver des profils tout à fait irréguliers (type 3b).

Comme il y a toute une gamme de concentration aux différents points de la section droite, l'échantillonnage en un point déterminé est inacceptable et il est nécessaire d'installer des dispositifs mélangeurs (voir 5.3).

NOTE — S'il y a de l'eau libre ou une émulsion de concentration élevée en eau à la base de la canalisation, il n'est pas possible d'obtenir un échantillon représentatif.

4.5 Phase dispersée — variations dans le temps

Il est peu probable que la concentration des composants d'une phase dispersée dans le liquide demeure constante dans le temps. Par exemple, lorsqu'un pétrolier décharge sa cargaison dans un oléoduc, outre un changement graduel de la teneur initiale en eau, il peut exister des pics de concentration en eau relativement élevés. Des observations expérimentales montrent que ces passages «transitoires» peuvent contenir jusqu'à 50 % d'eau et durer moins de 1 min. En fonction des méthodes de déchargement, ces pics de teneur en eau peuvent être très variables et sans commune mesure avec la concentration en eau que l'on peut relever dans le pétrole transporté par le navire.

Il en résulte que la représentativité réelle des échantillons prélevés dans un tel cas dépendra de l'aptitude du système d'échantillonnage automatique à prendre en compte, de façon à la fois précise et proportionnelle, ces pics de concentration et à les intégrer dans le volume total des échantillons soutirés.

Dans le cas d'échantillonneurs de type discontinu, la précision dépendra du type d'équipement et de la fréquence de son fonctionnement par rapport à la fréquence et à la durée de ces phénomènes transitoires. Avec des échantillonneurs continus, la précision dépendra de la nature du système de prélèvement et d'homogénéisation, ainsi que du débit de l'échantillonnage secondaire, s'il est utilisé. Pour les deux types d'échantillonneurs, la durée totale du transfert du pétrole, celle des phénomènes transitoires et la fréquence d'échantillonnage jouent statistiquement un rôle dans la détermination de la précision de l'échantillonnage.

L'analyse théorique de l'effet de ces phénomènes transitoires d'une phase dispersée sur les performances des différents types d'échantillonneurs conduit aux conclusions générales suivantes:

- lors d'un transfert de courte durée où peuvent se manifester des phénomènes transitoires fréquents mais brefs, c'est la précision des échantillonneurs automatiques de type continu qui est la moins affectée;
- dans le cas d'un transfert de courte durée comportant des phénomènes transitoires relativement peu nombreux mais plus longs, la précision des échantillonneurs de type discontinu est voisine de celle des échantillonneurs automatiques continus;

c) pour des transferts de longue durée, l'erreur moyenne provoquée par des phénomènes transitoires d'une durée quelconque, en utilisant l'un ou l'autre type d'échantillonneurs, reste dans les limites d'acceptabilité définies par la présente Norme internationale.

4.6 Faible teneur en eau

L'attention est attirée sur le fait que, si la concentration en eau est de l'ordre de 0,1 % (m/m), c'est-à-dire proche de la solubilité de l'eau dans le pétrole brut, les profils de concentration montrent une bonne uniformité de la distribution de l'eau dans toutes les conditions hydrauliques.

5 Choix du point d'échantillonnage (y compris la mise en condition de l'écoulement)

5.1 Généralités

Comme déjà souligné au chapitre 4, il est essentiel que la sonde d'échantillonnage soit placée en un point de la canalisation, représentatif de l'écoulement. Ceci dépend du degré d'homogénéisation régnant dans la canalisation, lui-même fonction d'un certain nombre de facteurs tels que la vitesse du liquide et la configuration de la canalisation à l'amont du point d'échantillonnage.

Les recommandations données dans ce chapitre pour le choix du point d'échantillonnage supposent que la canalisation reste constamment pleine.

5.2 Choix initial de l'emplacement de la sonde de l'échantillonneur

5.2.1 La force de gravité favorise la stratification dans la canalisation horizontale alors que dans la canalisation verticale, elle favorise une distribution plus uniforme. C'est pourquoi, si on a le choix entre une installation verticale et une installation horizontale et, à conditions opératoires identiques, l'emplacement recommandé se situe sur une portion de tube vertical, à condition que la vitesse de pompage soit nettement plus élevée que celle de sédimentation de l'eau et des sédiments (voir annexe A, A.2.2).

L'annexe C donne des conseils utiles pour une présélection des points d'échantillonnage possibles. Mais l'annexe A donne davantage de détails.

5.2.2 La turbulence existant naturellement dans une longue canalisation horizontale peut être suffisante, bien que ce ne soit fréquemment pas le cas, pour produire une homogénéisation suffisante. La turbulence naturelle minimale dépend de la vitesse, du diamètre de la canalisation, de la viscosité, de la masse volumique et de la tension interfaciale. Si la turbulence naturelle est insuffisante pour obtenir un échantillonnage représentatif, il faut alors créer une homogénéisation complémentaire à l'aide d'accessoires de canalisation adaptés (voir 5.3 et annexe A).

5.2.3 La vitesse minimale acceptable, et/ou l'énergie minimale devant être fournie par un dispositif d'homogénéisation sont déterminées par des méthodes utilisant les formules ou les nomogrammes indiqués à l'annexe A.

5.3 Dispositifs d'homogénéisation

5.3.1 Généralités

Ces dispositifs d'homogénéisation ont pour but d'assurer l'homogénéité par accroissement de l'énergie de pression ou par conversion de l'énergie cinétique fournie par une source extérieure existant dans la canalisation.

Lorsque le taux de dissipation d'énergie est insuffisant pour que des accessoires de canalisation ou des homogénéisateurs statiques soient vraiment efficaces, on devra envisager l'utilisation d'homogénéisateurs mécaniques assistés.

L'annexe C donne des conseils utiles pour une présélection des points d'échantillonnages possibles.

5.3.2 Accessoires de tuyauteries

Certains accessoires peuvent être utilisés comme dispositifs d'homogénéisation au sein même de la canalisation. À cet égard, ceux qui peuvent se révéler utiles sont les vannes, les diaphragmes, les raccords de réduction ou d'augmentation de diamètre des canalisations, les collecteurs, les raccords en T et les ensembles de comptage. Toutefois, ces accessoires ont une efficacité variable en tant qu'homogénéisateurs et peuvent créer des zones de concentration conduisant à des profils de concentration en zigzag sur une distance en aval équivalente à environ 20 fois le diamètre de la tuyauterie.

5.3.3 Tuyau à diamètre réduit

Si la vitesse d'écoulement est trop faible pour produire une homogénéisation suffisante, on peut souvent installer avec profit une certaine longueur de tuyau à diamètre réduit, dans la mesure où l'obstruction constituée par la sonde ne déforme pas la distribution de l'eau dans l'écoulement (voir 7.2).

5.3.4 Boucles verticales

Une amélioration de la distribution d'un tronçon vertical de tuyauterie peut être obtenue par l'insertion d'une boucle verticale dans la canalisation horizontale (voir 5.2.1). Si la pression interne est suffisante, on peut augmenter la vitesse d'écoulement en réduisant le diamètre de la boucle verticale par rapport au diamètre de la canalisation. Dans le cas d'une boucle verticale, la sonde d'échantillonnage doit être de préférence installée dans le courant descendant de la boucle, à une distance minimale de trois fois le diamètre (mais cinq fois au moins serait préférable) de la tuyauterie à partir du coude amont et de 0,5 fois au moins le diamètre de la tuyauterie avant le coude aval.

On doit noter que l'eau peut s'accumuler au pied de la tuyauterie verticale jusqu'à ce que cette accumulation arrive au stade où elle est entraînée par bouchon d'eau. Ce phénomène donne donc lieu à des pointes transitoires de teneur en eau et doit être pris en considération.

5.3.5 Homogénéisateurs statiques

Les homogénéisateurs statiques sont des dispositifs disponibles dans le commerce et spécialement conçus, selon un ou plusieurs étages, pour réaliser une distribution et une dispersion suffisantes des constituants avant le prélèvement des échantillons. On pourra se référer aux spécifications du constructeur en ce qui concerne la vitesse minimale d'écoulement à partir de laquelle l'homogénéisateur reste efficace.

La vitesse maximale sera limitée par la perte de charge demeurant acceptable dans l'homogénéisateur mais une large gamme de débit peut être utilisée dans le cas d'emploi d'homogénéisateurs à géométrie variable.

5.3.6 Homogénéisateurs assistés

Ces appareils sont une version dynamique d'homogénéisateurs dans lesquels les organes d'homogénéisation sont entraînés par une source de puissance extérieure pour produire une force de cisaillement élevée provoquant une dispersion maximale dans le fluide. L'homogénéisation peut aussi être obtenue par réintroduction d'une partie de l'écoulement dans la canalisation à l'aide d'une pompe et d'un ou de plusieurs injecteur(s) à haute vitesse, placés en amont de la sonde d'échantillonnage.

5.4 Position de la sonde d'échantillonnage

5.4.1 Si le contenu de la canalisation a été suffisamment homogénéisé, la position de la sonde par rapport aux parois de la tuyauterie est relativement peu importante. Toutefois, pour éviter l'effet de paroi, qui peut affecter la vitesse de l'écoulement ainsi que la concentration en eau, l'échantillon doit être prélevé au centre de la canalisation. Dans les tuyauteries verticales ou horizontales, la sonde doit être positionnée de sorte que l'échantillonnage soit effectué dans les zones hachurées indiquées sur la figure 3.

5.4.2 Dans certaines conditions, les forces centrifuges intervenant dans des coudes simples peuvent avoir pour résultat de séparer la phase dispersée de la masse du liquide. C'est pourquoi l'usage exclusif de coudes pour aboutir à une homogénéisation en amont de la position de la sonde d'échantillonnage n'est pas recommandé.

5.4.3 La distance entre le dispositif d'homogénéisation et la sonde doit être suffisante pour que les effets de tourbillon et d'assymétrie engendrés par le dispositif ne se fassent pas sentir, mais pas trop grande pour que disparaisse l'action produite par l'homogénéisation. Les distances recommandées se situent entre 1,5 fois le diamètre de la tuyauterie et 8 fois ce diamètre, en fonction du type de dispositif d'homogénéisation utilisé.

5.5 Contrôle de l'emplacement de la sonde d'échantillonnage

Quel que soit l'emplacement retenu pour la sonde et quelle que soit la source additionnelle d'homogénéisation mise en œuvre, il est recommandé de vérifier le profil de concentration au point d'échantillonnage. À cet égard, la méthode d'essai est décrite au chapitre 6. D'autres méthodes de vérification peuvent aussi être appliquées si elles garantissent que l'échantillon prélevé est réellement représentatif.

6 Tests de profil

6.1 Introduction

Le présent chapitre décrit les méthodes pouvant être utilisées pour tester l'uniformité de la distribution de l'eau à travers la canalisation, au point choisi pour l'emplacement de la sonde.

6.2 Principe

Le test de profil permet de vérifier qu'un échantillon représentatif peut être obtenu à l'emplacement prévu ou existant de la sonde. On peut déterminer à quel point il y a stratification ou manque d'uniformité de la concentration en eau, en prélevant simultanément des échantillons en plusieurs points d'un diamètre de la canalisation et en les analysant pour déterminer leur teneur en eau. Une sonde multipoints, par opposition à une sonde simplement coulissante, est recommandée pour supprimer les incertitudes pouvant résulter d'un échantillonnage non simultané.

Pour juger valablement de l'uniformité de la dispersion, il convient de procéder à cinq tests de profil, alors que trois seulement suffisent pour déterminer la stratification. Pour avoir des résultats acceptables quand on recourt à des méthodes manuelles de test, la concentration moyenne en eau doit se situer entre 1 % et 5 %.

NOTE — Si des tubes centrifuges sont utilisés pour la détermination de la teneur en eau et que celle-ci est supérieure à 20 %, le plus grand soin doit être apporté à la lecture en fonction de l'importance des volumes compris entre les graduations.

Si on emploie une méthode automatique continue de détermination de la teneur en eau, celle-ci doit se situer à l'intérieur de la plage de mesure de l'instrument. Pour tenir compte de conditions où il y aurait séparation complète de l'eau, l'instrument doit être capable de reconnaître sans défaillance une teneur de 100 % d'eau.

6.3 Méthodes

Différentes méthodes de test sont possibles, en fonction du niveau de la concentration en eau pouvant être garanti pendant le test. De façon générale, il faut au moins 1 % d'eau pour que l'essai soit valable. Le choix entre les trois méthodes suivantes dépend du niveau de la concentration en eau et de la possibilité d'obtenir des conditions cohérentes et stables.

— La méthode 1 suppose une injection d'eau supplémentaire dans la canalisation. C'est la méthode à utiliser lorsqu'on n'a pas la certitude que la concentration en eau dans le pétrole brut n'est pas systématiquement supérieure à 1 % pendant l'essai.

— La méthode 2 doit être employée quand on est certain que la concentration naturelle en eau dans le pétrole brut est d'au moins 1 % durant tout l'essai.

— La méthode 3 est une variante qui, dans certaines circonstances, consiste à ajouter de l'eau dans les citernes du pétrolier ou dans des réservoirs de stockage pour porter à au moins 1 % la concentration en eau.

NOTE — Une concentration en eau de 1 % est suffisante pour déterminer si les caractéristiques dynamiques du système peuvent fournir une homogénéisation suffisante tout en réduisant au minimum les erreurs de mesure.

6.4 Détermination du profil de concentration en eau dans une canalisation et validation du point d'échantillonnage

6.4.1 Équipement

6.4.1.1 Sonde d'échantillonnage multipoints

Le test est effectué en utilisant la sonde multipoints représentée sur la figure 4. Les ouvertures de la sonde sont face au courant et sont chanfreinées intérieurement pour minimiser les turbulences d'écoulement à l'entrée. La sonde doit être fixée horizontalement dans une conduite verticale ou verticalement dans une conduite horizontale. Dans ce dernier cas, le sens recommandé du courant dans la sonde se fait du haut vers le bas si possible. Dans une conduite horizontale un tube droit supplémentaire, non coudé à son extrémité, est positionné verticalement avec son entrée située aussi près que possible de la paroi du fond de la canalisation (voir figure 5). Ce point de prélèvement est utilisé de façon intermittente pour s'assurer qu'il n'y a pas d'eau libre s'écoulant au fond de la canalisation.

Les centres de l'ouverture du premier et du dernier tube de la sonde doivent se trouver à 20 mm de la paroi de la canalisation. Tous les tubes conduisant aux vannes extérieures doivent avoir approximativement la même longueur pour que les prélèvements soient simultanés.

Une sonde ayant un minimum de 5 points d'échantillonnage est recommandée pour les conduites de 300 mm (12 in) de diamètre ou plus. En dessous de 300 mm (12 in), utiliser une sonde à trois points d'échantillonnage.

NOTE — Les tubes devraient être suffisamment larges pour éviter les obstructions. Dans le cas du pétrole brut, il est recommandé de n'utiliser que des tubes de diamètre intérieur supérieur à 6 mm.

Par mesure de sécurité, la sonde doit être mise en place et retirée à basse pression. Cependant, lorsqu'il est nécessaire de rétracter la sonde en cours d'exploitation elle doit alors être équipée de chaînes de sécurité et de butées pour éviter son éjection (voir également chapitre 13).

6.4.1.2 Mesurage

La détermination de la teneur en eau en chaque point de la section de la canalisation peut être effectuée par des moyens manuels ou automatiques.

Quand les mesures sont faites par une technique manuelle de laboratoire, autre que la méthode par centrifugation, l'échantillon doit être recueilli dans un réceptacle d'une capacité appropriée à l'essai, en observant la procédure décrite en 6.4.2. Quand on a recours à la méthode par centrifugation l'échantillon peut être recueilli directement dans un tube centrifuge, mais il peut être difficile d'obtenir le volume exact.

Par ailleurs, si des analyseurs continus sont employés (par exemple, cellules capacitives), les échantillons peuvent passer directement à travers les cellules individuelles de mesure, chacune correspondant à un point de profil. Ce système a l'avantage évident que les modifications du profil peuvent être détectées au fur et à mesure qu'elles interviennent en observant un appareil indicateur ou un enregistreur approprié. La méthode automatique supprime aussi la nécessité de procéder à un très grand nombre d'analyses répétitives en laboratoire.

Dans les deux cas, des dispositions doivent être prises pour recueillir et évacuer le pétrole usagé qui est passé à travers les sondes, pendant toute la période de l'essai.

6.4.2 Mode opératoire

Si l'échantillonneur doit fonctionner sur différents types de pétroles bruts, choisir les conditions les plus défavorables. Si cela n'est pas possible, on peut utiliser les formules exposées dans l'annexe A pour extrapoler les résultats aux autres conditions. Les résultats de l'extrapolation seront traités très soigneusement.

6.4.2.1 Mesurage manuel

a) La fréquence d'échantillonnage doit permettre d'établir au moins un profil toutes les 2 min et au moins cinq profils lorsqu'on est à un débit minimum et que la concentration en eau est d'au moins 1 % (m/m).

b) Si on emploie la méthode 1 (voir 6.3), injecter l'eau en amont de la sonde multipoints, à une distance suffisante de la sonde et en amont de tout élément d'homogénéisation, de manière à obtenir un profil représentatif mais sans créer d'énergie de dissipation notablement plus élevée que celle déjà existante [voir annexe A, A.4.2.2, équation (26)].

c) L'injection doit être effectuée comme indiqué sur la figure 6, en utilisant une pompe fournissant le débit et la pression requis. Si nécessaire, l'eau doit être injectée en pourcentages successifs de 1, 2, 3, 4 et 5 % ou plus du volume de pétrole brut coulant dans la canalisation. L'opération doit être répétée à cinq débits représentatifs différents et notamment au débit minimal. Ces débits doivent être constants à ± 10 % durant la période de chaque test.

d) Si la méthode 3 (voir 6.3), est utilisée, la citerne du pétrolier recevant de l'eau doit être choisie pour pouvoir permettre le pompage sans créer de problèmes d'assiette au navire.

e) Chaque élément de la sonde doit être soigneusement rincé avant l'échantillonnage, en le purgeant à l'aide d'une quantité suffisante de pétrole brut.

f) Les débits dans la sonde multipoints doivent être réglés avant l'échantillonnage, de manière que la vitesse d'admission en chacun des points de la sonde soit identique et soit de préférence la même que la vitesse du pétrole circulant dans la canalisation. S'il n'en est pas ainsi, relever les écarts.

g) L'échantillonnage doit débuter avant le moment calculé de l'arrivée de l'eau et doit se poursuivre sans modifier le débit dans la sonde, jusqu'à ce qu'un nombre suffisant de profils aient été pris, dont au moins cinq doivent répondre aux exigences de 6.2.

h) Les sondes d'échantillonnage doivent être en action pendant tout le temps du passage de l'eau injectée. On doit tenir compte du décalage entre l'injection de l'eau et l'arrivée de celle-ci au point d'échantillonnage (voir figure 6).

6.4.2.2 Mesurage automatique

a) Les points b), c), d), e), f) g) et h) de 6.4.2.1 s'appliquent.

b) Des applications récentes des cellules capacitives aux tests de profil permettent de s'assurer en continu du degré d'homogénéité à la fois dans la section droite et dans le temps. La capacitance des mélanges de l'eau dans le brut varie avec la composition du brut ainsi qu'avec la température et peut aussi varier avec la taille et la forme des gouttes d'eau. Les cellules capacitives doivent être ajustées à zéro pour chaque type de pétrole soumis au test.

Le but des tests de profil est de déterminer la concentration relative de l'eau en chaque point de la section droite de la canalisation. En conséquence, et à condition d'utiliser des cellules capacitives ayant des caractéristiques similaires, il n'est pas nécessaire d'ajuster leur échelle en fonction de différents types de pétrole brut.

c) Le minutage n'est pas aussi strict que dans le cas de mesures manuelles, mais les conditions permanentes d'écoulement doivent être stables. Un affichage visuel montrera les divers aspects du profil au fur et à mesure qu'ils interviennent, ce qui permet de prévoir les conditions les plus défavorables (ou les plus favorables).

d) La figure 7 représente un diagramme typique à bâton, tiré d'une étude expérimentale et se rapportant à un test de profil en trois points, le long d'une canalisation.

6.4.3 Données typiques fournies par un test de profil

6.4.3.1 Mesurage manuel

L'annexe B fournit des données typiques d'un test de profil opéré dans un terminal de pétrole brut. Le test a été exécuté à deux vitesses d'écoulement et six profils ont été déterminés en huit points de la section transversale de la canalisation et ce pour chaque débit.

Après avoir éliminé tous les profils où la teneur en eau est inférieure à 1 % (m/m), on calcule la moyenne de chaque point, la moyenne du profil et la moyenne générale. L'étape suivante est de fixer le pourcentage d'écart de la moyenne de chaque point par rapport à la moyenne générale. Les groupes de profils doivent être tracés comme montré à l'annexe B.

6.4.3.2 Mesurage automatique continu

Avec un équipement automatique pour test de profil et en utilisant des contrôleurs continus d'eau reliés à un microproces-

seur, il est possible d'afficher et d'enregistrer un profil d'eau, sous toute forme appropriée, afin que les modifications introduites par des variations de vitesse d'écoulement ou par différents pourcentages d'eau injectée, puissent être observées au fur et à mesure qu'elles interviennent. On peut également observer l'effet des dispositifs d'homogénéisation d'énergie variable.

De même, le calcul des teneurs moyennes en eau et du pourcentage d'écart de la moyenne de chaque point de la section de la canalisation, peut être effectué instantanément et les résultats affichés ou enregistrés en même temps que le profil et parallèlement à d'autres données du test.

6.4.4 Présentation et interprétation des résultats

Chaque profil peut avoir l'aspect général de l'un des types P_0 à P_5 représentés sur la figure 8:

a) P_0 représente la distribution la plus favorable; en effet, le taux de concentration reste dans des limites de précision acceptables en tout point de la section transversale de la tuyauterie;

b) P_1 et P_2 représentent des distributions acceptables, à condition que la sonde soit positionnée conformément aux recommandations de 4.4.2 et 5.4.1;

c) P_3 à P_5 représentent des distributions inacceptables avec des taux de concentration hors des limites de précision acceptables.

Tout profil situé au-delà des limites de précision acceptables indique que l'échantillonnage ne sera pas représentatif. Pour arriver à une distribution adéquate, il faut, soit une plus grande vitesse du produit, soit installer un dispositif d'homogénéisation.

L'annexe A donne des formules simplifiées reliant le débit et les caractéristiques du pétrole d'une part, et le profil d'autre part.

7 Conception de la sonde d'échantillonnage

7.1 Il est important que la sonde et/ou le dispositif de prélèvement soient d'une résistance mécanique suffisante pour supporter les moments fléchissants imposés par un écoulement maximal au sein de la canalisation et pour résister aux vibrations causées par des turbulences et remous. Bien qu'il soit difficile d'apprécier exactement la résistance désirable, on peut avoir une bonne évaluation en considérant que l'ensemble est soumis aux mêmes contraintes qu'une poutre en porte-à-faux.

7.2 La sonde doit être conçue de manière à créer un minimum de perturbation dans l'écoulement de la canalisation. Une solution est constituée par une entrée de la sonde du type du tube de Pitot avec bords chanfreinés. L'entrée doit obligatoirement faire face au sens du courant.

7.3 Il est recommandé que la dimension minimale de l'ouverture de la sonde ne soit pas inférieure à 6 mm.

8 Conception et installation de l'échantillonneur

8.1 Conception

8.1.1 Les échantillonneurs automatiques doivent être conçus de manière à fournir des échantillons représentatifs de liquides pétroliers circulant dans des canalisations et à recueillir ceux-ci dans un ou plusieurs réceptacles. Les échantillonneurs peuvent être de type continu ou discontinu.

NOTE — Il existe deux types de systèmes d'échantillonnage automatique discontinu. Un système prélève l'échantillon directement de la sonde et du système de prélèvement opérant sur la canalisation [voir figure 9a)], alors que l'autre système fait appel à un système de prélèvement installé dans une boucle d'échantillonnage [voir figure 9b)].

8.1.2 Les liquides pétroliers à échantillonner peuvent contenir de la paraffine, des particules abrasives, des composés corrosifs comme des dérivés sulfurés, et de l'eau. Certains de ces éléments peuvent avoir de très faibles propriétés lubrifiantes. Ceci doit être pris en considération quand on veut élaborer un système d'échantillonnage précis, fiable et durable.

8.1.3 L'installation de tuyauteries et de vannes entre le dispositif de prélèvement et le réceptacle doit être conçue de sorte qu'il n'y ait, en aucun point, une séparation des composants, notamment de l'eau et du pétrole. Son volume doit être aussi réduit que possible.

8.1.4 Une boucle d'échantillonnage est généralement constituée d'une boucle de circulation véhiculant le flux, d'une pompe appropriée et d'un dispositif de prélèvement [voir figure 9b)]. Le volume du raccord entre la boucle et le dispositif de prélèvement doit être minimal.

8.1.5 La vitesse à l'entrée de la boucle d'échantillonnage doit être aussi proche que possible de la vitesse maximale prévue du produit circulant dans la canalisation principale. Si le dispositif de prélèvement n'est pas au voisinage immédiat de la sonde, on doit s'assurer que la vitesse, dans la boucle, est suffisamment élevée pour produire un écoulement totalement turbulent, évitant toute séparation d'eau.

8.1.6 Il est recommandé d'inclure un dispositif signalant la présence de circulation dans la boucle. Si l'échantillonnage s'effectue sans circulation, il en résultera un échantillonnage erroné.

8.2 Installation

8.2.1 Le dispositif de prélèvement et le réceptacle d'échantillon doivent être installés aussi près que possible l'un de l'autre pour réduire au minimum le volume mort. Les connexions doivent être effectuées avec de courtes longueurs de tuyauterie comportant le moins possible de courbes et de coudes. Si possible, le réceptacle doit être placé au point le plus bas du système.

8.2.2 Quand, pour des raisons pratiques, il n'est pas possible d'installer le dispositif de prélèvement et le réceptacle d'échantillon à proximité l'un de l'autre, il est recommandé d'introduire une boucle d'échantillonnage. On devra prendre toute mesure utile pour que l'échantillon dans la boucle et l'échantillon recueilli à la sortie de celle-ci soient réellement représentatifs.

8.2.3 Les échantillonneurs automatiques doivent être installés en y incorporant des vannes et des raccords appropriés pour que l'équipement puisse être purgé, manuellement ou automatiquement, avec le liquide échantillonné ou avec un solvant adéquat. On devra prévoir l'évacuation et l'élimination du liquide ou du solvant utilisé. Il est indispensable que toute trace de solvant disparaisse du réceptacle et des tuyauteries associées, afin d'éviter de contaminer l'échantillon suivant.

8.2.4 Si nécessaire, un clapet anti-retour ou tout système équivalent sera installé sur la tuyauterie véhiculant l'échantillon pour supprimer toute possibilité que l'échantillon retourne dans la canalisation d'où il a été prélevé. Ce clapet anti-retour ne doit pas s'opposer au libre passage des sédiments vers le réceptacle.

8.2.5 La méthode d'installation d'un échantillonneur automatique doit ménager un libre accès pour l'entretien et le nettoyage; au besoin, ces fonctions devront pouvoir être assurées sans interrompre l'écoulement dans la canalisation.

8.2.6 La sonde doit être installée à travers une vanne ne fournissant aucun étranglement à l'écoulement libre et être montée sur un support; elle doit être équipée d'un mécanisme approprié permettant son insertion et son extraction. Si la sonde doit être retirée sans dépressuriser la canalisation, on devra la fixer par des moyens évitant qu'elle ne soit éjectée par la pression, par exemple par des chaînes de sécurité. L'installation du système doit prévoir un dégagement suffisant pour monter le mécanisme et pour sortir la sonde.

8.3 Précautions

8.3.1 L'eau et des particules lourdes peuvent avoir tendance à s'accumuler dans les tuyauteries de l'échantillonneur ou de leurs accessoires et lors d'un échantillonnage ultérieur, à pénétrer dans le réceptacle de l'échantillon. Pour que ce risque soit minime, le système doit être exempt de cavités, de tronçons de plus grande section et être incliné vers le bas dans la direction du réceptacle. On doit veiller à ce qu'il n'y ait pas de pièges où des vapeurs ou de l'eau puissent être emprisonnées.

8.3.2 Pour éviter une solidification du pétrole brut ou de produits pétroliers à haut point d'écoulement, le dispositif de prélèvement, ses tuyauteries et accessoires doivent être chauffés et calorifugés. On devra prendre soin de ne pas chauffer l'échantillon liquide de façon excessive, mais sa température doit être suffisamment élevée pour que le produit demeure en phase liquide, afin de permettre le fonctionnement correct du système d'échantillonnage automatique. Un contrôle de la température par thermostat peut être nécessaire si le dispositif de réchauffage ne dispose pas lui-même d'un système d'autorégulation.

8.3.3 Si les tuyauteries et le système ne sont pas en service, ils risquent de se colmater en raison d'un givrage ou d'un dépôt de paraffine; on devra les remplir d'un produit de rinçage.

8.4 Caractéristiques particulières

Les recommandations générales concernant les échantillonneurs automatiques de pétrole brut sont également valables pour les échantillonneurs automatiques de produits raffinés.

Toutefois, certains produits ont des caractéristiques particulières nécessitant des conditions spéciales d'échantillonnage. Quelques exemples sont donnés dans le tableau 1. Dans ces cas, l'échantillonneur automatique doit être adapté aux conditions requises.

9 Système de commande

9.1 Fonctions

Les fonctions d'un système de commande d'un échantillonneur automatique ont pour objet de commander le dispositif de prélèvement, de réaliser un échantillon proportionnel au débit ou un échantillon proportionnel au temps. Il peut également inclure un système pour

- contrôler en continu le nombre de PU et le volume d'échantillon recueilli;
- vérifier à tout moment la proportionnalité entre le taux d'échantillonnage et le volume passant dans la canalisation principale quand on opère en mode proportionnel au débit.

NOTE — On peut ajouter, en complément, la mesure automatique en continu de la masse volumique et/ou de la teneur en eau.

9.2 Équipement de commande

9.2.1 Cet équipement peut être installé à distance dans une salle de contrôle. Il peut aussi être situé près de l'échantillonneur, auquel cas on devra veiller que la zone où il est implanté ne soit pas classée dangereuse du point de vue de la sécurité électrique.

9.2.2 L'équipement de commande devra permettre à l'opérateur de

- délimiter le volume de la cargaison ou du lot à échantillonner ou le taux d'échantillonnage, de manière à satisfaire aux critères des conditions de prélèvement indiqués en 14.2;
- déclencher l'action de l'échantillonneur et de la stopper.

9.2.3 On devra avoir la possibilité de surveiller les points suivants au cours de l'opération :

- le débit dans la canalisation principale;
- le réceptacle de l'échantillon pour s'assurer que le volume d'échantillon recueilli est proportionnel au volume total d'écoulement dans la canalisation principale;
- le nombre de PU.

9.2.4 L'équipement doit émettre une alarme si le débitmètre indique un échantillonnage alors que l'écoulement n'est pas en cours ou inversement.

9.2.5 Un déclenchement d'alarme est recommandé dans les cas suivants:

- niveau haut dans le réceptacle d'échantillon;
- débit bas dans la canalisation principale;
- débit bas dans la boucle d'échantillonnage;
- chute de tension;
- défaut de la sonde (pour celles qui sont motorisées).

Tableau 1 — Caractéristiques recommandées d'un échantillonneur de pétrole brut et de produits raffinés

Produits liquides contenus dans la canalisation ¹⁾	Caractéristiques particulières de l'échantillonneur automatique		
	Chauffage de l'enceinte contenant le système d'échantillonnage	Exigence d'un dispositif permettant de protéger l'échantillon de l'air (dans le réceptacle)	Réceptacle maintenu à + 4 °C
Pétrole brut	Oui ²⁾	Oui ²⁾	Non
Naphta	Non	Oui	Non
Carburant automobile	Non	Oui	Non
Carburacteur	Non	Oui	Oui ⁴⁾
Gazole/fioul	Non ³⁾	Non	Non
Huiles lourdes 1, 2	Oui	Non	Non

1) La mise en condition de l'écoulement n'est pas requise dans le cas d'un contenu homogène de la canalisation.

2) Sauf si requis en fonction du type de pétrole brut et des exigences du mode opératoire.

3) Sauf sous de sévères conditions climatiques.

4) Sauf si nécessaire (corrosion de la lame d'argent).