

NORME  
INTERNATIONALE

**ISO**  
**11042-1**

Première édition  
1996-08-01

---

---

**Turbines à gaz — Émissions de gaz  
d'échappement —**

**Partie 1:**  
Mesurage et évaluation  
(standards.iteh.ai)

ISO 11042-1:1996  
Gas turbines — Exhaust gas emission —  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/52deb669-8c88-41b6-912b->  
Part 1: Measurement and evaluation



Numéro de référence  
ISO 11042-1:1996(F)

## Sommaire

Page

<b>1</b>	Domaine d'application .....	<b>1</b>
<b>2</b>	Références normatives .....	<b>1</b>
<b>3</b>	Définitions .....	<b>1</b>
<b>4</b>	Symboles et abréviations .....	<b>3</b>
<b>5</b>	Conditions .....	<b>4</b>
<b>5.1</b>	Turbine à gaz et combustible .....	<b>4</b>
<b>5.2</b>	Valeurs mesurées .....	<b>4</b>
<b>5.3</b>	Conditions de référence .....	<b>5</b>
<b>6</b>	Mesurages .....	<b>5</b>
<b>6.1</b>	Détermination des constituants dans le gaz d'échappement .....	<b>5</b>
<b>6.2</b>	Consigne pour la disposition du système de mesure .....	<b>5</b>
<b>6.3</b>	Exécution de l'essai, rapport d'essai, évaluation .....	<b>6</b>
<b>7</b>	Instrumentation .....	<b>8</b>
<b>7.1</b>	Types de dispositif de mesure .....	<b>8</b>
<b>7.2</b>	Spécifications pour les analyseurs de NO <sub>x</sub> .....	<b>8</b>
<b>7.3</b>	Spécifications pour les analyseurs de CO et CO <sub>2</sub> .....	<b>9</b>
<b>7.4</b>	Spécifications pour les analyseurs de SO <sub>x</sub> .....	<b>11</b>
<b>7.5</b>	Spécifications pour les analyseurs d'hydrocarbures non brûlés ou partiellement brûlés .....	<b>12</b>
<b>7.6</b>	Spécifications pour les analyseurs d'ammoniac .....	<b>13</b>
<b>7.7</b>	Spécifications pour les analyseurs de O <sub>2</sub> .....	<b>14</b>
<b>7.8</b>	Spécifications pour les analyseurs de fumée .....	<b>16</b>
<b>7.9</b>	Spécifications pour les analyseurs de particules solides .....	<b>17</b>
<b>8</b>	Qualité du mesurage .....	<b>24</b>
<b>8.1</b>	Généralités .....	<b>24</b>

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/52deb669-8c88-41b6-912b-82b06f18440c/iso-11042-1-1996>

© ISO 1996

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

<b>8.2</b>	Méthodes d'étalonnage.....	<b>24</b>
<b>9</b>	Correction de données .....	<b>25</b>
<b>9.1</b>	Généralités .....	<b>25</b>
<b>9.2</b>	Correction entre les gaz d'échappement humides et secs..	<b>25</b>
<b>9.3</b>	Correction pour le niveau particulier d'oxygène dans le gaz d'échappement.....	<b>25</b>
<b>9.4</b>	Correction du débit-masse des constituants rapporté au débit-volume de gaz d'échappement sec dans des conditions normales et pour une teneur en oxygène spécifiée....	<b>25</b>
<b>9.5</b>	Correction en valeurs rapportées à la puissance fournie .....	<b>25</b>
<b>9.6</b>	Correction des valeurs rapportées à l'énergie consommée de combustible.....	<b>26</b>
 <b>Annexes</b>		
<b>A</b>	Exemple type pour la présentation des résultats d'essai et leur évaluation.....	<b>27</b>
<b>B</b>	Remarques concernant les principaux constituants des gaz d'échappement.....	<b>31</b>
<b>C</b>	Propriétés physiques des constituants gazeux .....	<b>32</b>
<b>D</b>	Bibliographie .....	<b>35</b>

iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO 11042-1:1996](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/52deb669-8c88-41b6-912b-82b06f18440c/iso-11042-1-1996)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/52deb669-8c88-41b6-912b-82b06f18440c/iso-11042-1-1996>

## 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 électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

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

La Norme internationale ISO 11042-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 192, *Turbines à gaz*.

L'ISO 11042 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Turbines à gaz — Émissions de gaz d'échappement*:

- *Partie 1: Mesurage et évaluation*
- *Partie 2: Surveillance automatisée des émissions*

Les annexes A à D de la présente partie de l'ISO 11042 sont données uniquement à titre d'information.

# Turbines à gaz — Émissions de gaz d'échappement —

## Partie 1: Mesurage et évaluation

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11042 établit les méthodes utilisées pour le mesurage et l'évaluation des émissions de gaz d'échappement provenant des turbines à gaz et définit les termes d'émission appropriés. Elle présente les exigences pour l'environnement d'essai et l'instrumentation, aussi bien que la qualité du mesurage et la correction des données. Cela permet un jugement uniforme des émissions d'échappement. La relation entre les différentes formes d'expression des émissions d'échappement est également donnée.

Il convient que les constituants à mesurer conformément à la présente partie de l'ISO 11042 fassent l'objet d'un accord mutuel entre les parties concernées.

La présente partie de l'ISO 11042 est applicable à toutes les turbines à gaz produisant de l'énergie mécanique sur un arbre et/ou qui sont utilisées comme moyens d'entraînement pour la production d'électricité, excluant toute application pour des aéronefs. Pour les installations qui comportent un système de récupération de la chaleur des gaz d'échappement, les définitions de la présente partie de l'ISO 11042 peuvent être utilisées comme base.

La présente partie de l'ISO 11042 est applicable aux turbines qui utilisent le processus de cycle ouvert. Elle est également applicable comme base pour les turbines à gaz utilisant le cycle semi-fermé et pour les turbines à gaz équipées de compresseurs à piston libre ou utilisant des sources de chaleur particulières.

La présente partie de l'ISO 11042 peut être utilisée comme essai de réception pour les émissions de gaz d'échappement des turbines à gaz.

### 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 11042. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 11042 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 2314:1989, *Turbines à gaz — Essais de réception.*

ISO 2533:1975, *Atmosphère type.*

ISO 5063:1978, *Brûleurs à combustible liquide à pulvérisation de type monobloc — Essais.*

ISO 6141:1984, *Analyse des gaz — Mélanges de gaz pour étalonnage — Certificat de préparation du mélange.*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 11042, les définitions suivantes s'appliquent.

**3.1 émissions:** Constituants qui pénètrent dans l'environnement avec les gaz d'échappement.

Dans la présente partie de l'ISO 11042, les émissions comprennent les constituants suivants:

oxydes d'azote	NO <sub>x</sub> ; somme de NO et NO <sub>2</sub> , exprimée sous la forme de NO <sub>2</sub>
dioxyde d'azote	NO <sub>2</sub>
monoxyde de carbone	CO
dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>
oxydes de soufre	SO <sub>x</sub> ; somme de SO <sub>2</sub> et SO <sub>3</sub> , exprimée sous la forme de SO <sub>2</sub>
hydrocarbures non brûlés ou partiellement brûlés	UHC; somme de tous les produits individuels, exprimée sous la forme de CH <sub>4</sub>
composés organiques volatils	VOC; UHC excluant CH <sub>4</sub> et C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , mais exprimés sous la forme de CH <sub>4</sub>
ammoniac	NH <sub>3</sub>
fumée	telle que mesurée par la méthode de Bacharach selon l'ISO 5063
particules solides	toutes les particules solides produites par le processus de combustion

**3.2 exactitude de mesure:** Étroitesse avec laquelle le résultat d'un mesurage approche une valeur vraie établie indépendamment.

**3.3 gaz pour étalonnage:** Mélange de gaz de référence de composition connue avec précision devant être utilisé pour le réglage, l'ajustement et les contrôles périodiques des instruments.

**3.4 concentration:** Fraction volumique,  $\phi_i$ , du composant  $i$  présentant de l'intérêt dans le mélange gazeux, exprimée sous la forme d'un pourcentage en volume [% (V/V)] ou en parties par million (ppm).

**3.5 interférence:** Réponse d'un instrument due à la présence d'un gaz (ou vapeur) autre que le gaz (ou vapeur) à mesurer.

**3.6 linéarité:** Capacité d'un instrument à répondre de façon proportionnelle à un signal d'entrée.

**3.7 bruit:** Variation aléatoire dans le signal de sortie de l'instrument non associée aux caractéristiques de l'échantillon auxquelles répond l'instrument, pouvant être distinguée de ses caractéristiques de dérive.

**3.8 parties par million (ppm):** Concentration en volume du composant  $i$  dans 10<sup>6</sup> parties en volume du mélange de gaz.

**3.9 parties par million de carbone (ppmC<sub>1</sub>):** Fraction molaire d'hydrocarbure multipliée par 10<sup>6</sup> mesurée sur une base d'équivalent «CH<sub>4</sub>».

Ainsi, 1 ppm de méthane est considéré comme 1 ppmC<sub>1</sub><sup>1)</sup>.

**3.10 répétabilité:** Étroitesse avec laquelle un résultat de mesurage d'un prélèvement invariable donné peut être reproduit à court terme sans aucun réglage des instruments.

**3.11 résolution:** La plus petite modification du résultat d'un mesurage pouvant être détectée.

**3.12 réponse:** Modification du signal de sortie de l'instrument se produisant lors de la modification dans la concentration du prélèvement; le signal de sortie correspond donc à une concentration donnée du prélèvement.

**3.13 constance/dérive d'étalonnage:** Variation au cours du temps du signal de sortie de l'instrument mesurant un gaz pour étalonnage à un point de réglage donné.

**3.14 réponse relative de l'hydrocarbure:** Réponse différente de l'équipement d'essai aux mêmes concentrations d'hydrocarbure de l'échantillon, exprimée en équivalent ppmC<sub>1</sub>, selon la classe ou le mélange des classes des composants de l'hydrocarbure.

**3.15 air de zéro:** Mélange d'oxygène et d'azote ayant la même proportion d'oxygène que l'air atmosphérique, exempt d'autres composants.

**3.16 dérive zéro:** Variation au cours du temps du signal de sortie de l'instrument à partir du point zéro quand il fonctionne avec un gaz exempt du composant à mesurer.

**3.17 gaz de zéro:** Gaz devant être utilisé pour établir le point zéro, ou le réglage d'absence de réponse d'un instrument.

1) Pour convertir la concentration ppm d'un hydrocarbure quelconque en une valeur ppmC<sub>1</sub> équivalente, multiplier la concentration ppm par le nombre d'atomes de carbone par molécule de gaz; par exemple, 1 ppm de propane se traduit comme étant 3 ppmC<sub>1</sub> d'hydrocarbure; 1 ppm d'hexane comme 6 ppmC<sub>1</sub> d'hydrocarbure.

## 4 Symboles et abréviations

Voir les tableaux 1 et 2.

Tableau 1 — Symboles généraux

Symbole	Terme	Unité
$e_n$	Énergie massique nette (pouvoir calorifique inférieur)	kJ/kg
$E$	Valeur d'émission de gaz d'échappement	—
$EM_i$	Valeur d'émission de gaz d'échappement en concentration de constituant du composant $i$ à 0 °C et 101,3 kPa	mg/m <sup>3</sup>
$EM_{i,15,sec}$	Pareil à $EM_i$ , rapporté à une fraction volumique en oxygène de 15 % dans un gaz d'échappement sec	mg/m <sup>3</sup>
$EM_{i,f}$	Pareil à $EM_i$ , rapporté à l'énergie du combustible consommé	g/GJ
$EM_{i,P}$	Pareil à $EM_i$ , rapporté à la puissance fournie	g/kWh
$EP$	Valeur d'émission de gaz d'échappement pour les particules solides	mg/m <sup>3</sup>
$ES$	Valeur d'émission de gaz d'échappement pour la fumée	—
$EV$	Valeur d'émission de gaz d'échappement en concentration en volume	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
$EV_i$	Valeur d'émission de gaz d'échappement en concentration en volume du composant $i$	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
$EV_{i,15,sec}$	Pareil à $EV_i$ , rapporté à une fraction volumique en oxygène de 15 % dans un gaz d'échappement sec	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
$m$	Masse	kg
$M$	Masse molaire	kg/kmol
$M_{tot}$	Masse molaire totale	kg/kmol
$n$	Quantité de matière	kmol
$n_i$	Quantité de matière du composant $i$	kmol
$n_{tot}$	Quantité de matière totale	kmol
$P$	Puissance à l'arbre de la turbine à gaz	kW
$q_m$	Débit-masse	kg/s
$q_v$	Débit-volume	m <sup>3</sup> /s
$V_i$	Volume du composant $i$	m <sup>3</sup>
$V_{mn}$	Volume molaire normal	m <sup>3</sup> /kmol
$V_{n,sec}$	Volume de gaz d'échappement sec dans les conditions normales <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup>
$V_{n,15,sec}$	Volume de gaz d'échappement sec dans les conditions normales <sup>1)</sup> rapporté à une fraction volumique en oxygène de 15 %	m <sup>3</sup>
$V_{n,humide}$	Volume de gaz d'échappement humide dans les conditions normales <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup>
$V_{tot}$	Volume total, somme des volumes des composants $i$	m <sup>3</sup>
$x_i$	Fraction molaire du constituant $i$ , égal à $n_i/n_{tot}$	1
$z$	Nombre de limitations	1
$Z$	Facteur de gaz réel	1
$\rho$	Masse volumique	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{pa}$	Masse volumique du matériau particulaire	kg/m <sup>3</sup>
$\varphi_{CO_2,sec}$	Fraction volumique en pourcentage de CO <sub>2</sub> dans le gaz d'échappement sec	%
$\varphi_{CO_2,sto\chi}$	Fraction volumique en pourcentage de CO <sub>2</sub> dans le gaz d'échappement sec avec combustion stœchiométrique du combustible utilisé	%
$\varphi_{H_2O}$	Fraction volumique en pourcentage de vapeur d'eau dans le gaz d'échappement	1

Tableau 1 (fin)

Symbole	Terme	Unité
$\varphi_{i,sec}$	Fraction volumique dans le gaz d'échappement sec	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
$\varphi_{i,humide}$	Fraction volumique dans le gaz d'échappement humide, égal à $V_i/V_{tot}$	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
$\varphi_{O_2,sec}$	Fraction volumique en pourcentage de O <sub>2</sub> dans le gaz d'échappement sec	%

NOTES

- Pour identifier un emplacement particulier le long d'un parcours de gaz, l'indice g est utilisé, par exemple g7. L'indice 7 identifie la sortie de la turbine (voir l'ISO 2314).
- Dans la présente partie de l'ISO 11042, 15 % de O<sub>2</sub> sont utilisés comme valeur type, des teneurs en oxygène différentes peuvent être utilisées selon accord.
- La température de référence de 0 °C est choisie en raison des données chimiques disponibles et des méthodes d'évaluation.

1) Pression normale:  $p_n = 101,3$  kPa  
Température normale:  $t_n = 0$  °C

Tableau 2 — Symboles chimiques et abréviations

Symbole	Substance
CO	Monoxyde de carbone
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
H <sub>2</sub> O	Eau
N <sub>2</sub>	Azote
NH <sub>3</sub>	Ammoniac
NO	Monoxyde d'azote
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
NO <sub>x</sub>	Somme des oxydes d'azote
O <sub>2</sub>	Oxygène
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
SO <sub>3</sub>	Trioxyde de soufre
SO <sub>x</sub>	Somme des oxydes de soufre
UHC	Hydrocarbures non brûlés ou partiellement brûlés
VOC	Composés organiques volatils

- les conditions ambiantes, c'est-à-dire pression, température et humidité de l'air ambiant;
- des détails concernant le combustible;
- les équipements en fonctionnement qui affectent les émissions et font partie du système complet, c'est-à-dire les convertisseurs catalytiques, l'injection d'eau ou de vapeur, les radiateurs à évaporation, les condenseurs, etc. Les détails correspondants de tous les débits doivent être indiqués.

## NOTES

- Il convient de définir, par accord entre les parties concernées, la puissance fournie, le débit-masse du gaz d'échappement et/ou le débit de combustible, les mesures et les calculs (voir l'ISO 2314).
- Les émissions de gaz d'échappement sont affectées par les caractéristiques du combustible (par exemple combustible contenant de l'azote). Par conséquent, il convient de noter les données correspondantes du combustible, ceci inclut l'analyse chimique appropriée, la température, les propriétés physiques et les valeurs de débit.

## 5 Conditions

### 5.1 Turbine à gaz et combustible

Les points suivants doivent être indiqués pour les conditions de mesurage en liaison avec les valeurs d'émission des turbines à gaz:

- le constructeur de la turbine à gaz;
- le type de la turbine à gaz;
- la puissance à l'arbre, le débit-masse de gaz d'échappement et/ou le débit de combustible dans les conditions dans lesquelles les mesurages d'émission sont effectués;

### 5.2 Valeurs mesurées

Les valeurs suivantes doivent être mesurées:

- la fraction volumique des constituants gazeux rapportée au gaz d'échappement humide ( $\varphi_{i,humide}$ ) ou au gaz d'échappement sec ( $\varphi_{i,sec}$ );
- la valeur d'émission de gaz d'échappement pour la fumée: indice de Bacharach (*ES*); indice des fumées (indice de noircissement) selon l'ISO 5063;
- la concentration en masse des particules solides dans le gaz d'échappement humide (*EP*), si convenu spécialement.

### 5.3 Conditions de référence

Les conditions de référence doivent être:

- pression normale: 101,3 kPa
- température normale: 15 °C
- humidité relative: 60 %

(voir 3.2.1 de l'ISO 2314:1989).

NOTE 3 Une température de référence de 0 °C est choisie pour les calculs chimiques en raison des données chimiques disponibles et des méthodes d'évaluation.

## 6 Mesurages

### 6.1 Détermination des constituants dans le gaz d'échappement

Les constituants sont mesurés ou calculés comme indiqué ci après.

NO <sub>x</sub> total en tant que NO <sub>2</sub> :	voir 7.2.
CO et CO <sub>2</sub> :	voir 7.3.
SO <sub>2</sub> :	voir 7.4.
SO <sub>3</sub> :	aucune méthode recommandée n'est spécifiée.
SO <sub>x</sub> total en tant que SO <sub>2</sub> :	doit être calculé en utilisant la teneur en soufre du combustible.
H <sub>2</sub> O:	doit être mesuré ou calculé (en utilisant le calcul de combustion en tenant compte de l'humidité de l'air).
UHC:	voir 7.5.
VOC:	voir 7.5.
Ammoniac:	voir 7.6.
Oxygène:	voir 7.7; une variante de calcul peut être adoptée après accord entre les parties.
Fumée:	voir 7.8.
Particules solides:	voir 7.9; toutes les particules solides à l'entrée d'air contribuant de façon significative dans l'émission de gaz d'échappement doivent être soustraites des valeurs reportées.

### 6.2 Consigne pour la disposition du système de mesurage

#### 6.2.1 Généralités

Trois parties doivent essentiellement être considérées:

- a) la sonde de prélèvement;
- b) le système de transfert et de conditionnement;
- c) les instruments analytiques et le système d'acquisition de données.

Les mesurages doivent être exécutés par prélèvement à débit continu et être représentatifs du débit gazeux.

Dans le cas d'une installation de turbine à gaz, le point d'échantillonnage doit être déterminé préalablement par:

- modélisation, simulation des veines gazeuses (en fonction des obstacles et du débit gazeux, laminaire turbulent); ou par
- détermination de la vitesse moyenne au sein de la gaine qui devient le point représentatif de l'échantillon gazeux; ou par
- accord mutuel en s'appuyant sur les normes existantes ou l'expérience.

Un plan d'échantillonnage unique, exigeant un seul réglage, est généralement adéquat pour les mesurages des émissions provenant de l'installation avec ou sans les systèmes supplémentaires de fonctionnement.

Dans les cas où l'installation de turbine à gaz n'est pas équipée d'autres systèmes qu'un silencieux, un système de canalisation ou une cheminée entre l'échappement du moteur et la décharge à l'atmosphère, il convient que l'emplacement du prélèvement soit choisi aussi près qu'il est pratiquement possible de l'échappement du moteur. Dans les cas où l'un des systèmes suivants est prévu tels qu'un système de récupération de chaleur, un système de post-combustion, un système de dilution, un système d'élimination de NO<sub>x</sub>, etc., l'emplacement du prélèvement doit être déterminé par accord mutuel entre les parties concernées.

La section de mesurage ne doit pas être située dans la zone de décharge des gaz d'échappement à l'atmosphère, afin de permettre une recirculation de l'air ambiant.

#### 6.2.2 Sonde de prélèvement

La sonde de prélèvement doit fournir un échantillon représentatif de gaz d'échappement. L'utilisation d'une sonde à trous multiples établissant une moyenne avec des trous couvrant des surfaces égales de la section transversale du conduit d'échappement est recommandée pour obtenir cet échantillon repré-

sentatif. Il convient de démontrer que la sonde mesure effectivement un échantillon représentatif du débit de gaz principal, cela sans tenir compte du modèle de sonde de prélèvement utilisée.

La sonde de prélèvement et la pompe à vide devant être utilisés pour l'essai doivent être capables de fournir, de façon continue, un volume suffisant de gaz échantillon pour les analyseurs.

Si des mesurages transversaux sont nécessaires pour démontrer la représentativité, alors la sonde doit être appropriée pour permettre une pleine appréciation du canal d'échappement.

La sonde doit être suffisamment longue pour permettre la traversée complète du canal d'échappement. Les procédures pour déterminer les positions de la sonde doivent faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

### 6.2.3 Systèmes de transfert et de conditionnement

Les lignes de transfert de prélèvement des échantillons pour le mesurage de la fumée, des particules solides et des constituants gazeux doivent être séparées.

Un système principal, contenant les composants importants, est représenté à la figure 1. Dans le cas où un équipement analytique spécial est utilisé, cette disposition peut nécessiter des modifications.

Selon le principe de fonctionnement de l'analyseur, l'échantillon doit être conditionné en conséquence. Pour éviter la condensation des constituants de l'échantillon, la ligne de prélèvement toute entière doit être chauffée à des températures d'au moins 10 K au-dessus de la température de condensation du gaz d'échappement.

Quand l'échantillon est traité par l'intermédiaire d'un séparateur d'eau, la ligne de prélèvement doit être chauffée au moins jusqu'à ce dispositif.

Pour les gaz naturels ou les combustibles hydrocarbures légers ayant une teneur en soufre inférieure à 1 % (*m/m*), une température minimale de 150 °C (423 K) doit être appliquée. Pour cette raison il est recommandé de chauffer tout l'équipement, pompe(s) comprise(s). Le niveau de température doit toujours être maintenu constant à  $\pm 5$  K. Pour tous les postes de la ligne de prélèvement, les points suivants s'appliquent.

Tout matériau en contact avec l'échantillon doit être constitué de matière non réactive (acier inoxydable ou équivalent).

Il est recommandé, conformément aux bonnes pratiques, de purger les lignes en PTFE (polytétrafluoroéthylène) au moyen d'un débit continu d'azote pur afin d'enlever les solvants résiduels

du procédé de fabrication. Pendant cette procédure, la ligne doit être chauffée à la température spécifiée pour l'analyse du composant particulier.

Tous les raccordements et postes doivent être exempts de fuite.

Tous les composants doivent être conçus pour fonctionner jusqu'aux températures requises.

Lorsque de longues lignes sont inévitables, il est recommandé d'insérer une seconde pompe de décharge qui fournit du gaz en plus grande quantité.

La durée du transfert du prélèvement entre la sonde et les instruments doit être aussi courte que possible, de préférence inférieure à 30 s.

### 6.2.4 Instruments analytiques

Les instruments utilisés doivent être complets avec tous les matériels de contrôle de débit nécessaires, tels que régulateurs, soupapes, débitmètres, etc. Le matériau en contact avec l'échantillon doit résister à la corrosion, c'est-à-dire acier inoxydable ou PTFE chargé en carbone. La température du prélèvement doit partout être maintenue à une valeur, en accord avec les pressions locales, qui évite la condensation de l'eau et des hydrocarbures.

Tous les équipements utilisés doivent avoir subi les contrôles de performance nécessaires conformément à l'article 7 de la présente partie de l'ISO 11042.

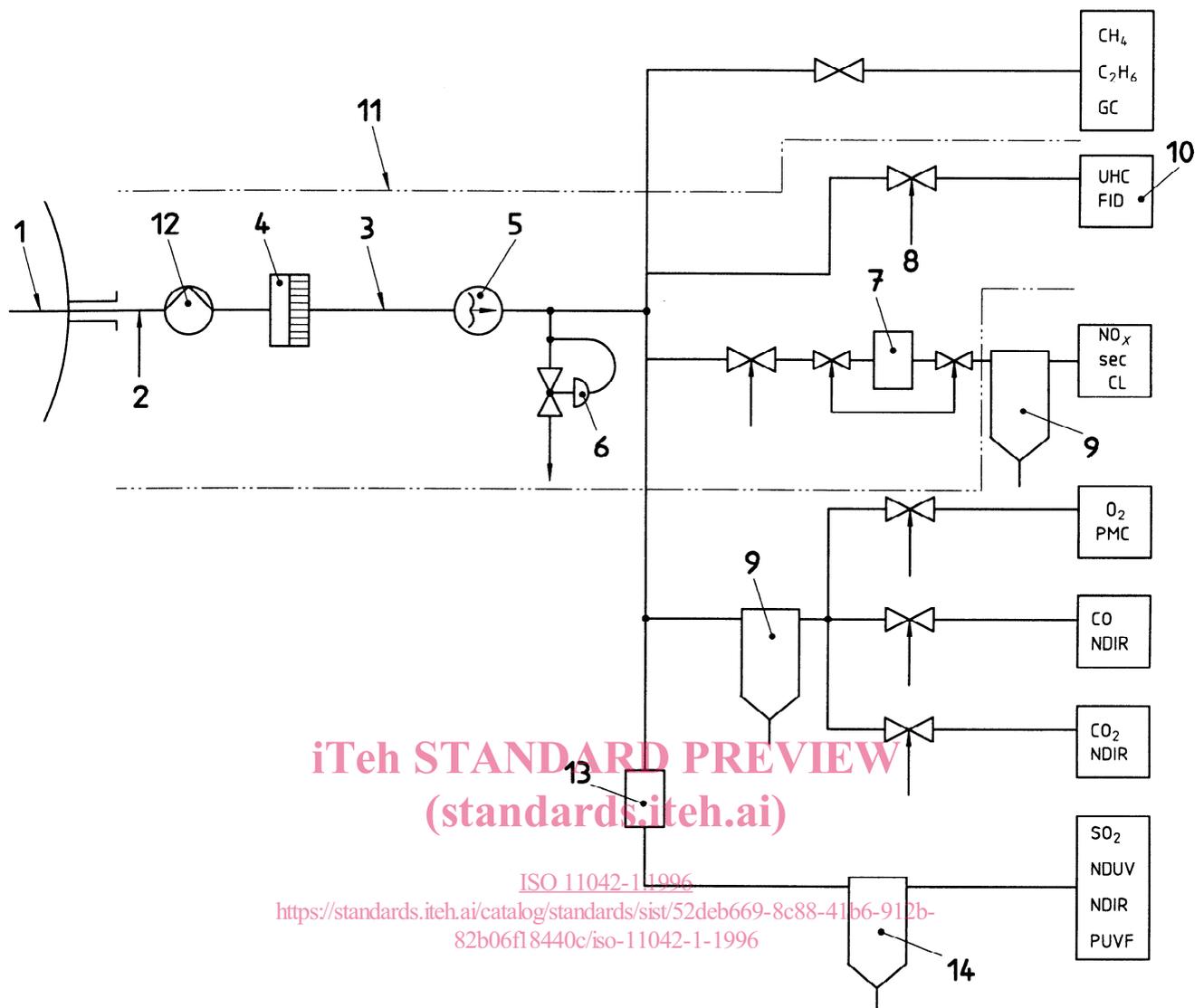
### 6.3 Exécution de l'essai, rapport d'essai, évaluation

L'essai doit être exécuté après que la turbine à gaz ait atteint les conditions de fonctionnement stables comme prescrit dans l'ISO 2314. Il convient que la variation d'humidité ambiante, exprimée sous forme de teneur massique en eau dans l'air sec ne dépasse pas  $\pm 0,5$  g/kg pendant l'essai. Si les conditions ambiantes varient et dépassent les limites données ci-dessus, des corrections peuvent être appliquées si cela a fait l'objet d'un accord entre les parties concernées.

Les analyseurs doivent être étalonnés avant et après l'essai.

L'ensemble du système doit être contrôlé avant l'essai et à des intervalles réguliers. Des contrôles particuliers d'étanchéité de l'ensemble doivent être effectués. Tout l'équipement à utiliser doit avoir subi les contrôles de performance nécessaires, exécutés dans les limites de temps spécifiées dans les procédures d'essai de mesurages indiquées par le constructeur.

Des mesurages multiples (3 au minimum) doivent être effectués uniquement lorsque l'équipement analytique fournit des lectures stables et en même temps que les lectures des performances de la turbine à gaz sont prises.



### Légende

- 1 Sonde de prélèvement
- 2 Entrée de gaz pour le contrôle du système
- 3 Ligne de prélèvement
- 4 Filtre
- 5 Pompe à prélèvement
- 6 Régulateur de contre-pression
- 7 Convertisseur  $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$
- 8 Entrée de gaz pour l'étalonnage de l'instrument
- 9 Refroidisseur/séparateur (fonctionnant à  $\leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- 10 Analyseur
- 11 Section chauffée
- 12 Pompe de décharge pour purger (si nécessaire)
- 13 Convertisseur  $\text{SO}_x \rightarrow \text{SO}_2$
- 14 Piège à eau ou sécheur à tube d'infiltration

### NOTES

- $\text{NO}_x$  peut être mesuré soit sec, soit humide.
- Voir tableau 3 pour la signification des abréviations.

**Figure 1 — Conception du système de mesure pour les constituants gazeux**

Les instruments sujets à des problèmes de dérive d'étalonnage du fait des variations de température doivent être protégés dans un environnement thermiquement stable.

La valeur moyenne arithmétique des résultats de mesurage de trois séquences d'essai individuel constitue l'essai complet. La durée minimale du prélèvement doit être pour chaque mesurage d'au moins 1 min plus le temps de réponse moyen du système. Les mesurages représentent la concentration moyenne en état stable pour la durée du prélèvement (voir 7.9).

La durée de l'essai pour le mesurage des particules doit être allongée de façon à obtenir la précision convenue.

Un rapport d'essai, conforme au tableau A.1, doit être préparé.

L'évaluation peut être exécutée conformément au calcul du prélèvement selon le tableau A.2. Pour les explications concernant le tableau A.2, voir l'article 9.

## 7 Instrumentation

### 7.1 Types de dispositif de mesurage

Le tableau 3 indique les types disponibles d'analyseurs. Des spécifications détaillées sont fournies uniquement pour le premier des analyseurs cités. Les types d'analyseurs en variante ne peuvent être utilisés qu'à la suite d'un accord entre les parties intéressées.

**Tableau 3 — Types d'analyseurs pour le mesurage des constituants**

Constituant	Type d'analyseur
NO <sub>x</sub>	Chimiluminescence (CL) ou infrarouge non dispersé (NDIR) ou ultraviolet non dispersé (NDUV)
CO	Infrarouge non dispersé (NDIR)
CO <sub>2</sub>	Infrarouge non dispersé (NDIR)
SO <sub>2</sub>	Infrarouge non dispersé (NDIR) ou ultraviolet non dispersé (NDUV) ou fluorescence UV pulsée (PUVF)
UHC	Détecteur à ionisation de flamme (FID)
VOC	Chromatographe à gaz <sup>1)</sup> (GC)
NH <sub>3</sub>	Chimiluminescence <sup>2)</sup> ou spectrophotomètre (méthode à l'indophénol)
Fumée	Méthode de Bacharach, selon ISO 5063 ou opacimètre

Constituant	Type d'analyseur
Particules solides	Méthode gravimétrique ou méthode optique
O <sub>2</sub>	Cellule paramagnétique (PMC) ou cellule électrochimique ou cellule de zirconia
1) Méthode alternative devant faire l'objet d'un accord préalable. 2) Après oxydation de l'ammoniac.	

## 7.2 Spécifications pour les analyseurs de NO<sub>x</sub>

### 7.2.1 Technique de mesurage

Le mesurage de la concentration en oxydes d'azote doit s'effectuer selon la technique de chimiluminescence dans laquelle est mesuré le rayonnement émis au cours de la réaction de NO sur O<sub>3</sub>. Cette méthode n'est pas sensible à NO<sub>2</sub> et, par conséquent, l'échantillon doit passer à travers un convertisseur dans lequel NO est produit. Les concentrations en NO initial et en NO<sub>x</sub> total doivent être enregistrées si mesurées. Ainsi, une mesure de la concentration en NO<sub>2</sub> peut être obtenue par soustraction. Seule la détermination de NO<sub>x</sub> est obligatoire.

### 7.2.2 Spécifications des performances principales pour les analyseurs de NO<sub>x</sub>

Les spécifications des performances principales, déterminées pour les instruments fonctionnant dans un environnement tel que spécifié par le constructeur, doivent être conformes au tableau 4.

**Tableau 4 — Spécifications des performances principales pour les analyseurs de NO<sub>x</sub>**

N°	Terme	Exigence
1	Plage totale	En plages appropriées jusqu'à 1 000 ppm.
2	Résolution	La plus grande des deux valeurs entre 1 ppm et plus de 0,5 % de l'échelle complète de la plage utilisée.
3	Répétabilité	La plus grande des deux valeurs entre ± 1 ppm et plus de ± 1 % de l'échelle complète de la plage utilisée.
4	Stabilité	La plus grande des deux valeurs, sur une période de 2 h, entre ± 1 ppm et plus de ± 2 % de l'échelle complète de la plage utilisée.
5	Dérive zéro	La plus grande des deux valeurs, sur une période de 2 h, entre ± 1 ppm et moins de ± 1 % de l'échelle complète de la plage utilisée.

N°	Terme	Exigence
6	Bruit	Supérieur ou égal à 0,5 Hz; la plus grande des deux valeurs, sur une période de 2 h, entre $\pm 1$ ppm et moins de $\pm 1$ % de l'échelle complète de la plage utilisée.
7	Interférence	Pour les échantillons contenant CO <sub>2</sub> et de la vapeur d'eau, doit être limitée comme suit: <ul style="list-style-type: none"> <li>— moins de 0,2 % de lecture par pour-cent de concentration en CO<sub>2</sub>;</li> <li>— moins de 0,5 % de lecture par pour-cent de concentration en vapeur d'eau.</li> </ul> Si la limitation d'interférence pour CO <sub>2</sub> et/ou pour la vapeur d'eau ne peut pas être respectée, les facteurs de correction appropriés doivent être déterminés, indiqués et appliqués. <sup>1)</sup>
8	Temps de réponse	Ne doit pas dépasser 10 s à partir de l'entrée de l'échantillon dans l'analyseur jusqu'à l'obtention de 90 % de la lecture finale.
9	Linéarité	La linéarité de réponse de chaque plage doit être contrôlée aux points de 30 %, 60 % et 90 % en utilisant soit des mélanges de gaz séparés, soit un diviseur de gaz. L'écart maximal de ces points par rapport à une droite des moindres carrés doit être inférieur à $\pm 2$ % de la valeur d'échelle complète.
10	Convertisseur	Celui-ci doit être conçu et fonctionner de façon à réduire NO <sub>2</sub> présent dans l'échantillon en NO. Le convertisseur ne doit pas affecter NO se trouvant initialement dans l'échantillon. Le rendement du convertisseur exprimé par $\eta = 100 [\varphi_{NO} (\text{après convertisseur}) - \varphi_{NO_2}] / \varphi_{NO_2}$ ne doit pas être inférieur à 90 %. Cette valeur de rendement doit être utilisée pour corriger la valeur mesurée du NO <sub>2</sub> de l'échantillon, c'est-à-dire: $\varphi_{NO} (\text{après convertisseur}) - \varphi_{NO},$ jusqu'à celle qui aurait été obtenue si le rendement avait été de 100 %.
1) Il est recommandé, conformément aux bonnes pratiques, que ces procédures de correction soient adoptées dans tous les cas. D'autres corrections peuvent également être demandées du fait de l'équipement particulier utilisé.		

## 7.3 Spécifications pour les analyseurs de CO et CO<sub>2</sub>

### 7.3.1 Technique de mesurage

Le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone doivent être mesurés en utilisant des analyseurs à faisceau infrarouge non dispersé (NDIR). Ces analyseurs utilisent l'absorption différentielle d'énergie dans des cellules de gaz de référence et des cellules de gaz parallèles. Les plages de sensibilité demandées sont obtenues par l'utilisation de cellules échantillon superposées ou par des modifications dans le circuit électronique ou les deux. Les interférences provenant des gaz avec les bandes d'absorption se recouvrant peuvent être minimisées par des filtres d'absorption de gaz et/ou des filtres optiques et de préférence ces derniers.

### 7.3.2 Spécifications des performances principales pour les analyseurs de CO et CO<sub>2</sub>

Les spécifications des performances principales, déterminées pour les instruments fonctionnant dans un environnement tel que spécifié par le constructeur, doivent être conformes aux tableaux 5 et 6.

Tableau 5 — Spécifications des performances principales pour les analyseurs de CO

N°	Terme	Exigence
1	Plage totale	En plages appropriées jusqu'à 2 500 ppm.
2	Résolution	La plus grande des deux valeurs entre 1 ppm et plus de 0,5 % de l'échelle complète de la plage utilisée.
3	Répétabilité	La plus grande des deux valeurs entre $\pm 2$ ppm et plus de $\pm 1$ % de l'échelle complète de la plage utilisée.
4	Stabilité	La plus grande des deux valeurs, sur une période de 2 h, entre $\pm 2$ ppm et plus de $\pm 2$ % de l'échelle complète de la plage utilisée.
5	Dérive zéro	La plus grande des deux valeurs, sur une période de 2 h, entre $\pm 2$ ppm et moins de $\pm 1$ % de l'échelle complète de la plage utilisée.
6	Bruit	Supérieur ou égal à 0,5 Hz; la plus grande des deux valeurs entre $\pm 1$ ppm et moins de $\pm 1$ % de l'échelle complète de la plage utilisée.