



**Norme  
internationale**

**ISO 19702**

**Échantillonnage et analyse des gaz  
et des vapeurs toxiques dans les  
effluents du feu par spectroscopie  
infrarouge à transformée de  
Fourier (IRTF)**

*Sampling and analysis of toxic gases and vapours in fire effluents  
using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy*

**Troisième édition  
2024-12**

[ISO 19702:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3137b6ec-2a2e-49be-997f-01c27f64687f/iso-19702-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3137b6ec-2a2e-49be-997f-01c27f64687f/iso-19702-2024>

iTeh Standards  
(<https://standards.itih.ai>)  
Document Preview

[ISO 19702:2024](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/3137b6ec-2a2e-49be-997f-01c27f64687f/iso-19702-2024)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/3137b6ec-2a2e-49be-997f-01c27f64687f/iso-19702-2024>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2024

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>v</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>vi</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4 Principes</b> .....	<b>3</b>
<b>5 Échantillonnage</b> .....	<b>4</b>
5.1 Généralités .....	4
5.2 Température du système de prélèvement .....	4
5.3 Systèmes filtrants .....	5
5.4 Sondes d'échantillonnage .....	6
5.4.1 Généralités .....	6
5.4.2 Sondes à un seul trou .....	7
5.4.3 Sondes à plusieurs trous .....	8
5.4.4 Positionnement des sondes .....	8
5.5 Ligne de prélèvement .....	9
5.6 Sélection, position et débit de la pompe .....	10
5.7 Temps de réponse du système de prélèvement .....	11
5.8 Cellule optique .....	11
<b>6 Spectrophotomètre IRTF</b> .....	<b>12</b>
6.1 Environnement du spectrophotomètre .....	12
6.2 Détecteur .....	12
6.3 Source d'infrarouge .....	12
6.4 Alignement et propreté des miroirs .....	13
6.5 Compartiment du spectrophotomètre .....	13
6.6 Limites du domaine spectral .....	13
6.7 Résolution .....	13
<b>7 Étalonnage</b> .....	<b>13</b>
7.1 Bruit de fond .....	13
7.2 Limites de détection et de quantification ( $L_D$ et $L_Q$ ) .....	14
7.3 Méthodes d'étalonnage .....	14
7.4 Acquisition et collecte des étalons .....	14
<b>8 Mode opératoire de mesurage</b> .....	<b>14</b>
8.1 Généralités .....	14
8.2 Configurations, vérifications et contrôles quotidiens .....	15
8.2.1 Généralités .....	15
8.2.2 Contrôle de la méthode d'étalonnage .....	15
8.2.3 Mesurages de sensibilité du spectrophotomètre .....	15
8.2.4 Essais du système de prélèvement .....	16
8.2.5 Contrôle du débit d'échantillonnage .....	16
8.3 Préparation en vue de l'échantillonnage et de l'analyse .....	17
8.4 Modes opératoires initiaux précédant immédiatement un essai .....	17
8.5 Modes opératoires pendant le prélèvement .....	17
8.6 Modes opératoires après un essai .....	17
8.7 Réduction des données .....	18
<b>9 Rapport d'essai</b> .....	<b>18</b>
<b>10 Fidélité et exactitude</b> .....	<b>19</b>
10.1 Généralités .....	19
10.2 $L_D$ et $L_Q$ .....	19
10.3 Répétabilité et reproductibilité .....	19

<b>Annexe A</b> (informative) <b>Théorie de l'IRTF</b> .....	<b>20</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Systèmes de prélèvement IRTF</b> .....	<b>22</b>
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Analyse du ou des filtres, de la ligne de prélèvement et de la sonde afin d'évaluer la rétention des effluents</b> .....	<b>26</b>
<b>Annexe D</b> (normative) <b>Détermination du temps de réponse du système de prélèvement IRTF complet</b> .....	<b>27</b>
<b>Annexe E</b> (informative) <b>Facteurs à considérer pour le choix d'une cellule optique IRTF</b> .....	<b>29</b>
<b>Annexe F</b> (normative) <b>Vérification de la performance optique des cellules IRTF</b> .....	<b>31</b>
<b>Annexe G</b> (informative) <b>Spectrophotomètre</b> .....	<b>33</b>
<b>Annexe H</b> (normative) <b>Vérification de la performance du spectromètre</b> .....	<b>37</b>
<b>Annexe I</b> (informative) <b>Gaz de référence</b> .....	<b>41</b>
<b>Annexe J</b> (informative) <b>Méthodes d'étalonnage</b> .....	<b>47</b>
<b>Annexe K</b> (informative) <b>Enregistrement des spectres de référence et construction d'un ensemble d'étalonnage</b> .....	<b>50</b>
<b>Annexe L</b> (informative) <b>Répétabilité et reproductibilité</b> .....	<b>61</b>
<b>Annexe M</b> (informative) <b>Exemples historiques d'équipements et de paramètres</b> .....	<b>62</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>77</b>

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 19702:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3137b6ec-2a2e-49be-997f-01c27f64687f/iso-19702-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3137b6ec-2a2e-49be-997f-01c27f64687f/iso-19702-2024>

## 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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets). L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 3, *Dangers pour les personnes et l'environnement dus au feu*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 19702:2015), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- mise à jour de l'[Article 3](#);
- développement de l'[Annexe K](#).

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

L'échantillonnage et l'analyse des effluents du feu sont requis pour une grande diversité d'applications couvrant des domaines tels que l'évaluation des dangers du feu<sup>[4][11][26]</sup> et l'impact des feux sur l'environnement.<sup>[6]</sup> Ces analyses engendrent généralement une liste d'espèces chimiques et de leurs concentrations dans les effluents à un instant spécifique ou sur une certaine durée, et à un endroit donné, pendant (et éventuellement après) la période de production des effluents. Selon l'usage final de ces données, les exigences peuvent aller d'une liste d'espèces chimiques très détaillée, résolue dans le temps, quantifiée et validée, à une simple estimation d'un seul composé ou d'un petit nombre de composés.

Bien que les méthodes employées dans d'autres domaines soient utilisées occasionnellement (pollution atmosphérique, par exemple), l'acquisition de données pertinentes nécessite souvent des techniques d'échantillonnage et d'analyse spécialisées. Ces dernières sont nécessaires en raison de la complexité, de la réactivité et de la nature généralement « hostile » des effluents classiques du feu, ainsi que des rapides variations de concentrations généralement observées en fonction du temps et de la distance par rapport à la source de l'incendie.

Les propriétés types suivantes des effluents du feu rendent les méthodes d'échantillonnage et d'analyse plus « traditionnelles » inappropriées:

- les températures élevées supérieures ou égales à 1 000 °C;
- la présence d'aérosols (c'est-à-dire des particules solides et liquides) avec un large éventail de tailles et de distribution des particules, associés à des espèces chimiques adsorbées et absorbées;
- la présence de vapeurs organiques et inorganiques condensables (de l'eau, par exemple);
- un degré de turbulence élevé, avec des concentrations variables dans le temps et l'espace;
- une très grande diversité d'espèces et de concentrations, qui varient généralement rapidement en fonction du temps et de l'emplacement par rapport à la source (ou à la zone de chauffage en cas de modèle de feu physique de « laboratoire »);
- la présence d'espèces acides/corrosives;
- la présence d'espèces solubles dans l'eau et/ou fortement réactives entraînant des pertes d'échantillons.

L'identification de ces facteurs a conduit au développement de nouvelles méthodes ou à l'adaptation des méthodes existantes pour l'échantillonnage et l'analyse des gaz et vapeurs contenus dans les effluents des feux et des essais au feu physiques.

Des méthodes courantes d'échantillonnage et d'analyse sont apparues ces dernières années et dans certains cas, des Normes internationales, telles que l'ISO 19701, ont été publiées pour des gaz et des vapeurs choisis. Une grande partie de cette information est fournie dans l'ISO 19701 qui présente diverses méthodes pour l'échantillonnage et l'analyse des gaz individuels ayant une importance toxicologique. Plusieurs méthodes sont souvent nécessaires pour déterminer toutes les espèces présentant un intérêt particulier pour l'analyse du danger d'incendie.

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) offre un mode opératoire amélioré, en particulier par:

- une méthode unique pour le mesurage des gaz et vapeurs, pertinente pour la toxicologie du feu;
- des mesurages (c'est-à-dire des concentrations d'espèces chimiques présentant un intérêt) résolus dans le temps sur des périodes relativement courtes, en permettant la surveillance du développement des espèces chimiques et de la décroissance tout au long de l'incendie ou de l'essai au feu physique;
- un retraitement des spectres IRTF enregistrés pour potentiellement obtenir des données pertinentes relatives à la présence d'une substance toxique identifiée comme étant importante.

Bien que l'ISO 19701 récapitule la technique ainsi que certaines applications de l'IRTF pour l'analyse des gaz de combustion et de nombreuses autres méthodes courantes, le présent document fournit des informations

## ISO 19702:2024(fr)

détaillées concernant les exigences établies et les bonnes pratiques d'obtention de résultats fiables d'échantillonnage et d'analyse en utilisant la méthode IRTF.

La spectroscopie IRTF peut être utilisée pour analyser les effluents du feu en utilisant ces deux méthodes:

- a) une analyse en circuit ouvert, où le faisceau de rayonnement infrarouge est dirigé à travers l'effluent situé à l'intérieur et/ou à l'extérieur de l'appareillage d'essai au feu;
- b) une analyse extractive, dans laquelle une fraction de l'effluent provenant d'un appareillage d'essai au feu est envoyée en continu, via un système de prélèvement chauffé, à la cellule à gaz de l'instrument d'analyse IRTF, en permettant ainsi de réaliser des mesurages à distance [voir, par exemple, la résolution IMO MSC 61(67), Partie 2: Toxicity analysis (Analyse de toxicité)<sup>[9]</sup>].

Les deux modes opératoires (et leurs variantes) ont été appliqués avec succès, bien que la technique d'analyse extractive soit nettement plus répandue pour l'analyse des effluents du feu.

Financé par l'Union européenne, le projet SAFIR (*Smoke Gas Analysis by Fourier Infrared Spectroscopy*),<sup>[18]</sup><sup>[19]</sup> qui était axé sur les essais et la validation d'une méthode IRTF extractive utilisable dans de multiples situations, revêt une importance particulière pour le développement de l'IRTF en tant qu'outil pratique pour l'analyse des gaz de combustion. Les résultats du projet SAFIR constituaient la base de la première édition du présent document (ISO 19702:2006). La seconde édition du présent document (ISO 19702:2015) reposait sur les mises à jour ultérieures, par exemple les Références [8], [15], [21], [25] et [27].

Toute analyse chimique est sélective concernant les espèces chimiques déterminées et l'exactitude et la fidélité des mesurages quantitatifs. Certaines méthodes chimiques analytiques peuvent être appropriées pour une détermination précise de certaines espèces, mais le sont moins pour d'autres. Ainsi, malgré la possibilité offerte par l'analyse spectroscopique IRTF de mesurer un large éventail d'espèces chimiques présentant un intérêt dans le domaine de l'évaluation des dangers du feu, d'autres méthodes peuvent également être nécessaires pour déterminer toutes les espèces qui présentent un intérêt pour une application particulière. Cependant, l'utilisation de la seule analyse IRTF peut fournir des données dont la qualité est suffisante pour qualifier et calculer les concentrations de la plupart des espèces chimiques qui sont importantes pour l'évaluation des risques toxiques.

[ISO 19702:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3137b6ec-2a2e-49be-997f-01c27f64687f/iso-19702-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3137b6ec-2a2e-49be-997f-01c27f64687f/iso-19702-2024>





# Échantillonnage et analyse des gaz et des vapeurs toxiques dans les effluents du feu par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des exigences et formule des recommandations relatives aux systèmes de prélèvement à utiliser pour les essais au feu à petite échelle et moyenne échelle, à la sélection des paramètres et l'utilisation de l'instrument IRTF, ainsi qu'à la collecte et l'utilisation des spectres d'étalonnage.

Les méthodes décrites dans le présent document sont principalement destinées à mesurer les concentrations des espèces chimiques présentes dans les effluents du feu et peuvent être utilisées pour:

- a) fournir des données à utiliser dans l'évaluation de la toxicité de la réaction de combustion sans faire appel à des études biologiques;
- b) calculer les données de rendement dans les études de caractérisation du feu;
- c) fournir des données à utiliser dans la modélisation mathématique du risque que présentent les effluents du feu en caractérisant leur composition générée par des modèles de feu physiques;
- d) caractériser la composition des effluents des modèles physiques à petite échelle et des feux à plus grande échelle à des fins comparatives;
- e) aider à la validation des modèles de feu numériques;
- f) fixer les conditions d'exposition dans les études biologiques, si nécessaire;
- g) surveiller les études biologiques lorsqu'elles sont utilisées;
- h) aider à l'interprétation des études biologiques, le cas échéant.

Le présent document spécifie des principes d'échantillonnage et des méthodes pour l'analyse individuelle, dans les effluents du feu, des fractions volumiques dans l'air du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), du cyanure d'hydrogène (HCN), du chlorure d'hydrogène (HCl), du bromure d'hydrogène (HBr), du monoxyde d'azote (NO), du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de l'acroléine (CH<sub>2</sub>CHCHO).

**NOTE** Selon la longueur du trajet optique, une saturation de certaines raies spectrales peut éventuellement être observée à de fortes concentrations et fausser les fractions volumiques obtenues.

Dans les cas les plus courants, un instrument IRTF peut mesurer une large plage de concentrations. En général, cette plage varie de quelques µl/l à plusieurs milliers de µl/l pour HCl, HBr, HF, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCN et jusqu'à quelques pour-cent pour CO, CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O. Les espèces susmentionnées sont uniquement citées à titre indicatif et de nombreuses autres espèces pourraient être ajoutées.<sup>[27]</sup> Bien qu'elle ne soit pas spécifiquement définie dans le présent document, car elle n'avait pas été spécifiquement étudiée dans le cadre du projet SAFIR,<sup>[18]</sup> la méthode présentée convient également pour l'analyse d'autres espèces gazeuses, telles que le fluorure d'hydrogène (HF) et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), en utilisant des méthodes d'échantillonnage adaptées.

Des méthodes d'étalonnage sont données dans le présent document, ainsi que des recommandations relatives aux opérations de nettoyage recommandées, à l'entretien, aux contrôles et aux modes opératoires à effectuer sur l'instrument IRTF et les systèmes de prélèvement qui sont jugés essentiels pour maintenir l'instrument dans un état d'utilisation adapté à l'analyse des effluents du feu.

L'échantillonnage est jugé comme faisant partie intégrante de la méthodologie de mesure IRTF complète et des recommandations sont faites pour la conception, l'entretien et l'utilisation de systèmes adaptés.

Le présent document fournit des recommandations générales pour l'échantillonnage et l'analyse des effluents du feu, fondées sur les bonnes pratiques déterminées à partir d'une grande diversité d'études d'essai au feu normalisées et ad hoc, à petite échelle et grande échelle. Le présent document n'est pas nécessairement applicable dans des méthodes d'essai au feu publiées spécifiques où l'IRTF est spécifié comme une exigence pour l'échantillonnage et l'analyse des effluents dans cet essai particulier. Dans ces cas, les exigences spécifiques relatives à l'échantillonnage et l'analyse par l'IRTF dans le cadre des modes opératoires d'essai normalisés publiés s'appliquent. Toutefois, si de telles exigences spécifiques n'ont pas été publiées, cette édition du présent document peut servir de base afin d'obtenir des résultats acceptables.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 12828-1, *Méthode de validation des analyses de gaz d'incendie — Partie 1: Limites de détection et de quantification*

ISO 13344, *Détermination du pouvoir toxique léthal des effluents du feu*

ISO 13571, *Composants dangereux du feu — Lignes directrices pour l'estimation du temps disponible avant que les conditions de tenabilité ne soient compromises*

ISO 13943, *Sécurité au feu — Vocabulaire*

ISO 19701, *Méthodes d'échantillonnage et d'analyse des effluents du feu*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 13943 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

### 3.1

#### apodisation

processus mathématique appliqué pour corriger les écarts par rapport à l'interférogramme théorique obtenu en spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

Note 1 à l'article: Ce processus élargit les bandes d'absorption et réduit donc la résolution.

### 3.2

#### interférogramme

modèle d'intensité de rayonnement variable, résultant de l'interaction de (généralement) deux faisceaux de rayonnement électromagnétique monochromatiques de longueur d'onde identique, lorsque les faisceaux se sont propagés sur un parcours différent avant de se combiner

**3.3****résolution**

capacité d'un spectrophotomètre à distinguer deux fréquences (ou nombres d'onde) adjacentes, mathématiquement définie comme la séparation qui produit deux bandes séparées par au moins la demi-intensité de l'une des deux

Note 1 à l'article: En spectroscopie infrarouge, deux bandes consécutives ont souvent une intensité différente. La résolution est généralement exprimée par la largeur à mi-hauteur d'une seule bande d'absorption identifiée comme « isolée et mince ».

Note 2 à l'article: Elle est généralement exprimée en unités de  $\text{cm}^{-1}$  et elle représente le plus petit espacement entre les pics d'absorption qui peuvent être résolus.

**3.4****spectrophotomètre**

instrument utilisé pour disperser l'énergie radiante électromagnétique en un spectre et mesurer certaines caractéristiques telles que la longueur d'onde, l'énergie ou l'indice de réfraction, par exemple, servant de base pour la détermination qualitative et quantitative des espèces chimiques qui interagissent avec l'énergie radiante de manière sélective en fonction des espèces

**3.5****justesse de nombres d'onde**

capacité d'un spectrophotomètre donné à fournir un flux radiant exact à une longueur d'onde ou un nombre d'onde spécifique

**3.6****nombre d'onde**

$\nu$

inverse de la longueur d'onde,  $\lambda$ , du rayonnement électromagnétique

Note 1 à l'article:  $\nu = \frac{1}{\lambda}$

Note 2 à l'article: où  $\nu$  est exprimé en centimètres inverses ( $\text{cm}^{-1}$ ) et  $\lambda$  est normalement exprimé en  $\mu\text{m}$ . Cette formule implique un facteur de conversion de 10 000 dans le calcul du nombre d'onde à partir de la longueur d'onde.

**3.7****remplissage par des zéros**

technique de correction appliquée pour espacer des données afin de pouvoir générer des points de données intermédiaires par une régression mathématique

**4 Principes**

Un système permettant de mesurer des concentrations de gaz et de vapeurs dans les effluents du feu par la technique d'IRTF extractive comprend un système de prélèvement, une cellule optique qui laisse passer la lumière, une source de lumière infrarouge, un interféromètre et un détecteur optique. Un logiciel est requis pour extraire l'identification et les concentrations des espèces à partir des signaux collectés.

Le système de prélèvement est conçu pour fournir un écoulement de gaz à la cellule optique d'IRTF qui est une représentation aussi réelle que possible de l'effluent dans une région connue d'où l'échantillon est extrait. Il est nécessaire de comprendre les inexactitudes, par exemple dues aux pertes par condensation ou adsorption dans les tubes de prélèvement, de les quantifier et de les appliquer aux résultats finaux.

Les principes de la spectroscopie infrarouge et de l'IRTF sont détaillés dans de nombreux textes, notamment dans les Références [12], [16] et [28]. L'Annexe A donne un aperçu général de ce principe.

Le processus mathématique qu'un spectrophotomètre IRTF utilise pour générer les concentrations des espèces est généralement breveté et varie suivant le fabricant et le modèle. L'obtention de concentrations précises nécessite un étalonnage, un examen des formes et séparations des pics spectroscopiques, et une éventuellement vérification de certaines concentrations en appliquant une seconde technique analytique.

## 5 Échantillonnage

### 5.1 Généralités

Dans la majorité des cas, les exigences relatives aux systèmes de prélèvement spécifiés dans le présent document sont généralement applicables aux essais à petite et grande échelle, mais les exigences d'échantillonnage pour des essais spécifiques ne sont pas détaillées. Ces détails doivent être fournis dans les Normes internationales qui décrivent ces essais spécifiques. Les parties du système de prélèvement à concevoir pour un montage d'essai spécifique ou un emplacement de prélèvement dans ce montage comprennent la sonde d'échantillonnage et le filtre, la longueur et la température maintenue de la ligne de prélèvement, et le débit d'échantillonnage. Ces paramètres d'échantillonnage sont normalement spécifiés de manière à correspondre au volume et à la géométrie de la cellule optique dans le spectromètre IRTF.<sup>[18][19][25][27]</sup> L'Annexe B donne des exemples de systèmes de prélèvement.

La sonde de prélèvement est conçue pour extraire des échantillons totalement représentatifs du montage d'essai et/ou du flux d'effluents du feu et est constituée d'un ou plusieurs matériaux qui seront inertes aux effluents mesurés. Des recommandations pour la conception des sondes sont données en 5.4.

Le filtre de la ligne de prélèvement doit capturer les particules afin d'éviter tout dépôt sur les miroirs internes de la cellule IRTF. Des recommandations pour le choix des filtres sont données en 5.3.

La conception de la ligne de prélèvement et les caractéristiques de débit influent sur la durée des mesurages de concentrations. Des recommandations pour la conception de la ligne de prélèvement et le choix du débit d'échantillonnage sont données de 5.5 à 5.7.

Le volume et la géométrie de la cellule imposent des restrictions sur le débit d'échantillonnage et donc sur la résolution temporelle des mesurages et l'uniformité du gaz dans la cellule optique. Des recommandations pour le choix de la cellule sont données en 5.8.

Pour des raisons de sécurité, les gaz extraits et analysés doivent retourner à la conduite d'évacuation du montage d'essai au feu, ou être sinon évacués sans mise en danger du personnel et vers un emplacement qui ne perturbe pas les mesurages. En cas d'essai normalisé contenant une exigence ou une option d'analyse des gaz par IRTF, il est prévu que cet essai donne des exigences spécifiques relatives à l'élimination sans danger du flux d'effluents après le mesurage (par exemple, si les effluents seront remis en circulation ou éliminés en toute sécurité).

L'exigence applicable à chaque partie du système de prélèvement est décrite séparément dans les paragraphes suivants. L'Annexe M donne des exemples d'équipement IRTF brevetés et de systèmes de prélèvement qui se sont révélés adaptés à l'analyse des effluents du feu.

NOTE L'échantillonnage dans le cadre d'essais à grande échelle tels que ceux décrits dans la série ISO 9705 et dans les grands calorimètres ouverts (ISO 24473) est décrit dans la Référence<sup>[3]</sup>.

### 5.2 Température du système de prélèvement

5.2.1 Le système de prélèvement doit être porté à une température de consigne comprise entre 150 °C et la température de la cellule à gaz (valeur maximale recommandée: 190 °C).

5.2.2 La température du système de prélèvement complet doit être maintenue constante et non supérieure à celle de la cellule à gaz afin d'éviter toute condensation dans la cellule.

NOTE 1 Il est important de chauffer le gaz dans le système de prélèvement jusqu'à une température aussi proche que possible de la température de consigne du système. Un mode opératoire pour contrôler la température du gaz dans la cellule optique est donné à l'Article F.1.

Il convient que la température du système soit constante, mais la condition la plus importante est que la température de la cellule à gaz soit la plus élevée dans le système de prélèvement.

La température doit être suffisamment élevée pour empêcher la condensation et les pertes dues à la dissolution des gaz de combustion solubles provenant de l'échantillon. L'ensemble du système de prélèvement

doit être maintenu à une température minimale de 150 °C, bien que la température recommandée soit de 180 °C.<sup>[18][19]</sup>

NOTE 2 Il n'est pas admis que la température dépasse 200 °C en tout point situé entre le point de prélèvement et la cellule à gaz, car les réactions chimiques entre les composants des effluents du feu prélevés pourraient conduire à une modification de la composition des gaz au-delà de cette température. Les oxydes d'azote sont particulièrement sensibles à ce paramètre.

### 5.3 Systèmes filtrants

**5.3.1** Une cellule à gaz équipée de miroirs internes doit être protégée par un filtre à particules contre la suie/le dépôt de particules provenant de l'effluent prélevé.

**5.3.2** Le filtre est généralement positionné juste après la sonde de prélèvement et avant la ligne de prélèvement chauffée.

**5.3.3** Le filtre doit être chauffé uniformément dans un boîtier afin d'empêcher toute condensation de liquides.

NOTE 1 Le placement des filtres dans la ligne de prélèvement est important, car un placement incorrect peut entraîner des pertes d'échantillons significatives (par exemple par adsorption de gaz sur les particules) qui conduisent à des profils de concentration/temps déformés des espèces mesurées.

NOTE 2 Pour certaines conceptions de filtre et de boîtier, le placement du filtre directement entre la sonde et la ligne de prélèvement peut, dans certains cas, engendrer des problèmes aux premiers stades d'un essai au feu dans un compartiment. Le média filtrant, bien que chauffé extérieurement, peut être refroidi en interne par le flux de gaz prélevé froid. Une différence de température importante peut alors apparaître entre le média filtrant interne et le boîtier du filtre chauffé. Cette situation crée des conditions propices à la condensation de l'eau, des gaz acides solubles dans l'eau et des vapeurs à point d'ébullition élevé à l'intérieur du média filtrant. Les gaz piégés peuvent être libérés dès que la température du média filtrant augmente, entraînant une nouvelle déformation de l'historique des concentrations. Pour éviter ce phénomène, une ligne de prélèvement suffisamment longue, comportant un nombre approprié de segments chauffés, peut être utilisée pour préchauffer les échantillons de gaz jusqu'à la température prévue de la ligne, avant l'entrée en contact avec le média filtrant.

**5.3.4** Le filtre doit être porté à une température de consigne comprise entre 150 °C et la température de la cellule à gaz du spectromètre.

NOTE La température maximale recommandée de la cellule à gaz du spectromètre est de 190 °C.

**5.3.5** Le filtre recommandé est de type cylindrique, et non à surface plane.

NOTE Du fait de sa surface importante, un filtre cylindrique offre une capacité de filtration élevée, caractéristique particulièrement importante pour le filtre primaire ou le pré-filtre. Des filtres cylindriques en céramique de 75 mm de long, 31 mm de diamètre et 2 µm de porosité ont été utilisés avec succès dans différents types d'essai au feu.<sup>[13][14][18]</sup> Les autres matériaux des filtres cylindriques peuvent être le polytétrafluoroéthylène (PTFE), la fibre de verre et l'acier inoxydable.

Les filtres en laine de verre, céramique et acier inoxydable pourraient induire des pertes de fluorure d'hydrogène et il convient de les éviter dans la ligne de prélèvement lorsque le flux d'effluents est susceptible de contenir du fluorure d'hydrogène.

La porosité et la taille du filtre doivent être choisies de sorte à parvenir à un bon compromis permettant un piégeage suffisant de la suie et d'autres particules sans entraîner un colmatage prématuré du filtre, en utilisant les recommandations données dans le présent paragraphe comme guide.

**5.3.6** Des filtres à surface plane peuvent également être utilisés.

NOTE 1 Comparés aux filtres cylindriques, les filtres à surface plane présentent généralement une capacité de filtration inférieure et un risque de colmatage accru. Ils peuvent néanmoins être utilisés efficacement comme filtres secondaires s'ils sont positionnés après un pré-filtre cylindrique.

NOTE 2 Lorsqu'aucun préfiltre n'est utilisé, un filtre de 1 µm de porosité et de 47 mm à 75 mm de diamètre offre le meilleur compromis pour les filtres à surface plane (comparés aux filtres de 0,45 µm et/ou 5 µm en PTFE), bien que d'autres porosités et diamètres puissent être utilisés avec succès.<sup>[18]</sup> Il a également été rapporté qu'un filtre en acier inoxydable de 1 µm ou 2 µm est satisfaisant. Les filtres en acier inoxydable peuvent être nettoyés et régénérés par calcination. Les Références [15] et [21] donnent des détails sur le choix des filtres.

**5.3.7** Les filtres doivent être analysés afin de détecter la présence éventuelle de gaz acides si ces derniers doivent être mesurés et que des pertes peuvent être attendues au niveau du filtre.

NOTE 1 Les pertes de gaz acides dans le filtre sont dues à l'adsorption sur les particules de suie et/ou de liquide présentes dans le panache du feu ou sur la suie retenue par le filtre. Les pertes par adsorption sont particulièrement importantes lorsque le mesurage porte sur de faibles concentrations de gaz acides ou en cas de prélèvement sur une courte période. Dans ces conditions, les gaz acides peuvent initialement être retirés du flux d'effluents prélevé jusqu'à saturation des sites d'adsorption dans le filtre. À l'issue de cette étape, la majorité du composant gazeux acide sera transférée dans la ligne de prélèvement. Ce transfert entraîne un rejet parasite de gaz acide à partir du filtre au fil du temps, qui ne correspond pas exactement au rejet des gaz acides provenant de l'atmosphère prélevée. Pour estimer ces pertes, un mode opératoire pour analyser les gaz retenus sur le filtre est donné dans l'[Annexe C](#).

NOTE 2 Une analyse des pertes de chlorure d'hydrogène (HCl) dans les filtres a été réalisée dans le cadre du projet SAFIR.<sup>[18]</sup> L'analyse chimique des filtres lors des mesurages de portes effectués au cours des expériences en enceinte d'essai de la série ISO 9705 a montré que les pertes de HCl étaient faibles (pertes comprises entre 0,4 % et 1,3 % de la quantité prélevée totale) dans les filtres cylindriques en céramique. Une rétention de HCl légèrement supérieure a été observée pour un filtre à surface plane en fibre de verre (pertes comprises entre 1,1 % et 5,8 % de la quantité prélevée totale). Dans les deux cas, les pertes relatives de HCl les plus élevées ont été observées lorsque la concentration mesurée de HCl était faible.

Les cinétiques d'absorption sur le filtre n'ont pas été caractérisées et il est donc difficile d'établir un profil réel de temps/concentration des espèces acides dans l'atmosphère de combustion prélevée. Cependant, lorsque la quantité totale de gaz produits au cours de la combustion est requise, il convient d'ajouter la quantité mesurée sur le filtre à la quantité totale mesurée par IRTF (voir l'[Annexe C](#)). Il faut souligner que l'adsorption sur le filtre a un effet sur l'exactitude des mesurages en fonction du temps des gaz émis pendant la combustion. Lorsque des mesurages en fonction du temps sont requis, il convient de tenir compte des informations sur les gaz analysés sur le filtre afin d'estimer l'effet potentiel sur les données de concentration/temps.

**5.3.8** Il convient de noter que certains matériaux de filtres peuvent contenir du chlore. Il convient de mesurer la teneur en chlore d'un filtre propre, non utilisé, afin d'établir une référence pour la détermination du niveau de chlore adsorbé à partir des gaz de combustion.

## 5.4 Sondes d'échantillonnage

### 5.4.1 Généralités

**5.4.1.1** Deux types de sondes peuvent être distingués: les sondes à un seul trou et les sondes à plusieurs trous. Le choix dépend du modèle de feu physique duquel l'échantillon est extrait afin d'obtenir un mélange d'effluents représentatif. Un exemple des deux types de sondes est présenté sur la [Figure 1](#).