

---

---

**Qualité de l'eau — Détermination de l'indice  
phénol par analyse en flux (FIA et CFA)**

*Water quality — Determination of phenol index by flow analysis  
(FIA and CFA)*

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

ISO 14402:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9fb244bf-df95-48d1-b65e-4c453fc18218/iso-14402-1999>



Sommaire	Page
1 Domaine d'application .....	1
2 Références normatives .....	1
3 Détermination de l'indice phénol (sans distillation) après extraction .....	1
3.1 Principe .....	1
3.2 Interférences .....	2
3.3 Réactifs .....	2
3.4 Appareillage .....	4
3.5 Échantillonnage .....	7
3.6 Mode opératoire .....	7
3.7 Calcul des résultats .....	8
4 Détermination de l'indice phénol (sans extraction) après distillation .....	9
4.1 Principe .....	9
4.2 Interférences .....	9
4.3 Réactifs .....	10
4.4 Appareillage .....	10
4.5 Échantillonnage .....	12
4.6 Mode opératoire .....	12
4.7 Calcul des résultats .....	14
5 Expression des résultats .....	15
6 Fidélité et exactitude .....	15
7 Rapport d'essai .....	15
Annexe A (informative) Données statistiques .....	16
Bibliographie .....	18

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO 14402:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9fb244bf-df95-48d1-b65e-4c4531c18218/iso-14402-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9fb244bf-df95-48d1-b65e-4c4531c18218/iso-14402-1999>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 14402 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 147, *Qualité de l'eau*, sous-comité SC 2, *Méthodes physiques, chimiques et biochimiques*.

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

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

[ISO 14402:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9fb244bf-df95-48d1-b65e-4c453fc18218/iso-14402-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9fb244bf-df95-48d1-b65e-4c453fc18218/iso-14402-1999>

## Introduction

Les méthodes d'analyse en flux permettent l'automatisation des modes opératoires en chimie humide et conviennent tout particulièrement au traitement de grandes séries d'échantillons à une fréquence d'analyse élevée.

Il faut faire une distinction entre l'analyse avec injection de flux (FIA) [1, 2] et l'analyse en flux continu (CFA) [3]. Ces deux méthodes ont en commun le dosage automatique de l'échantillon dans un dispositif en flux (manifold) dans lequel les composants de l'échantillon réagissent avec les réactifs pendant l'écoulement. La préparation de l'échantillon peut être intégrée dans le manifold. Le produit de réaction est mesuré dans un détecteur à flux.

Le paramètre indice phénol est une convention analytique. Il représente un groupe de composés aromatiques formant dans les conditions de réaction spécifiques des produits de condensation colorés. Le résultat de l'analyse est exprimé en termes de concentration de phénol.

La présente Norme internationale contient deux méthodes: la détermination de l'indice phénol (sans distillation) après extraction, et la détermination de l'indice phénol (sans extraction) après distillation.

Il convient d'étudier si et dans quelle mesure des problèmes particuliers nécessiteront la spécification de conditions particulières.

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

[ISO 14402:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9fb244bf-df95-48d1-b65e-4c453fc18218/iso-14402-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9fb244bf-df95-48d1-b65e-4c453fc18218/iso-14402-1999>

# Qualité de l'eau — Détermination de l'indice phénol par analyse en flux (FIA et CFA)

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie deux méthodes de détermination de l'indice phénol dans des eaux d'origines différentes (par exemple eaux souterraines, eaux de surface, eaux d'infiltration et eaux résiduaires) en concentrations en masse comprises entre 0,01 mg/l et 1 mg/l (dans l'échantillon non dilué). Dans des cas particuliers, la gamme d'application peut être adaptée en faisant varier les conditions de fonctionnement. L'article 3 décrit la détermination de l'indice phénol (sans distillation) après extraction, et l'article 4 décrit la détermination de l'indice phénol (sans extraction) après distillation.

## 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 3696:1987, *Eau pour laboratoire à usage analytique — Spécification et méthodes d'essai*.

ISO 5667-3:1994, *Qualité de l'eau — Échantillonnage — Partie 3: Guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons*.

ISO 6439:1990, *Qualité de l'eau — Détermination de l'indice phénol — Méthode spectrométrique à l' amino-4 antipyrine après distillation*.

## 3 Détermination de l'indice phénol (sans distillation) après extraction

### 3.1 Principe

L'échantillon est amené dans un flux vecteur en continu et mélangé aux solutions d' amino-4 antipyrine et de peroxydisulfate de potassium s'écoulant également en continu. Les composés phénoliques de l'échantillon sont oxydés par le peroxydisulfate de potassium, les quinones qui en résultent réagissant avec l' amino-4 antipyrine en formant des produits de condensation colorés. Ces derniers sont extraits de la phase aqueuse par le chloroforme dans une unité d'extraction en flux. La phase chloroforme est séparée à l'aide d'un séparateur de phases approprié (par exemple une membrane hydrophobe semi-perméable), l'absorbance de la phase organique étant mesurée par spectrométrie dans un spectromètre de flux entre 470 nm et 475 nm. Les références [6, 7, 8, 9] donnent de plus amples informations sur cette technique d'analyse.

Il est essentiel que les essais conduits selon la présente Norme internationale soient effectués par un personnel convenablement qualifié.

## 3.2 Interférences

### 3.2.1 Interférences chimiques

Dans les conditions habituelles de réaction, les amines aromatiques formeront également des produits de condensation avec l' amino-4 antipyrine, ce qui provoque des biais positifs.

Il peut y avoir des interférences lorsque l'échantillon n'atteint pas un pH compris entre 10,0 et 10,5 une fois les réactifs ajoutés. Cela peut notamment se produire si les échantillons sont très acides, très alcalins et tamponnés. En pareil cas, l'échantillon doit faire l'objet d'un ajustement du pH entre 5 et 7 avant l'ajout des réactifs.

Pour d'autres informations sur les interférences, voir la référence [5].

### 3.2.2 Interférences physiques dues à la CFA et à la FIA

Si les échantillons contiennent des matières particulières, se reporter à 3.5 (dernier alinéa). Les échantillons troubles n'interfèrent pas avec la détermination. Dans le cas d'échantillons colorés, il convient de vérifier si la couleur peut être extraite au chloroforme et de déterminer la valeur à blanc de l'échantillon sans addition de réactifs R1 et R2. La différence de réponse entre les deux mesurages doit être prise en compte avec l'évaluation (selon 3.7).

L'essai interlaboratoire (voir l'article 6 et l'annexe A) a montré que des détergents présents dans les eaux résiduaires peuvent influencer fortement sur la détermination, car la mousse produite dans le dispositif en flux peut gêner d'une part la distillation à la vapeur des phénols volatils (indice phénol après distillation, voir l'article 4) et d'autre part le mode opératoire de segmentation et de séparation de phases (indice phénol après extraction, voir l'article 3). Il est en général facile de détecter ces interférences.

Dans le cas de concentrations importantes de détergents, la présente Norme internationale n'est applicable qu'aux seules concentrations en masse de phénol supérieures à 0,1 mg/l.

## 3.3 Réactifs

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9fb244bf-df95-48d1-b65e-4c453f618218/iso-14402-1999>

Utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue. La valeur à blanc des réactifs doit être régulièrement vérifiée (voir 3.6.3). Les solutions utilisées pour le dispositif en flux doivent être dégazées. Sauf indication contraire, il est recommandé de dégazer les solutions sous une pression réduite, car cette méthode permet simultanément de les purifier.

**ATTENTION — Le phénol est toxique et peut facilement être absorbé à travers la peau. Le chloroforme est toxique et cancérigène. Il convient d'éliminer convenablement les rejets contenant ces substances.**

**3.3.1 Eau**, de qualité 1, conformément à l'ISO 3696.

**3.3.2 Hydroxyde de potassium**, KOH.

**3.3.3 Monohydrogencarbonate de sodium**, NaHCO<sub>3</sub>.

**3.3.4 Amino-4 antipyrine** (4-amino-2,3-diméthyl-1-phényl-3-pyrazoline-5-one), C<sub>11</sub>H<sub>13</sub>N<sub>3</sub>O.

**3.3.5 Peroxodisulfate de potassium**, K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>.

**3.3.6 Phénol**, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH.

**3.3.7 Acide borique**, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.

**3.3.8 Éthanol**, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, 96 % (fraction massique).

**3.3.9 2-Propanol**, C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH, 100 % (fraction massique).

**3.3.10 Acide sulfurique**, ρ(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = 1,84 g/ml.

**3.3.11 Acide chlorhydrique**, HCl, 50 % (fraction massique).

**3.3.12 Solution d'hydroxyde de potassium**,  $c(\text{KOH}) = 1,0 \text{ mol/l}$ .

**3.3.13 Solution tampon**

Dans une fiole jaugée de 1 000 ml, remplie d'environ 500 ml d'eau (3.3.1), dissoudre 23 g de monohydrogénocarbonate de sodium (3.3.3), 27 g d'acide borique (3.3.7) et 35 g d'hydroxyde de potassium (3.3.2) et compléter au volume avec de l'eau.

Le pH de la solution tampon est approximativement de 10,3. La solution reste stable pendant 1 mois.

**3.3.14 Solution vecteur** (symbole «C» à la Figure 1)

Utiliser de l'eau (3.3.1) dégazée sous pression réduite.

**3.3.15 Solution d'amino-4 antipyrine I** (symbole «R1» aux Figures 1 et 2)

Dans une fiole jaugée de 100 ml, dissoudre 0,5 g d'amino-4 antipyrine (3.3.4) dans environ 50 ml de solution tampon (3.3.13) et compléter au volume avec la même solution tampon.

Dégazer la solution (par exemple par filtration sur membrane).

Utiliser une solution préparée extemporanément.

**3.3.16 Solution de peroxodisulfate de potassium** (symbole «R2» aux Figures 1 et 2)

Dans une fiole jaugée de 100 ml, dissoudre 5 g de peroxodisulfate de potassium (3.3.5) dans environ 90 ml d'eau (3.3.1), ajuster au pH 11 avec la solution d'hydroxyde de potassium (3.3.12) et compléter au volume avec de l'eau.

Dégazer la solution (par exemple par filtration sur membrane).

Utiliser une solution préparée extemporanément.

**3.3.17 Chloroforme**,  $\text{CHCl}_3$  (symbole «Org» aux Figures 1 et 2)

Dégazer la solution de chloroforme par filtration sur membrane ou pendant 3 min dans un bain à ultrasons.

**3.3.18 Solution mère de phénol**,  $\rho = 1\,000 \text{ mg/l}$

Dans une fiole jaugée de 1 000 ml, dissoudre 1,000 g de phénol (3.3.6) dans de l'eau (3.3.1) et compléter au volume avec de l'eau. Utiliser uniquement des cristaux de phénol incolores.

La solution refroidie (2 °C à 5 °C) reste stable pendant 1 mois.

**3.3.19 Solution étalon de phénol I**,  $\rho = 10 \text{ mg/l}$

Introduire, à l'aide d'une pipette, 1 ml de solution mère (3.3.18) dans une fiole jaugée de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau (3.3.1).

La solution refroidie (2 °C à 5 °C) reste stable pendant 1 semaine.

**3.3.20 Solution étalon de phénol II**,  $\rho = 1 \text{ mg/l}$

Introduire, à l'aide d'une pipette, 10 ml de solution étalon I (3.3.19) dans une fiole jaugée de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau (3.3.1).

La solution refroidie (2 °C à 5 °C) reste stable pendant 1 semaine.

### 3.3.21 Solutions d'étalonnage

Préparer les solutions d'étalonnage selon l'origine de l'échantillon et les concentrations recherchées en diluant respectivement les solutions étalons de phénol I ou II (3.3.19 ou 3.3.20).

Préparer au moins 5 solutions d'étalonnage par domaine de travail.

Procéder de la manière suivante pour les domaines de travail I et II en cas d'utilisation de six solutions d'étalonnage:

a) Domaine de travail I (de 0,1 mg/l à 1 mg/l)

À l'aide d'une pipette, introduire respectivement 1 ml, 3 ml, 5 ml, 6 ml, 8 ml et 10 ml de solution étalon I (3.3.19) dans chaque série de fioles jaugées de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau (3.3.1).

La concentration en phénol de ces solutions d'étalonnage est respectivement de 0,1 mg/l, 0,3 mg/l, 0,5 mg/l, 0,6 mg/l, 0,8 mg/l et 1,0 mg/l.

b) Domaine de travail II (de 0,01 mg/l à 0,1 mg/l)

À l'aide d'une pipette, introduire respectivement 1 ml, 3 ml, 5 ml, 6 ml, 8 ml et 10 ml de solution étalon II (3.3.20) dans chaque série de fioles jaugées de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau (3.3.1).

La concentration en phénol de ces solutions d'étalonnage est respectivement de 0,01 mg/l, 0,03 mg/l, 0,05 mg/l, 0,06 mg/l, 0,08 mg/l et 0,1 mg/l.

Utiliser des solutions d'étalonnage préparées extemporanément.

STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

### 3.4 Appareillage

#### 3.4.1 Dispositif d'analyse avec injection de flux (FIA)

Le dispositif d'analyse avec injection de flux (FIA) doit comporter les éléments suivants (voir Figure 1):

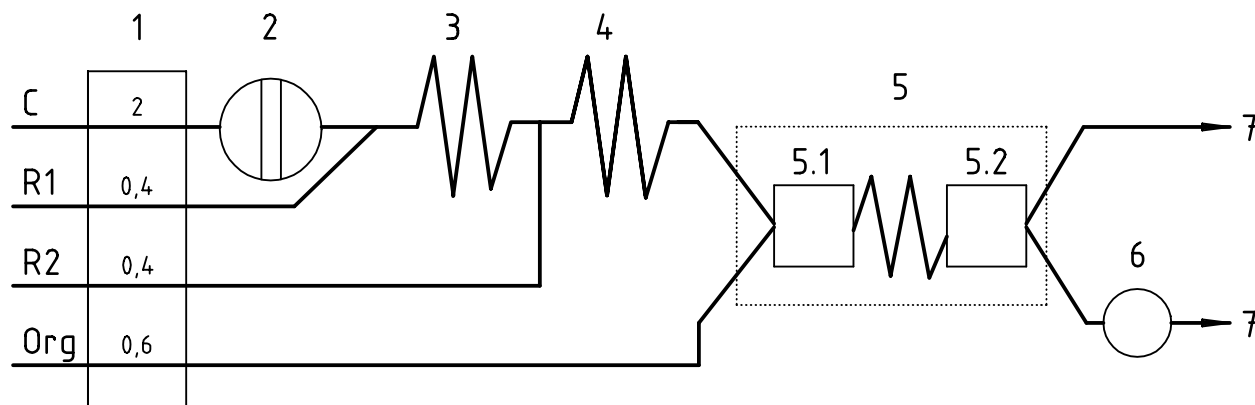
- a) Réservoirs à réactifs.
  - b) Pompe à faible pulsation comprenant des tubes de pompage spécifiques, pour les débits représentés, à titre d'exemple, à la Figure 1.
  - c) Flacon de transfert pour l'alimentation en chloroforme.
  - d) Injecteurs d'échantillon ayant des volumes appropriés.
  - e) Cuve d'extraction comportant un dispositif de segmentation et un séparateur de phases (par exemple une membrane hydrophobe semi-perméable en PTFE).
- EXEMPLE Épaisseur de membrane: de 150 µm à 200 µm; dimensions des pores: de 0,5 µm à 2 µm; porosité: 75 %.
- f) Tubes de circulation et bobines de mélange ayant un diamètre intérieur compris entre 0,5 mm et 0,8 mm, raccords de tubes et pièces en T en matière plastique chimiquement inerte, d'un volume mort minimal.
  - g) Détecteur spectrométrique à flux, ayant un parcours optique de 10 mm, la longueur d'onde étant comprise entre 470 nm et 475 nm.

h) Système d'enregistrement (par exemple enregistreur graphique, intégrateur ou imprimante).

NOTE En général, les hauteurs de pic sont mesurées.

i) Si nécessaire, échantillonneur automatique.





### Légende

- C Solution vecteur (3.3.14)  
 R1 Solution d' amino-4 antipyrine I (3.3.15)  
 R2 Solution de peroxydisulfate de potassium (3.3.16)  
 Org Chloroforme (3.3.17)  
 1 Pompe (débits en ml/min)  
 2 Injecteur  
 600  $\mu$ l (domaine de travail: de 0,01 mg/l à 0,1 mg/l de phénol)  
 200  $\mu$ l (domaine de travail: de 0,1 mg/l à 1,0 mg/l de phénol)  
 3 Bobine de mélange: 60 cm, diamètre intérieur 0,5 mm  
 4 Bobine de mélange: 80 cm, diamètre intérieur 0,5 mm  
 5 Unité d'extraction: 160 cm, diamètre intérieur 0,7 mm  
 5.1 Dispositif de segmentation de phases  
 5.2 Séparateur de phases  
 6 Détecteur: trajet optique: 1 cm; longueur d'onde: 470 nm à 475 nm  
 7 Rejets

**Figure 1 — Exemple de dispositif d'analyse avec injection de flux pour la détermination de l'indice phénol compris entre 0,01 mg/l et 1,0 mg/l sans distillation et avec extraction (selon 3.4.1)**

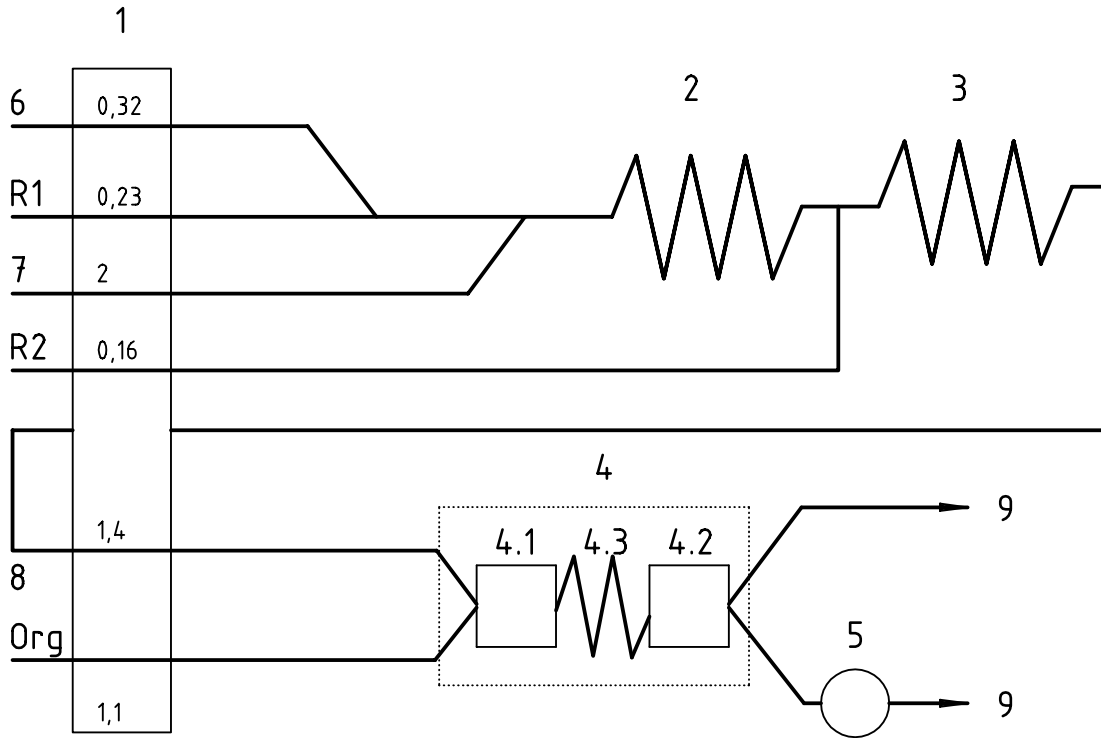
### 3.4.2 Dispositif d'analyse en flux continu (CFA)

Le dispositif d'analyse en flux continu doit comprendre les éléments suivants (voir Figure 2):

- Échantillonneur automatique permettant une introduction reproductible de l'échantillon ou du liquide vecteur.
- Réservoirs à réactifs.
- Pompe à faible pulsation, munie de tubes de pompage spécifiques en matériau chimiquement inerte, pour les débits représentés, à titre d'exemple, à la Figure 2.
- Si nécessaire, flacon de transfert pour l'alimentation en chloroforme.
- Manifold permettant l'introduction reproductible de bulles d'air, d'échantillon et de réactifs, comportant des systèmes de circulation et d'extraction appropriés ainsi que des éléments de raccordement (par exemple en verre, en matière plastique chimiquement inerte ou en métal) et un dispositif approprié pour séparer la phase organique de la phase aqueuse.
- Détecteur spectrométrique à flux, ayant un parcours optique compris entre 5 mm et 50 mm, la longueur d'onde étant comprise entre 470 nm et 475 nm.
- Système d'enregistrement (par exemple enregistreur graphique, intégrateur ou imprimante).

NOTE 1 En général, les hauteurs de pic sont mesurées.

NOTE 2 La Figure 2 décrit un système CFA de 2 mm de diamètre intérieur. D'autres diamètres intérieurs (par exemple de 1 mm environ) peuvent également être utilisés.



**Légende**

- R1 Solution d'amino-4 antipyrine I (3.3.15)
- R2 Solution de peroxydisulfate de potassium (3.3.16)
- Org Chloroforme (3.3.17)
- 1 Pompe (débits en ml/min)
- 2 Bobine de mélange: 40 cm, diamètre intérieur 2 mm
- 3 Bobine de mélange: 40 cm, diamètre intérieur 2 mm
- 4 Unité d'extraction
- 4.1 Dispositif de segmentation de phases
- 4.2 Séparateur de phases
- 4.3 Bobine de mélange: 150 cm, diamètre intérieur 2 mm
- 5 Détecteur: trajet optique: 5 mm à 50 mm; longueur d'onde: 470 nm à 475 nm
- 6 Gaz de segmentation (air)
- 7 Échantillon
- 8 Repompage
- 9 Rejets

**Figure 2 — Exemple de dispositif d'analyse en flux continu pour la détermination de l'indice phénol compris entre 0,01 mg/l et 1,0 mg/l sans distillation et avec extraction (selon 3.4.2)**

**3.4.3 Appareillage complémentaire**

**3.4.3.1 Fioles jaugées**, de capacité 100 ml et 1 000 ml.

**3.4.3.2 Pipettes graduées**, de capacité 1 ml à 10 ml.

**3.4.3.3 Appareil de filtration sur membrane**, avec membranes filtrantes, les dimensions des pores étant de 0,45 µm.

**3.4.3.4 pH-mètre** (par exemple électrode pH).

### 3.5 Échantillonnage

Pour l'échantillonnage, utiliser des récipients en verre ou en polytétrafluoroéthylène (PTFE).

Avant utilisation, rincer tous les récipients et dispositifs entrant en contact avec l'échantillon à l'acide sulfurique de pH 2 environ.

Analyser les échantillons immédiatement après leur prélèvement. En alternative, les ajuster à un pH de 2 environ avec de l'acide sulfurique (3.3.10 ou solution diluée) ou de l'acide chlorhydrique (3.3.11 ou solution diluée), conserver à l'abri de la lumière à une température comprise entre 2 °C et 5 °C et analyser dans les 24 h.

Dans des cas exceptionnels, il est possible de conserver l'échantillon pendant deux semaines au maximum après son acidification et sa filtration (sous pression) sur membrane. L'applicabilité de cette méthode de conservation doit être contrôlée au cas par cas. L'ISO 5667-3 et la référence [10] donnent de plus amples informations sur la conservation des échantillons.

Il est nécessaire de filtrer l'échantillon avant de procéder au mesurage s'il y a un risque d'obstruction des tubes de circulation.

### 3.6 Mode opératoire

#### 3.6.1 Préparation pour le mesurage

Avant de procéder au mesurage, faire passer sans interruption les réactifs C (3.3.14), R1 (3.3.15), R2 (3.3.16) et Org (3.3.17) à travers le dispositif d'analyse en flux, attendre la stabilisation de la ligne de base et la régler à zéro.

Le dispositif est prêt à fonctionner dès que la ligne de base reste stable (absence de dérive). Il convient d'obtenir un rapport signal/bruit satisfaisant.

Vérifier que le rapport signal/bruit obtenu n'a pas d'effet significatif sur les résultats.

Des membranes de séparateur défectueuses ou des traces d'eau sur les parois de la cuve sont les causes les plus fréquentes d'un mauvais rapport signal/bruit. Les traces d'eau adhérant aux parois de la cuve peuvent être éliminées en rinçant la cuve à l'éthanol (3.3.8) ou au 2-propanol (3.3.9).

Procéder à la surveillance de la valeur à blanc du réactif et au contrôle du bon fonctionnement de la membrane, comme décrit en 3.6.3. Effectuer l'étalonnage selon 3.6.4.

#### 3.6.2 Contrôle du dispositif en flux

Le système de mesurage étant réglé sur le domaine de travail II, on doit obtenir une absorbance d'au moins  $0,01 \text{ cm}^{-1}$  par 1 cm de longueur de cuve en utilisant une solution d'étalonnage (3.3.21) ayant une concentration de 0,05 mg/l. Si tel n'est pas le cas, le dispositif en flux ne convient pas et doit être remplacé par un autre qui répond à cette exigence.

NOTE Si le détecteur photométrique (3.4.1, 3.4.2) n'est pas conçu pour le mesurage des valeurs d'absorbance, l'absorbance peut être déterminée à l'aide d'un photomètre externe conçu pour mesurer ces valeurs.

#### 3.6.3 Surveillance de la valeur à blanc des réactifs

Attendre la stabilisation de la ligne de base.

À la place des réactifs R1 (3.3.15) et R2 (3.3.16), faire passer de l'eau dans le dispositif jusqu'à obtention d'un signal stable. Enregistrer la variation de l'absorbance.

Si l'absorbance (par centimètre de longueur de cuve) diminue de plus de  $0,05 \text{ cm}^{-1}$ , on peut supposer qu'il s'est produit une autocondensation. Dans ce cas, répéter la préparation des solutions, le contrôle du dispositif en flux (voir 3.6.2) et la surveillance de la valeur à blanc des réactifs (voir 3.6.3).

Faire ensuite à nouveau circuler les réactifs R1 (3.3.15) et R2 (3.3.16).