

---

# NORME INTERNATIONALE 2975 / III

---

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

---

## Mesure de débit de l'eau dans les conduites fermées — Méthodes par traceurs — Partie III : Méthode d'injection à débit constant, utilisant des traceurs radioactifs

ITeH STANDARD PREVIEW

*Measurement of water flow in closed conduits — Tracer methods —  
Part III : Constant rate injection method using radioactive tracers*

Première édition — 1976-08-15

[ISO 2975-3:1976](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/71cb95f0-0f89-4305-8808-ac618a449f65/iso-2975-3-1976)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/71cb95f0-0f89-4305-8808-ac618a449f65/iso-2975-3-1976>

---

CDU 681.121.84

Réf. n° : ISO 2975/III-1976 (F)

**Descripteurs** : mesurage de débit, écoulement en conduite fermée, écoulement d'eau, méthode par traceur, isotope radioactif, conditions d'essai, méthode colorimétrique, méthode fluorimétrique, méthode conductimétrique, calcul d'erreur.

## AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration des Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques ISO. Chaque Comité Membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du Comité Technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

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.

La Norme Internationale ISO 2975/III a été établie par le Comité Technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*, et a été soumise aux Comités Membres en avril 1975.

Elle a été approuvée par les Comités Membres des pays suivants : 3:1976

Allemagne	Italie	Tchécoslovaquie
Australie	Pays-Bas	Turquie
Belgique	Roumanie	U.R.S.S.
Espagne	Royaume-Uni	Yougoslavie
France	Suisse	

Le Comité Membre du pays suivant a désapprouvé le document pour des raisons techniques :

U.S.A.

# Mesure de débit de l'eau dans les conduites fermées — Méthodes par traceurs — Partie III : Méthode d'injection à débit constant, utilisant des traceurs radioactifs

## 0 INTRODUCTION

La présente Norme Internationale est la troisième d'une série de normes traitant de la mesure de débit de l'eau dans les conduites fermées utilisant les méthodes par traceurs.

La série complète des normes sera la suivante :

- Partie I : *Généralités.*
- Partie II : *Méthode d'injection à débit constant, utilisant des traceurs non radioactifs.*
- Partie III : *Méthode d'injection à débit constant, utilisant des traceurs radioactifs.*
- Partie IV : *Méthode d'intégration (injection instantanée), utilisant des traceurs non radioactifs.*
- Partie V : *Méthode d'intégration (injection instantanée), utilisant des traceurs radioactifs.*
- Partie VI : *Méthode des temps de transit, utilisant des traceurs non radioactifs.*
- Partie VII : *Méthode des temps de transit, utilisant des traceurs radioactifs.*

## 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme Internationale spécifie la méthode d'injection à débit constant, utilisant des traceurs radioactifs, pour la mesure de débit de l'eau dans les conduites fermées.

## 2 PRINCIPE

La mesure du débit par la méthode d'injection à débit constant se fonde sur une comparaison entre la concentration  $C_1$  d'un traceur, introduit en continu avec un débit-volume connu  $q$  et la concentration des échantillons  $C_2$  prélevés en un endroit déterminé situé au-delà de la distance de bon mélange<sup>1)</sup>. Cette distance de bon mélange se définit comme la distance minimale au niveau de laquelle la variation en concentration du traceur sur la section est inférieure à une valeur donnée, déterminée à l'avance (par exemple : 0,5 %). (Voir chapitre 6 de la partie I.)

Le débit du traceur au point d'injection est égal à celui qui traverse le point d'échantillonnage :

$$q C_1 + Q C_0 = (Q + q) C_2$$

où  $C_0$  est la concentration initiale dans le courant de débit  $Q$

d'où

$$Q = q \frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_0} \quad \dots (1)$$

En général,  $C_1$  est beaucoup plus grand que  $C_2$ , ce qui conduit à simplifier l'équation (1) comme suit :

$$Q = q \frac{C_1}{C_2 - C_0}$$

Lorsque  $C_2$  est par ailleurs beaucoup plus grand que  $C_0$ , on peut encore réduire cette équation, qui devient alors :

$$Q = q \frac{C_1}{C_2}$$

Le débit  $Q$  peut donc être déterminé par comparaison entre la concentration de la solution injectée et celle des échantillons prélevés dans la conduite.

## 3 CONDITIONS REQUISES

### 3.1 Traceur

Pour l'utilisation de la méthode d'injection à débit constant, le traceur doit satisfaire aux conditions générales définies dans le paragraphe 5.1 de la partie I. Une liste de traceurs généralement utilisés est donnée au paragraphe 5.1.2 de la partie I; leurs avantages par rapport aux traceurs non radioactifs sont indiqués aux paragraphes 5.2.1.1 et 5.2.1.2 de la partie I.

### 3.2 Durée de l'injection

La durée de l'injection doit être telle qu'un régime permanent de concentration s'établisse en tous les points de la section de mesure pour une durée suffisante.

1) On peut envisager une autre méthode ne faisant pas intervenir de prélèvements.

On doit obtenir un palier de concentration d'au moins quelques minutes.

**Détermination de la durée d'injection**

Une durée d'injection convenable peut être déterminée par une injection préalable instantanée d'un traceur, colorant tel que la fluorescéine ou radioactif. Pour un débit donné, l'observation du moment où apparaît et où disparaît le traceur (coloration ou activité) dans chaque section permet de tracer les courbes 1 et 2 de la figure 1.

Si l'on désire obtenir dans une section S de mesure choisie un régime permanent de durée  $\Delta t$ , il suffit d'ajouter la durée  $\Delta t$  au temps  $t_1$  correspondant à la disparition du traceur en ce point (sur la courbe 2) et de tracer par le point C obtenu, une courbe 1' semblable à la courbe 1 d'apparition de la coloration (ou activité). L'ordonnée à l'origine de cette courbe donne la durée que doit avoir l'injection pour obtenir un palier de concentration de durée  $\Delta t$  à la section S.

En pratique, pour obtenir un palier de durée  $\Delta t$  à la section S, on calcule la durée d'injection minimale nécessaire en ajoutant à cette valeur  $\Delta t$  le temps  $t_2 = AB$  mis par un traceur injecté de façon instantanée pour passer en S.

L'intervalle de temps  $t_1$  qui sépare le début de l'injection et le début du régime permanent se lit sur la courbe 2 (ordonnée du point B) et est obtenu directement par mesure du temps écoulé entre l'injection instantanée et la disparition du traceur dans la section S.

Dans le cas d'une injection centrale, d'un tronçon de mesure rectiligne et d'un écoulement turbulent, le temps  $t_2 = AB$  peut être évalué selon la relation :

$$t_2 = \frac{6}{U} \sqrt{\frac{DX}{2}}$$

où

- $U$  est la vitesse moyenne de l'écoulement;
- $X$  est la distance au point d'injection;
- $D$  est le diamètre de la conduite.

La fraction de la concentration maximale restant après le temps  $t_2$  donné par cette formule est 0,3 %.

Il est possible, si l'on ne fait pas d'injection préalable, de contrôler l'apparition du palier de concentration et donc la durée minimale d'injection en échantillonnant en continu et en enregistrant le taux de comptage avec le même appareillage que celui pour la mesure. Cette méthode permet de suivre la variation de la concentration dans le temps.

**4 CHOIX DU TRONÇON DE MESURE**

**4.1 Longueur de bon mélange**

La longueur de bon mélange est définie dans le paragraphe 6.1 de la partie I et elle peut être calculée théoriquement suivant le paragraphe 6.2.1 de la partie I. La figure 3 de

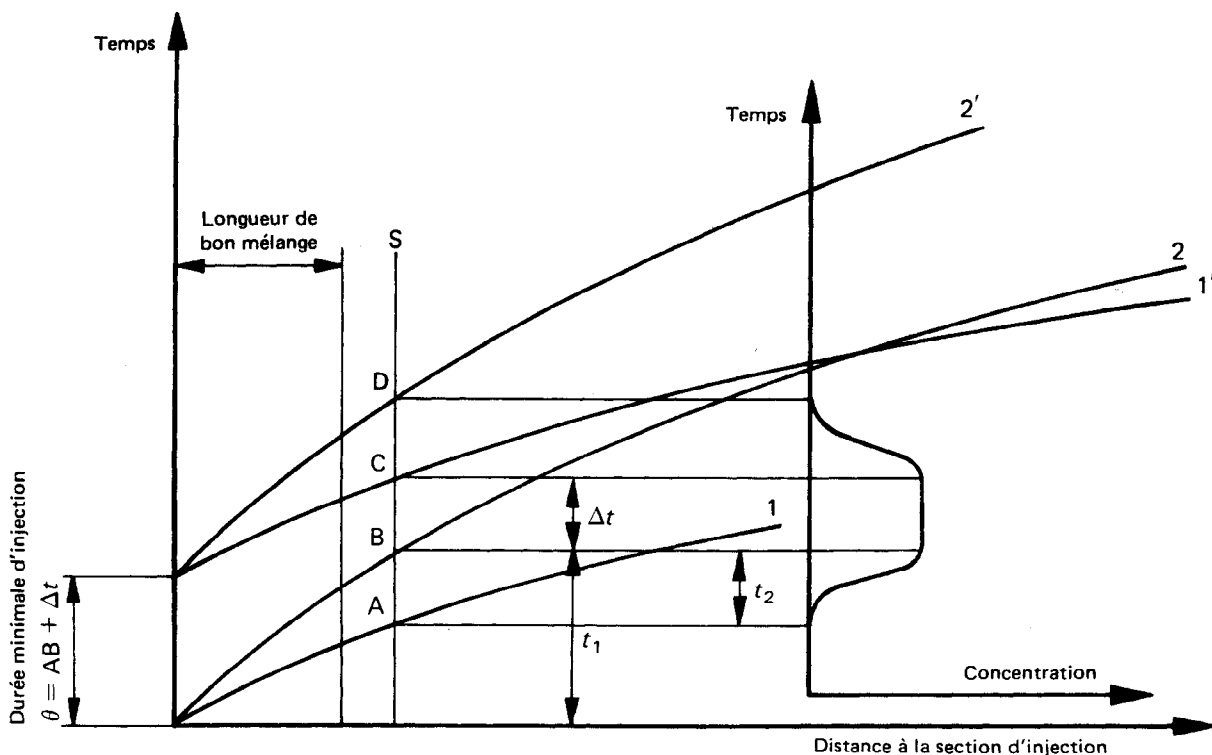


FIGURE 1 – Détermination de la durée d'injection

cette partie indique la variation mesurée de la distance réelle de bon mélange en fonction de la précision recherchée dans le cas d'une injection centrale et dans le cas de trois autres méthodes d'injection. Des méthodes de réduction de la longueur de bon mélange sont décrites au paragraphe 6.3 de la partie I.

#### 4.2 Vérifications expérimentales

Il est rarement possible dans les conduites de vérifier expérimentalement, en un grand nombre de sections, l'homogénéité du mélange et la durée de passage du traceur, résultant d'une injection instantanée.

En pratique, donc, l'expérimentation doit consister :

- a) à déterminer par un essai préalable dans le tronçon de mesure choisi, la durée minimale de l'injection (voir 3.2);
- b) à vérifier, si possible, lors de la mesure, que le mélange est homogène, en prenant des échantillons en au moins deux points de la section de mesure. Dans le cas de mesures de haute précision (par exemple 0,2 %), il est nécessaire de vérifier l'homogénéité du mélange avant la mesure proprement dite lorsqu'il existe un doute sur la qualité de ce mélange;
- c) à étudier chaque fois que cela est possible, en prélevant des échantillons dans une autre section située plus à l'aval, s'il y a des différences systématiques entre les concentrations moyennes aux deux sections de mesure. Cette méthode vérifie notamment que le traceur injecté n'est pas absorbé dans le tronçon de mesure ni par des produits en suspension dans le liquide ni par les parois de la conduite.<sup>1)</sup>

#### 4.3 Pertes et apports

Les apports et pertes de liquide de même nature que le liquide du tronçon de mesure n'affectent pas les résultats, à certaines conditions près définies au paragraphe 6.5.1 de la partie I.

### 5 MODE OPÉRATOIRE

#### 5.1 Mise en œuvre des radio-éléments

La manipulation des radio-éléments (stockage, transport, mise en œuvre) doit s'effectuer conformément à la législation en vigueur.

#### 5.2 Préparation de la solution concentrée

Il est essentiel que la solution injectée soit homogène. Cette homogénéité peut s'obtenir par un brassage énergique au moyen d'un agitateur mécanique ou d'une pompe en circuit fermé. Il est recommandé de préparer la solution d'injection dans un réservoir distinct du réservoir d'alimentation avec une eau filtrée par un procédé approprié. Si, néanmoins, le brassage est effectué dans le réservoir d'alimentation, ce dernier doit avoir une capacité suffisante pour qu'il n'y ait

pas à ajouter de liquide ou de traceur pendant l'injection. La solution doit être prélevée à un certain niveau au-dessus du fond du réservoir et l'on prendra toutes précautions pour que des particules non dissoutes du traceur ne soient pas entraînées avec la solution injectée. Dans le cas d'une injection de longue durée, il y aura lieu de prendre toutes précautions nécessaires pour éviter toute variation dans le temps de la concentration de la solution (par évaporation sous l'effet de la température ambiante, par exemple).

Pour minimiser les effets éventuels d'adsorption du traceur radioactif, on a intérêt à ajouter à cette solution un entraîneur constitué par une certaine quantité de substance non radioactive identique à celle qui contient le traceur radioactif.

#### 5.3 Injection de la solution concentrée

Le traceur doit être injecté à débit constant dans la conduite pendant le temps nécessaire pour obtenir un palier de concentration de durée suffisante à la section de mesure.

Cette injection peut se faire au moyen d'une pompe volumétrique. Il doit être possible de vérifier les points suivants :

- étanchéité permanente du circuit d'injection,
- stabilité du débit d'injection pendant toute la période d'injection.

#### 5.4 Mesure du débit d'injection

La mesure du débit d'injection doit être basée sur la mesure de grandeurs fondamentales de masse, longueur, temps, entrant directement dans la définition de la grandeur débit.

Le dispositif de mesure du débit d'injection doit être étalonné avant et après les essais. La valeur moyenne des débits d'injection sert au calcul du débit, à condition que les deux lectures obtenues ne diffèrent pas de plus d'une quantité cohérente avec la précision globale requise sur la mesure du débit (par exemple 1 %).

Lorsque l'injection est réalisée avec une pompe volumétrique entraînée par un moteur synchrone, ce qui est d'un usage courant, le contrôle du débit est ramené à une mesure de la fréquence du réseau d'alimentation auquel il est connecté.

#### 5.5 Prélèvements

##### 5.5.1 Échantillons

Des échantillons doivent être prélevés :

- dans la conduite, pour vérifier pendant la mesure que la concentration en traceur, qu'aurait eue le liquide circulant dans la conduite en l'absence d'injection, est constante;

1) Voir le paragraphe 5.1 de la partie I.

- dans la conduite, pour déterminer la concentration en traceur dans la section de mesure, vérifier l'homogénéité de la concentration en traceur dans la section de prélèvement et mettre en évidence le palier de concentration (voir 4.2);
- dans la solution injectée, pour contrôler l'homogénéité de la concentration (voir 5.1);
- dans la solution injectée, pour comparer la concentration du traceur dans la solution injectée à la concentration du traceur dans les échantillons prélevés dans la conduite.

En pratique on prélèvera :

- deux ou trois échantillons du liquide circulant dans la conduite en amont de la section d'injection pendant l'injection ou, si l'on craint des variations de la concentration de base, ces échantillons doivent être prélevés dans la section principale de prélèvement avant et après le passage de la solution;
- trois à cinq échantillons de la solution injectée à la sortie de l'appareil d'injection juste avant et juste après la période d'injection;
- au moins cinq échantillons de la solution diluée dans la conduite et, si possible, en au moins deux points de la section de mesure, dont trois au minimum au même point répartis pendant le temps de passage du traceur.

### 5.5.2 Matériel d'échantillonnage

Le prélèvement est effectué au cours du palier de concentration, dont l'apparition peut être contrôlée par la mesure continue du taux de comptage de l'eau dans la conduite.

### 5.6 Solutions diluées

La concentration de la solution injectée ne peut pas être mesurée directement et il est nécessaire de la réduire approximativement à celle des échantillons prélevés dans la conduite.

À cet effet, un échantillon de la solution concentrée d'injection est dilué par des méthodes gravimétriques (balance de précision) ou volumétriques ( fioles, pipettes étalonnées ou microburettes) avec de l'eau prise dans la conduite en amont de la section d'injection ou avant les essais.

À partir du produit des taux de comptage mesurés et des facteurs de dilution, il est possible d'évaluer l'ordre de grandeur des erreurs aléatoires éventuelles des méthodes de dilution et de mesure.

## 6 MÉTHODES D'ANALYSE ET DE CALCUL

### 6.1 Détermination du débit

Le rapport de dilution de la solution injectée dans l'eau de la conduite est déterminé par mesure des taux de comptage des solutions diluées et des échantillons dans les mêmes conditions : détecteur de forme identique et même matériel de comptage.

Le rapport  $C_1/C_2$  pouvant avoir, par exemple, une valeur comprise entre  $10^4$  et  $10^6$ , il est nécessaire de diluer l'échantillon de la solution injectée afin de comparer des échantillons de concentrations voisines, situées dans la plage de fonctionnement linéaire de l'ensemble de détection.

Soit  $D$  ce facteur de dilution défini par le rapport de la concentration  $C_1$  à la concentration du traceur dans la solution diluée, le rapport de dilution de la solution injectée dans l'eau de la conduite  $C_1/C_2$  est donnée par  $D \frac{N_1}{N_2}$ , où  $N_1$  et  $N_2$  sont respectivement les taux moyens de comptage des solutions diluées et des échantillons.

Le débit peut se déterminer à partir de l'équation :

$$Q = qD \frac{N_1}{N_2} \quad \dots (3)$$

(Le débit d'injection étant très faible par rapport au débit à mesurer.)

En raison de la décroissance radioactive, les taux de comptage  $N_1$  et  $N_2$  varient dans le temps suivant une loi exponentielle. Cette décroissance n'affecte toutefois par le rapport  $N_1/N_2$ .

Si  $N_1$  et  $N_2$  sont mesurés à des instants différents, on devra effectuer des corrections de décroissance.

En pratique, les taux de comptage  $N_1$  et  $N_2$  ne sont pas obtenus directement; la radioactivité naturelle de l'eau de la conduite, le rayonnement cosmique et le «bruit» électrique du système de détection donnent un bruit de fond.

Ce bruit de fond ( $n_0$ ) peut se mesurer directement sur des échantillons d'eau de la conduite prélevés de préférence en amont de la section d'injection pendant l'essai ou éventuellement avant le début des essais.

Si la mesure des taux de comptage des solutions diluées et des échantillons contenant le traceur se traduit par des taux de comptage  $n_1$  et  $n_2$

on a

$$N_1 = n_1 - n_0$$

$$N_2 = n_2 - n_0$$

et la relation (3) devient :

$$Q = qD \frac{n_1 - n_0}{n_2 - n_0} \quad \dots (4)$$

Ce mode de calcul suppose que l'eau de la conduite prélevée en amont du point d'injection est utilisée pour constituer la solution injectée et la dilution de celle-ci pour la détermination de  $N_1$ . Si pour cette opération une eau d'une autre origine est utilisée on détermine comme il a été indiqué plus haut le bruit de fond correspondant  $n_e$  et la relation (4) devient :

$$Q = qD \frac{n_1 - n_e}{n_2 - n_0} \quad \dots (5)$$



Si le facteur de dilution ( $D$ ) est obtenu par une méthode gravimétrique, une correction est imposée par la différence des masses volumiques de l'eau de la conduite, de la solution injectée et des échantillons.

Si la dilution d'une prise aliquote de la solution mère est réalisée avec de l'eau à la température  $t_i$ , on utilisera la relation générale :

$$Q = qD \frac{n_1 - n_e}{n_2 - n_0} \times \frac{(\rho_i)_{t_i}}{(\rho_d)_{t_d}} \times \frac{(\rho_c)_{t_m}}{(\rho_c)_{t_c}} \quad \dots (6)$$

où

$\rho_i$  est la masse volumique de la solution injectée;

$\rho_c$  est la masse volumique de l'eau de la conduite;

$\rho_d$  est la masse volumique de l'eau utilisée pour la dilution;

$t_i$  est la température de la solution injectée;

$t_c$  est la température de l'eau dans la conduite;

$t_m$  est la température de l'échantillon de l'eau de la conduite pendant sa mesure;

$t_d$  est la température de la solution diluée pendant sa mesure.

L'introduction de cette correction nécessite la détermination de masses volumiques à des températures données. On adoptera pour cette détermination la méthode classique la mieux appropriée, du point de vue de la précision requise, aux conditions de l'essai et au matériel dont on disposera.

Quand les taux de comptage pour toutes les solutions diluées sont mesurés sur un appareil, et si une seule de ces solutions est soumise à la mesure sur l'appareil utilisé pour mesurer les taux de comptage des échantillons, il peut être nécessaire de faire intervenir un facteur de correction  $R$  dans le calcul du débit, s'il est évident qu'une erreur a été commise dans le processus de dilution.

Ce facteur de correction doit être le rapport entre, d'une part, le produit moyen du facteur de dilution et du taux de comptage obtenu d'après les mesures effectuées sur toutes les solutions diluées et, d'autre part, le produit du facteur de dilution et du taux de comptage obtenu d'après la mesure de la solution diluée transférée dans l'appareillage de mesure de l'échantillon.

## 6.2 Matériel de comptage

Le choix du matériel de comptage du volume de l'échantillon à mesurer et du type de blindage nécessaire pour déterminer le bruit de fond sera fait dans le but d'obtenir le meilleur rapport signal/bruit ( $N_i/n_0$ ) compatible avec la précision requise.

Avec les traceurs à rayonnement  $\gamma$ , il vaut mieux utiliser un matériel de comptage comportant un détecteur à scintillations à cristal de NaI relié à une chaîne enregistrant les impulsions obtenues pendant la période de mesure.

Les mesures de  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $n_0$  se feront dans des conditions strictes d'identité de géométrie, de sensibilité de l'ensemble de détection et de température des échantillons les plus voisines possible.

On attendra notamment la mise en équilibre de température du détecteur pour commencer les mesures et l'on tiendra compte de tout temps mort électronique dû à l'appareillage.

L'utilisation d'un seul ensemble de mesure évite certaines erreurs systématiques dans la comparaison des taux de comptage. L'utilisation de plusieurs ensembles de comptage pour mesurer les taux de comptage des échantillons aussi bien que des solutions diluées, quand elle est possible, permet une vérification sur les mesures.

## 6.3 Méthode de comptage

Les échantillons prélevés en amont du point d'injection, ou avant les essais, seront comptés avant, pendant et après la mesure des échantillons contenant le traceur afin de déterminer le bruit de fond  $n_0$  et de vérifier que le matériel de mesure n'est pas contaminé.

Pour contrôler la constance de la sensibilité de l'ensemble de détection, on procédera périodiquement à un comptage pendant toute la période de mesure, avec une source radioactive (par exemple le cobalt 60) et avec les échantillons et les solutions diluées.

Il est recommandé d'effectuer au moins trois dilutions (et plus, de préférence) de la solution injectée et de mesurer au moins cinq échantillons (et plus, de préférence) prélevés à des dates différentes dans la conduite pendant l'essai. On s'assurera ainsi, en particulier, qu'un régime constant de concentration a été atteint.

Pour les mesures les plus précises, on pourra faire avant celles-ci un test du  $\chi_2$  à l'aide d'une source radioactive auxiliaire de longue période comme le cobalt 60 afin de s'assurer du fonctionnement stable de l'ensemble de détection.

## 6.4 Mesure de la période

Le taux de comptage de l'une des solutions diluées (voir 5.6) doit être mesuré périodiquement (au moins quatre fois) pendant la période des essais afin de déterminer la période du traceur radioactif qui sera utilisée dans le calcul du débit.

## 6.5 Présence de sédiments

S'il existe des sédiments dans l'eau de la conduite, des essais préliminaires doivent être effectués pour vérifier qu'il n'existe aucune adsorption du traceur sur ces sédiments (voir 5.1 de la partie I).

Si l'on craint l'adsorption du traceur, la mesure peut être possible dans certains cas sous réserve de précautions spéciales pour conserver en particulier la même précision.

Des expériences effectuées pour établir l'influence de sédiments en suspension dans l'eau de la conduite sur la mesure du taux de comptage d'un échantillon, ont montré que ce dernier n'était pas affecté par quelques pourcents de sédiments. De plus grandes quantités de sédiments en suspension pourront être acceptées si l'on utilise de l'eau de la conduite dans les solutions diluées (voir 5.6) et, dans toute la mesure du possible, on laissera déposer ou on enlèvera par décantation de l'eau, tout sédiment présent dans les bouteilles d'échantillonnage; les sédiments ainsi enlevés ne sont pas compris dans la mesure du débit.

**7 CHOIX DES TRACEURS RADIOACTIFS**

**7.1 Caractéristiques**

Les critères généraux de choix des traceurs pour la mesure des débits s'appliquent aux traceurs radioactifs.

Les caractéristiques spécifiques à ces derniers présentées ci-dessous seront aussi à considérer :

*Type et énergie des rayonnements émis*

On préférera des émetteurs de rayonnement  $\gamma$  à des émetteurs de rayonnement  $\beta$  car leur mesure est moins délicate et l'efficacité du comptage est accrue par l'effet moindre d'auto-absorption du rayonnement de l'échantillon. On considérera par contre que les radio-éléments à rayonnement  $\beta$  sont plus faciles à transporter.

*Activité massique maximale disponible utile*

*Prix*

Le coût du traceur dépend du type et des caractéristiques du rayonnement émis, du débit à mesurer, de la sensibilité de l'ensemble de détection que l'on utilisera et de la précision espérée.

*Concentration maximale admissible dans les eaux de boisson*

C'est un élément important dans le choix du traceur.

On préférera à cet effet le traceur donnant le rapport le plus élevé entre la concentration maximale admissible et la concentration compatible avec la précision recherchée. Le traceur employé doit toujours être conforme aux règlements nationaux applicables aux emplacements de mesure.

*Période*

On choisira un traceur de période le plus faible possible, compatible avec les conditions précédentes et avec les conditions d'approvisionnement, de stockage et de mesure du radio-élément afin de simplifier les problèmes de décontamination et les problèmes de sécurité posés par l'utilisation d'un traceur radioactif.

**7.2 Liste des radiotraceurs recommandés**

Une liste des traceurs utilisables est donnée au paragraphe 5.1.2 de la partie I. Les traceurs qui apparaissent au tableau ci-dessous sont parmi les plus utilisés.

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

ISO 2975-3:1976

Isotope	Type de rayonnement				Concentration maximale admissible
	Rayons Bêta		Rayons Gamma		
	énergie MeV	abondance %	énergie MeV	abondance %	
Brome 82 Période 36,0 h	0,44	(100)	0,55	(75)	$3 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$
			0,62	(42)	
			0,70	(28)	
			0,78	(83)	
			0,83	(25)	
			1,04	(29)	
			1,32	(28)	
Sodium-24 Période 15,0 h	1,39	(100)	1,37	(100)	$2 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$
			2,75	(100)	
Iode-131 Période 8,04 jours	0,25 0,33 0,61 0,81	(3) (9) (87) (1)	0,80	(2)	$2 \times 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$
			0,28	(5)	
			0,36	(80)	
			0,64	(9)	
			0,72	(3)	



## 8 EXEMPLE DE CALCUL DU DÉBIT

### 8.1 Une mesure a été réalisée de la manière suivante :

- Injection d'une solution de sodium 24 par pompe volumétrique entraînée par un moteur synchrone alimenté par le réseau 50 Hz.
- Dilution de cinq prélèvements de la solution injectée avec de l'eau de la conduite, détermination des rapports de dilution par la méthode gravimétrique, analyses sur un équipement de comptage (A) et sur un équipement de comptage (B) pour l'une d'entre elles (n° 3).
- Prélèvement de dix échantillons analysés sur l'ensemble de comptage (B).

### 8.2 Calcul du débit-volume d'injection

- Débit d'injection à 50 Hz ( $q'$ ) 2,099 cm<sup>3</sup>/s
- Fréquence moyenne ( $f$ ) 49,96 Hz
- Masse volumétrique de la solution injectée à la température d'injection ( $\rho_i$ ) 1,016 g/cm<sup>3</sup>
- Masse volumique de l'eau à la pression et à la température de la conduite ( $\rho_c$ ) 1,002 g/cm<sup>3</sup>

$$q = 2,099 \times \frac{49,96}{50}$$

$$= 2,097 \text{ cm}^3/\text{s} \text{ ou } 2,097 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

### 8.3 Calcul des rapports de dilution des échantillons de solution

N° de solution diluée	1	2	3	4	5
Échantillon de solution injectée	0,848 5 g	1,108 5 g	0,980 7 g	0,972 2 g	0,851 0 g
Échantillon de solution injectée + eau de première dilution	945,5 g	901,0 g	914,5 g	923,3 g	942,7 g
Échantillon après première dilution	1,025 5 g	1,165 4 g	0,883 0 g	1,023 5 g	0,992 4 g
Échantillon après première dilution + eau	3 835,0 g	3 837,0 g	3 844,5 g	3 852,0 g	3 821,0 g
Masse volumique de l'eau de la conduite	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>
Masse volumique de l'eau utilisée pour les dilutions	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>	0,998 2 g/cm <sup>3</sup>
$D =$ rapport de dilution volumique $\times 10^{-6}$	4,167	2,676	4,060	3,574	4,265