

RECOMMANDATION
INTERNATIONALE

OIML R 144-1

Édition 2013 (F)

Instruments pour le mesurage continu de CO et NO_x
dans les émissions de sources fixes.

Partie 1: Exigences métrologiques et techniques

Instruments for continuous measurement
of CO, NO_x in stationary source emissions.

Part 1: Metrological and technical requirements



Sommaire

	Avant-propos.....	4
1	Champ d'application	5
2	Terminologie.....	5
3	Description du système d'analyse des gaz	9
4	Exigences métrologiques	11
5	Exigences techniques	13
6	Manuel d'utilisation	16
7	Contrôles métrologiques	17
8	Essais de performance pour l'approbation de type	19
	Annexe A Désignation des mélanges de gaz pour étalonnage et de leur composition (Obligatoire).....	22
	Annexe B Bibliographie.....	24

Avant-propos

L'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) est une organisation intergouvernementale mondiale dont l'objectif principal est d'harmoniser les réglementations et contrôles métrologiques mis en œuvre par les services nationaux de métrologie, ou organismes apparentés, de ses Etats Membres. Les principales catégories de publication de l'OIML sont :

- **Les Recommandations Internationales (OIML R)**, qui sont des modèles de réglementations fixant les caractéristiques métrologiques d'instruments de mesure et les méthodes et moyens de contrôle de leur conformité ; les États Membres de l'OIML doivent, dans la mesure du possible, mettre en application ces Recommandations ;
- **Les Documents Internationaux (OIML D)**, qui sont de nature informative et destinés à harmoniser et à améliorer le travail dans le domaine de la métrologie légale ;
- **Les Guides Internationaux (OIML G)**, qui sont également de nature informative et qui sont destinés à donner des directives pour la mise en application à la métrologie légale de certaines exigences ; et
- **Les Publications de Base Internationales (OIML B)**, qui définissent les règles de fonctionnement des différentes structures et systèmes OIML.

Les projets de Recommandations, Documents et Guides OIML sont élaborés par des Groupes de Projets reliés aux Comités Techniques ou Sous-Comités Techniques composés de représentants d'États Membres de l'OIML. Certaines institutions internationales et régionales y participent également à titre consultatif. Des accords de coopération ont été conclus entre l'OIML et certaines institutions, telles que l'ISO et la CEI, pour éviter des prescriptions contradictoires. En conséquence, les fabricants et utilisateurs d'instruments de mesure, les laboratoires d'essais, etc. peuvent appliquer simultanément les publications OIML et celles d'autres institutions.

Les Recommandations Internationales, Documents et Guides sont publiés en français (F) et en anglais (E) et sont révisés périodiquement.

De plus, l'OIML publie ou participe à la publication de Vocabulaires (**OIML V**) et mandate périodiquement des experts en métrologie légale pour rédiger des Rapports d'Expert (**OIML E**). Les Rapports d'Expert sont destinés à fournir des informations et conseils, et reflètent uniquement le point de vue de leur auteur, en dehors de toute participation d'un Comité Technique ou d'un Sous-Comité Technique, ou encore de celle du CIML. Ainsi, ils ne reflètent pas nécessairement l'opinion de l'OIML.

Cette publication - référence OIML R 144-1:2013 (F) – a été élaborée par le Sous-Comité Technique TC 16/SC 1/p 1 *Pollution de l'air*. Elle a été approuvée pour publication finale par le Comité International de Métrologie Légale lors de la 48^{ème} réunion à Ho Chi Minh Ville, au Viet Nam, en octobre 2013 et sera soumise à la Conférence Internationale de Métrologie Légale en 2012 pour sanction formelle. OIML R 144 est publiée en 3 parties : Partie 1 : Exigences métrologiques et techniques, Partie 2 : Essais métrologiques et de performance et Partie 3 : Format de rapport d'essais.

Les Publications de l'OIML peuvent être téléchargées depuis le site internet de l'OIML sous la forme de fichiers PDF. Des informations complémentaires sur les Publications OIML peuvent être obtenues au siège de l'Organisation :

Bureau International de Métrologie Légale
11, rue Turgot - 75009 Paris - France
Téléphone : 33 (0)1 48 78 12 82
Fax : 33 (0)1 42 82 17 27
E-mail : biml@oiml.org
Internet : www.oiml.org

Instruments pour le mesurage continu de CO, NO_x dans les émissions de sources fixes

Partie 1 – Exigences métrologiques et techniques

1 Champ d'application

1.1 Application

Cette Recommandation s'applique aux instruments de mesure (par la suite, en référence aux « systèmes d'analyse des gaz » servant à déterminer la fraction volumique de monoxyde de carbone (CO), monoxyde d'azote (NO), dioxyde d'azote (NO₂), ou d'oxydes d'azote (NO_x) et établit les conditions et exigences auxquelles de tels systèmes doivent être conformes dans le but de satisfaire aux exigences de résultats de mesurage de la teneur de polluants dans les émissions de sources fixes à l'intérieur des Etats membres de l'OIML.

Cette Recommandation s'applique aux systèmes d'analyse des gaz destinés au mesurage (à l'analyse) des émissions industrielles et fournit des exigences métrologiques et techniques pour les systèmes d'analyse des gaz, aussi bien que des moyens et des méthodes pour vérifier leurs caractéristiques normalisées.

Le principe de fonctionnement des systèmes d'analyse des gaz peut être basé sur une méthode d'absorption dans l'infrarouge (IR) et l'ultraviolet (UV), une méthode de technologie chimioluminescente, électrochimique, IR avec des filtres de corrélation, aussi bien que sur une combinaison des méthodes mentionnées ci-dessus.

Note : Cette Recommandation est également applicable aux analyseurs capables d'analyser seulement un ou deux des composants mentionnés.

1.2 Restrictions

Les problèmes de certification de logiciel de système d'analyse des gaz sont au-delà du champ d'application de cette Recommandation.

2 Terminologie

2.1 Système d'analyse des gaz

Assemblage d'éléments destiné à réaliser des mesurages d'analyse des gaz spécifiés (ISO 7504:2001 [16])

Note : Dans cette Recommandation, un système d'analyse des gaz signifie un système qui mesure en continu la fraction volumique de CO (monoxyde de carbone), NO (monoxyde d'azote), NO₂ (dioxyde d'azote), ou d'oxydes d'azote (NO_x), ou qui mesure seulement CO ou seulement NO et NO₂, ou NO_x, par analyse d'échantillons de gaz extraits de cheminée ou de tuyau de gaz dans l'industrie. Ce système inclut

- un moyen de prélèvement et de préparation d'un échantillon (dans le cas d'un prélèvement par extraction)

- un analyseur de gaz,
- un moyen d'ajustage du zéro (analyseur de gaz),
- un moyen d'ajustage de l'analyseur de gaz utilisant un mélange de gaz d'étalonnage,
- un moyen pour l'enregistrement, le traitement et le stockage des résultats de mesure,
- un moyen de contrôle et d'ajustage des composants principaux du système,
- une interface pour connecter les dispositifs mesurant les paramètres d'écoulement de gaz des émissions d'échappement, et
- du gaz et des lignes électriques de communication.

2.2 Sonde de prélèvement

dispositif inséré dans le gaz, conçu pour prélever un échantillon de gaz représentatif, auquel une ligne ou un récipient de prélèvement est connecté (ISO 7504: 2001 [16])

2.3 Ligne de prélèvement

ligne pourvue pour prélever un échantillon représentatif du gaz à analyser et pour l'amener à l'analyseur (ISO 7504:2001 [16])

Note : Une ligne de prélèvement peut intégrer des dispositifs tels que des filtres primaires et fins, des dispositifs de séchage ou des séparateurs, si ils sont nécessaire à la préparation de l'échantillon pour l'analyse.

2.4 Analyseur de gaz

assemblage d'éléments qui permet de réaliser des déterminations (mesures) qualitatives et/ou quantitatives de la teneur des substances, sur la base de leurs propriétés chimiques ou physiques (ISO 7504: 2001 [16])

Note : Un analyseur de gaz mesure tous les composants couverts par cette Recommandation (CO, NO, NO₂, ou NO_x), ou mesure seulement CO, ou seulement NO et NO₂, ou NO_x.

2.5 signal de mesure d'entrée

signal de mesure fonctionnellement lié au mesurande – la fraction volumique du composant à mesurer, qui entre dans l'entrée d'un instrument de mesure, d'une voie de mesure ou d'un composant de conversion séparé

2.6 système d'amenée du gaz

tous les composants du système d'analyse des gaz, de la sonde de prélèvement au tube de sortie de l'échantillon de gaz au travers duquel les échantillons de gaz, incluant le mélange de gaz pour étalonnage (appelé ci-après CGM) et le gaz de mise à zéro, sont transportés par la pompe

2.7 ajustage

ensemble des opérations réalisées sur un système de mesure pour qu'il fournisse des indications prescrites correspondant à des valeurs données de la grandeur à mesurer (VIM, 3.11 [1])

2.7.1 ajustage par l'utilisateur

ajustage nécessitant seulement les moyens mis à disposition de l'utilisateur

2.7.2 moyens d'ajustage

moyens permettant l'ajustage du système d'analyse des gaz par l'utilisateur

2.7.3 moyens d'ajustage semi automatiques

moyens permettant à l'utilisateur d'ajuster le système d'analyse des gaz sans avoir la possibilité de changer le signal de mesure d'entrée, selon que l'ajustage automatique est requis ou non

Note : Pour les systèmes d'analyse des gaz qui requièrent que le mélange de gaz pour étalonnage soit entré manuellement, les moyens d'ajustage sont considérés comme étant semi-automatique.

2.7.4 moyens d'ajustage automatiques

moyens qui réalisent l'ajustage du système d'analyse des gaz comme programmé sans l'intervention de l'utilisateur, pour initier l'ajustage ou réguler le signal de mesure

2.8 moyens de remise à zéro (d'un analyseur de gaz)

moyens pour mettre à zéro l'indication de l'analyseur de gaz

2.9 moyens d'ajustage d'un analyseur de gaz par mélange de gaz pour étalonnage

moyens pour ajuster l'indication de l'analyseur de gaz à la valeur de la fraction volumique de CO, NO et NO₂ dans un CGM

2.10 moyens d'ajustage interne

moyens pour ajuster l'analyseur de gaz sans l'utilisation de CGM

2.11 temps de chauffe

période de temps requise par le système d'analyseur de gaz depuis la mise sous tension de l'instrument jusqu'à ce qu'il atteigne le mode de fonctionnement dans lequel il fonctionne dans les erreurs maximales tolérées

Note : Pour un analyseur de gaz cela correspond au temps entre le moment où il est mis sous tension et le moment où le résultat de mesure d'une fraction volumique, un CGM est installé à l'entrée, est dans les limites autorisées.

2.12 temps de réponse

intervalle de temps entre le moment d'un changement de concentration par paliers du composant en cours de mesure (CO, NO, NO₂ ou NO_x) et le moment où le signal atteint 90 % de sa valeur stabilisée

2.13 erreur

différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence (VIM, 2.16 [1])

2.14 erreur intrinsèque

erreur d'un analyseur de gaz déterminée dans des conditions de référence

2.15 erreur relative

erreur absolue de mesure divisée par la valeur de référence de la mesure

2.16 défaut

différence entre l'erreur d'indication et l'erreur intrinsèque d'un instrument de mesure (VIML 2012 (V 1), 5.11 [25])

Note : Les erreurs aléatoires présentant des variations momentanées dans l'indication, mais qui ne peuvent pas être interprétées, enregistrées ou transmises comme résultats de mesure sont considérés comme des défauts non significatifs.

2.17 grandeur d'influence

grandeur qui, lors d'un mesurage direct, n'a pas d'effet sur la grandeur effectivement mesurée, mais a un effet sur la relation entre l'indication et le résultat de mesure (VIM, 2.52 [1])

2.18 conditions assignées de fonctionnement

conditions de fonctionnement qui doit être satisfaite pendant un mesurage pour qu'un instrument de mesure ou un système de mesure fonctionne conformément à sa conception (VIM, 4.9 [1])

2.19 perturbation

grandeur d'influence dont la valeur se situe dans les limites spécifiées dans cette Recommandation mais en dehors des conditions assignées de fonctionnement d'un instrument de mesure (VIML 2012 (V 1), 5.16 [25])

2.20 condition de référence

condition de fonctionnement prescrite pour évaluer les performances d'un instrument de mesure, d'un système de mesure ou pour comparer des résultats de mesure (VIM, 4.11 [1])

2.21 système de contrôle

système incorporé dans un instrument de mesure et qui permet de détecter et de mettre en évidence les défauts significatifs

Note: La « mise en évidence » fait référence à toute réponse appropriée de l'instrument de mesure (signal lumineux, signal acoustique, blocage du processus de mesurage, etc.) (VIML 2012 (V 1), 5.06 [25]).

2.22 échantillon de gaz

gaz prélevé du tuyau ou conduit de gaz de la source fixe d'émissions, transmis à l'analyseur de gaz pour analyse

2.23 dérive instrumentale

variation continue ou incrémentale dans le temps d'une indication, due à des variations des propriétés métrologiques d'un instrument de mesure (VIM, 4.21 [1])

Note : Dans cette Recommandation, « dérive » signifie un changement de l'indication qui apparaît pendant une période de temps définie et à une concentration donnée de CO, NO et NO₂ dans un échantillon à analyser.

2.24 mélange de gaz pour étalonnage (CGM)

mélange de gaz stable d'une concentration connue (fraction volumique) d'un composant en cours de détermination et utilisé pour étalonnage périodique et ajustage de l'analyseur de gaz, aussi bien que pour des essais de ses caractéristiques métrologiques en vue de vérifier la conformité aux exigences des documents normatifs

2.25 Abréviations

CGM	Mélange de gaz pour étalonnage
CEI	Commission Electrotechnique Internationale
ISO	Organisation internationale de la normalisation
EMT	Erreur Maximale Tolérée
ppm	partie par million (ex. 1 cm ³ /1 m ³) (ISO 80000-9 [24], SI 8 ^{ème} Edition : 2006 5.3.7 [25])
ESE	Equipement Soumis à l'Essai

3 Description du système d'analyse des gaz

3.1 Généralité

Le système d'analyse des gaz est constitué d'un moyen de prélèvement, de préparation d'échantillons et de mesurage de la concentration de CO, NO, NO₂ ou NO_x dans les tuyaux et conduits de gaz des entreprises industrielles, aussi bien que d'un moyen pour transporter l'échantillon de gaz à travers un système d'amenée de gaz. L'analyseur de gaz incorporé dans le système de transport de gaz analyse l'échantillon et fournit un signal lié à la fraction volumique du composant en cours de détermination, lequel arrive à l'unité d'enregistrement des données où il est traité, enregistré et stocké. Les caractéristiques métrologiques du système d'analyse des gaz dépendent des caractéristiques correspondantes des unités incluses. Un exemple de la composition d'un système d'analyse des gaz utilisant des mélanges de gaz pour étalonnage pour son ajustage est montré en Figure 1.

3.2 Unités principales

Le système d'analyse des gaz se compose en général des unités principales suivantes :

- une sonde de prélèvement avec un filtre primaire qui est introduit dans le tuyau ou le conduit de gaz d'une source fixe d'émissions ;
- un tuyau principal chauffé pour fournir un échantillon de gaz depuis la sonde de prélèvement à l'entrée de l'analyseur de gaz ;
- une pompe pour transmettre l'échantillon de gaz à travers le système d'amenée de gaz ;
- un système de mesure de débit de gaz, par exemple un débitmètre à flotteur, pour mesurer le débit de gaz dans le système d'amenée de gaz ;
- un séparateur de condensat pour éviter la condensation dans le système d'amenée du gaz ;
- un filtre fin pour retirer la poussière de l'échantillon de gaz, qui pourrait engendrer la contamination de plusieurs parties internes de l'analyseur de gaz ;
- une valve électropneumatique pour passer un échantillon à analyser, un mélange de gaz pour étalonnage ou un gaz zéro à l'entrée de l'analyseur de gaz (un tuyau reliant deux valves à trois voies est prévu pour délivrer un CGM à un système d'échantillonnage à travers une valve trois voies pour estimer l'absence de changement de composition de la sonde);

- un moyen pour l'ajustage du zéro (analyseur de gaz) ;
- un moyen pour ajuster l'analyseur de gaz avec un mélange de gaz pour étalonnage;
- un analyseur de gaz ;
- des moyens pour vérifier le fonctionnement du système d'analyse des gaz et des moyens d'ajustage des unités ;
- des moyens pour l'enregistrement de données, le traitement et le stockage.

Le système d'analyse de données peut inclure des moyens de signaler et d'enregistrer

- le mauvais fonctionnement des unités du système d'analyse des gaz,
- la réduction de la quantité de gaz dans une bouteille requise pour l'ajustage automatique de l'analyseur de gaz à une qualité inférieure à la valeur tolérée, et
- la valeur de la fraction volumique en cours de détermination dans l'échantillon dépassant la valeur maximale tolérée.

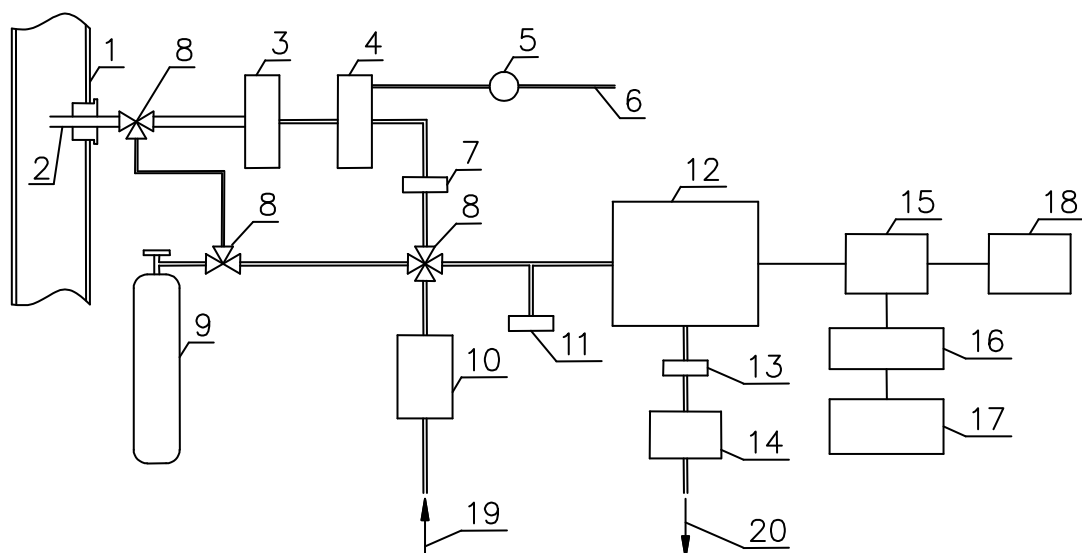


Figure 1- Exemple de la composition d'un système d'analyse des gaz utilisant des mélanges de gaz pour étalonnage pour son ajustage (à titre illustratif seulement)

Légende de la figure

1	Tuyau	11	Capteur de pression
2	Sonde de prélèvement	12	Analyseur de gaz
3	Filtre primaire	13	Débitmètre à flotteur
4	Séparateur	14	Pompe
5	Pompe	15	Unité de traitement et de stockage des informations
6	Elimination des condensats	16	Moyen d'ajustage
7	Filtre fin	17	Protection contre les ajustages non autorisés
8	Valve électropneumatique	18	Interfaces
9	Bouteille de CGM	19	Entrée gaz zéro
10	Unité de filtres (filtre à charbon)	20	Sortie de l'échantillon

4 Exigences métrologiques

4.1 Présentation des résultats de mesure

Les résultats de mesure de la concentration de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote dans l'échantillon doivent être exprimés dans les unités de fraction volumique et limités aux conditions de référence. Les conditions de référence sont :

- température : 273,15 K ;
- pression : 101,325 kPa.

Dans cette Recommandation, ppm est utilisée (ISO 80000-9:2009 9.15 [24]) comme unité de fraction volumique.

4.2 Etendue de mesure

L'analyseur de gaz doit réaliser des mesurages de la fraction volumique des composants dans l'étendue suivante :

- monoxyde de carbone : 10 ppm à 20 000 ppm ;
- monoxyde d'azote : 10 ppm à 5 000 ppm ;
- dioxyde d'azote : 10 ppm à 500 ppm.

Ces étendues de mesure peuvent être divisées en sous étendues.

4.3 Erreurs maximales tolérées

4.3.1 Erreur intrinsèque maximale tolérée

Pour tout mesurage dans l'étendue de mesure ou sous-étendue (voir 4.2) dans les conditions de référence spécifiées en 8, l'EMT, positive ou négative, est la plus grande des deux valeurs suivantes :

- 2 ppm ;
- 5 % valued la valeur mesurée.

4.3.2 Erreurs maximales tolérées en vérification dans les conditions assignées de fonctionnement (sans démontage du système d'analyse des gaz)

Les EMT, positives ou négatives, dans les conditions assignées de fonctionnement spécifiées en 4.5.1, peuvent être égales ou supérieures aux erreurs intrinsèques maximales tolérées, en prenant en compte les valeurs réelles des grandeurs d'influence, mais elles ne devraient pas excéder la plus grande des deux valeurs suivantes :

- 5 ppm ;
- 10 % valued la valeur mesurée.

4.4 Répétabilité

Une estimation de l'écart type est utilisée comme une caractéristique de la répétabilité (R 144-2, 1.4). L'estimation de l'écart type ne doit pas excéder 1/3 de l'erreur intrinsèque maximale tolérée (4.3.1) au point donné de l'étendue de mesure.

4.5 Grandeurs d'influence

4.5.1 Conditions assignées de fonctionnement (pour l'utilisation de l'analyseur de gaz)

- a) température : 5 °C à 40 °C;
- b) humidité relative : jusqu'à 90 % à 25 °C;
- c) pression atmosphérique : de 86 kPa à 106 kPa;
- d) alimentation en courant AC:
 - tension : valeur nominale, avec une déviation de la valeur nominale : -15 %, +10 %;
 - fréquence : valeur nominale ± 2 %.

Si une batterie est utilisée pour alimenter l'analyseur de gaz, les limites de la puissance fournie doivent être dans les spécifications du fabricant de l'analyseur de gaz. Si un générateur de courant est utilisé, les limites de la variation des paramètres doivent être conformes aux spécifications de la tension du réseau.

Note 1 : Les conditions assignées de fonctionnement pour la température, l'humidité relative et la pression atmosphérique peuvent être changées pour étendre les étendues.

Note 2 : Les instruments utilisant une alimentation par batterie devraient être équipés d'un indicateur pour prévenir lorsque la batterie est déchargée.

Note 3 : Les exigences pour la température des gaz d'entrée et le niveau de particules de la sonde de prélèvement sont données en 8.7 et 8.8.

4.5.2 Influence de composants du gaz d'émissions autres que le mesurande (sensibilité croisée)

Les indications de l'analyseur de gaz ne doivent pas varier de plus de la moitié de la valeur absolue de l'erreur intrinsèque maximale tolérée (4.3.1) au point donné de l'étendue de mesure si la valeur de la fraction volumique des composants de gaz autres que le mesurande n'excède pas la valeur maximale tolérée.

Note : Le fabricant du système d'analyse des gaz doit fournir la liste des composants gazeux autres que le mesurande et leurs concentrations maximales tolérées dans le mode d'emploi.

4.5.3 Vibrations

L'analyseur de gaz doit être protégé contre les effets des vibrations. Le fabricant doit indiquer dans les spécifications, les exigences pour les paramètres de vibrations, auxquels les caractéristiques métrologiques de l'analyseur de gaz sont dans les limites tolérées (4.3.2). Les exigences minimales devraient correspondre au niveau de sévérité 1 de l'OIML D11 : 2004, 11.1 [2].

Note : Les exigences pour les unités individuelles du système d'analyse des gaz peuvent varier.

4.5.4 Perturbations

L'erreur de l'analyseur de gaz doit se situer dans les limites tolérées, ou sa défaillance doit être détectée par le système de contrôle pour les perturbations suivantes :

- a) chocs mécaniques ;
- b) réduction de courte durée de l'alimentation ;
- c) impulsions de tensions du réseau;
- d) décharges électrostatiques;
- e) champs électromagnétiques radiofréquence.

Les normes sur les perturbations et les méthodes d'essais sont décrites en R 144-2.

4.6 Temps de réponse

Quand une fraction volumique d'un composant en cours de détermination à l'entrée change brusquement de 0% à 100 %, la lecture de l'analyseur de gaz doit atteindre, dans un délai de 4 minutes, une valeur d'au moins 90 % du résultat.

4.7 Temps de chauffe

Après la mise sous tension du système d'analyse des gaz et après le temps de chauffe spécifié par le fabricant de ce système, celui-ci doit satisfaire aux exigences métrologiques établies dans la présente Recommandation.

4.8 Stabilité dans le temps ou dérive

Quand un analyseur de gaz équipé avec un moyen d'ajustage semi-automatique est en fonctionnement conformément aux instructions de fonctionnement dans des conditions environnementales stables, son erreur doit rester dans les erreurs maximales tolérées (conformément à 4.3.1) pendant au moins sept jours à compter de l'ajustage de l'analyseur de gaz en utilisant un CGM. Si l'analyseur de gaz est équipé d'un moyen de compensation de la dérive, tel qu'une correction automatique du zéro ou un ajustage interne automatique, l'action de ces ajustages ne doit produire aucune indication pouvant être confondue avec un résultat de mesure de fraction volumique des composants de l'échantillon de gaz.

5 Exigences techniques

5.1 Construction

5.1.1 Tous les composants du système d'amenée du gaz doivent être faits en matériaux résistant à la corrosion. Les matériaux utilisés ne doivent pas être influencés par la composition de l'échantillon de gaz.

5.1.2 Les moyens de prélèvement et de préparation des échantillons lors de l'échantillonnage extractif doivent fournir des échantillons représentatifs et doivent être conforme avec ISO 10396:2007 [17].

5.1.3 Le système d'amenée des gaz doit comporter un commutateur pour permettre au gaz zéro, aux mélanges gazeux pour étalonnage et à l'échantillon de gaz à analyser de s'écouler vers l'analyseur.

5.1.4 Un filtre à charbon déshydratant ou un système équivalent doit être utilisé lorsque l'air ambiant est fourni comme gaz zéro.

5.1.5 La pompe aspirant l'échantillon de gaz doit être montée de telle sorte que ses vibrations n'affectent pas le résultat de mesure. Il doit être possible, pour l'utilisateur d'activer ou désactiver la pompe séparément des autres composants du système d'analyse des gaz, toutefois, il ne doit pas être possible de réaliser une mesure quand la pompe est désactivée.

Note : Il est recommandé de rincer le système d'amenée des gaz automatiquement avec de l'air ambiant avant de désactiver la pompe.

5.1.6 Le système d'amenée des gaz doit être équipé d'un débitmètre, avec lequel l'utilisateur peut vérifier le mode de mesure spécifié par le fabricant du système d'analyse des gaz.

5.1.7 Le système d'amenée des gaz doit être étanche à l'air.

5.1.8 Le système d'analyse des gaz peut être équipé d'une interface permettant de le coupler à tout dispositif externe ou d'autres instruments, par exemple, dispositifs pour mesurer les caractéristiques d'écoulement du gaz dans un tuyau ou un conduit de gaz.

5.1.9 L'interface et les périphériques couplés ne doivent pas affecter les caractéristiques métrologiques du système d'analyse des gaz ou les données de mesurage obtenues.

5.2 Dispositifs indicateurs

5.2.1 Etendue d'indication de l'analyseur de gaz

L'étendue d'indication du dispositif indicateur doit être de 0,0 ppm à l'étendue maximale de mesurage. En fonctionnement normal le dispositif d'enregistrement peut indiquer 0,0 ppm pour la fraction volumique du composant en cours de détermination égal ou inférieur à 1 ppm.

5.2.2 Intervalles et repères des échelles analogiques

Si une échelle analogique est installée, la distance entre les repères d'échelle doit être d'au moins 1,25 mm. L'intervalle entre les repères doit être inférieur ou égal à 2% de l'étendue de l'échelle analogique.

L'épaisseur de l'aiguille ne doit pas dépasser un quart de la distance entre les repères d'échelle. Le pointeur doit superposer au moins un tiers du plus petit repère d'échelle et doit être clairement vu.

La hauteur des chiffres doit être d'au moins 5 mm et ils doivent être marqués de telle sorte que toute interprétation erronée ne soit pas possible.

5.2.3 Affichage numérique

La hauteur des chiffres doit être d'au moins 5 mm pour les écrans éclairés et 10 mm dans les autres cas.

Le symbole de l'unité de mesure doit apparaître à proximité immédiate des chiffres indiquant le résultat de mesure et les caractères utilisés doivent avoir une hauteur d'au moins 3 mm.

Lorsqu'un résultat de mesure est égal à zéro, il ne doit pas être possible de le confondre avec l'indication de zéro disponible affiché avant une mesure.

5.3 Enregistrement durable des résultats de mesure

Lorsque le système d'analyse des gaz a des interfaces pour envoyer les données d'analyse, il doit être équipé d'un dispositif d'impression, qui imprime

- la date et l'heure du mesurage,
- les résultats de mesure et leurs unités, et
- le résultat d'auto contrôle réalisé par des dispositifs d'ajustage automatiques.

Les résultats de mesure imprimés ne doivent pas différer des résultats de mesure fournis par le dispositif indicateur.

La hauteur minimale des chiffres du dispositif d'impression est de 2 mm.

Note : Lorsque les valeurs des concentrations du composant à déterminer sont enregistrées en continu sur du papier, la durée de conservation de l'enregistrement ne doit pas être inférieure à ce qui est requis pour la documentation de rapport (enregistrements) sur la période donnée (par exemple 24 heures, un mois, 10 ans etc...) établie par l'autorité légale.

Les impressions doivent rester lisibles pendant la période adéquate telle que requis par l'autorité nationale, même si elles sont exposées à la lumière du jour ou à un éclairage équivalent.

L'autorité légale peut exiger la fourniture d'un dispositif d'impression. Il peut également être requis que plus d'informations que celles requises ci-dessus, apparaissent sur le document imprimé, par exemple le résultat du calcul de fraction volumique sur une période spécifiée.

Le dispositif d'impression ne doit pas imprimer les enregistrements sur la période définie si les dispositifs de contrôle fournissent des preuves d'erreurs supérieures aux erreurs maximales tolérées, ou de défaillances. Le mode mesure ne doit pas être actif si le papier (ou un autre moyen d'enregistrement) n'est pas disponible dans le dispositif d'impression.

5.4 Dispositif informatique

Le système d'analyse des gaz peut être équipé d'un dispositif informatique (tel qu'une unité de traitement des données ou un ordinateur), qui calcule les émissions (l'émission moyenne pendant un temps spécifié, etc.) et transmet leurs valeurs au dispositif d'impression avec une incertitude estimée. L'autorité compétente doit certifier l'algorithme de calcul des résultats de mesure et leur incertitude estimée.

Si les informations relatives au débit, à la température, à la pression du gaz et au diamètre du tuyau (conduit de gaz) sont nécessaires pour calculer les émissions de sources fixes, ces informations doivent être fournies avec l'exactitude requise et introduite automatiquement dans le dispositif informatique.

5.5 Système d'alarme

5.5.1 Le système d'analyse des gaz peut être équipé d'un système d'alarme qui doit donner un signal audible ou visible lorsque l'émission maximale tolérée spécifiée pour cette source fixe est dépassée. Si un système d'alarme est installé, il doit être testé.

5.5.2 Le système d'amenée des gaz doit comporter un dispositif qui mesure ou signale que l'écoulement n'est pas disponible ou que son débit est en dehors des limites spécifiées par le fabricant.

5.5.3 Une indication que le système d'analyse des gaz est prêt pour le mesurage doit être prévue. S'il n'est pas prêt, toute indication sur un dispositif d'enregistrement et toute impression des résultats sur un dispositif d'impression doit être évitée.

5.5.4 Pour un système d'analyse des gaz avec des capteurs électrochimiques, un système d'alerte doit être prévu pour signaler que la durée de vie effective du capteur a expiré. Des capteurs pour indiquer l'expiration des filtres doivent être installés.

5.6 Dispositifs d'ajustage

5.6.1 Le système d'analyse des gaz doit avoir des dispositifs d'ajustage qui fournissent des résultats lus pour la mise à zéro, l'ajustage interne et avec le CGM. Les dispositifs peuvent être à fonctionnement manuel, semi-automatique, ou automatique.

5.6.2 L'ajustage interne ne doit affecter ni la mise à zéro, ni la linéarité de l'instrument et il ne doit pas être lié à l'ajustage avec le CGM. L'approche devrait être telle que chaque fois qu'un mélange de gaz pour étalonnage est appliqué à l'entrée de l'analyseur de gaz, les dispositifs d'ajustage permettent que les résultats lus soient conformes avec la valeur de fraction volumique du composant à déterminer dans le CGM.

5.6.3 Le dispositif d'ajustage de mise à zéro doit donner des indications négatives proches de zéro pour certains essais ou lors de l'ajustage manuel, le cas échéant.

5.6.4 Les dispositifs d'ajustage automatiques doivent afficher ou imprimer les résultats des ajustages internes : débit (sa diminution), ajustage interne de référence, étalonnage et fuite immédiatement après la mise sous tension et pendant le fonctionnement avec la périodicité spécifiée par l'opérateur.

5.7 Sécurité de fonctionnement de l'analyseur de gaz

5.7.1 Les moyens techniques utilisés pour réaliser les opérations d'ajustage de l'analyseur de gaz (en particulier les dispositifs d'ajustage de l'étalonnage avec le CGM et la mise à zéro) ne doivent pas être accessibles à l'opérateur et l'utilisateur. L'accès doit être rendu possible par l'introduction d'un code, ou par toute autre procédure équivalente.

5.7.2 Le moyen utilisé pour passer d'un mode de fonctionnement à un autre mode ne doit pas être accessible à l'opérateur et à l'utilisateur. L'accès doit être rendu possible par l'utilisation d'un code, ou par toute autre procédure équivalente.

5.8 Inscriptions / marquages

Tous les marquages et inscriptions doivent être réalisés sur des parties clairement visibles des instruments.

Les informations suivantes doivent être inscrites de façon indélébile et sur des parties inamovibles de l'analyseur de gaz dans le système d'analyse des gaz :

- la raison sociale ou la marque commerciale du fabricant ;
- la désignation symbolique du système d'analyse des gaz ;
- le numéro de série ;
- l'année de fabrication ;
- la marque d'approbation de type ;
- les paramètres de l'alimentation (tension, fréquence, consommation de puissance).

Les informations suivantes doivent être inscrites sur chaque constituant (unité) du système d'analyse des gaz :

- la désignation de l'unité ;
- le numéro de série ;
- l'année de fabrication ;
- le système d'analyse des gaz auquel il appartient ;
- les paramètres de l'alimentation (tension, fréquence, consommation de puissance).

6 Manuel d'utilisation

6.1 Le manuel d'utilisation doit être dans la (les) langue(s) officielle(s) du pays (ou une autre langue généralement une langue acceptée selon la législation nationale) et facilement compréhensible. Un manuel d'utilisation destiné aux utilisateurs doit être mis à disposition pour chaque instrument individuel.

6.2 Le mode d'emploi doit inclure les informations suivantes :

- a) les instructions pour le fonctionnement correct de l'instrument ;
- b) les températures minimales et maximales de stockage ;
- c) les conditions assignées de fonctionnement ;

- d) le temps de chauffe après la mise sous tension de l'instrument ;
- e) toutes les autres conditions environnementales mécaniques et électromagnétiques pertinentes ;
- f) les classes d'environnement mécaniques et électromagnétiques ;
- g) les conditions de sûreté et de sécurité.

7 Contrôles métrologiques

7.1 Evaluation de type

7.1.1 Documentation

La documentation relative à un système d'analyse des gaz fournie par un fabricant demandant une évaluation de type doit inclure les informations suivantes :

- a) une description du son principe général de mesurage ;
- b) une liste des composants essentiels avec leurs caractéristiques ;
- c) une description des composants essentiels avec des schémas et dessins ;
- d) des informations générales sur le logiciel utilisé comme partie du système d'analyse des gaz ;
- e) une description de la formule appliquée pour le calcul de la masse des composants émis ;
- f) le manuel d'utilisation à fournir à l'utilisateur ;
- g) le détail et les résultats de tous les essais qui peuvent avoir été effectués par le fabricant.

7.1.2 Exigences générales

L'évaluation de type doit être réalisée sur au moins une unité représentative du type définitif.

7.1.3 Examen externe et essais

7.1.3.1 Généralités

Les examens et essais d'un système d'analyse des gaz sont destinés à vérifier la conformité aux exigences des paragraphes 4, 5 et 6 de cette Recommandation.

Lorsque cela est possible, les essais doivent être réalisés sur un système d'analyse des gaz totalement monté. Toutefois, il est autorisé de réaliser les essais sur des unités ou dispositifs séparés du système d'analyse des gaz s'il est impossible de tester le système en entier en raison de sa taille ou de sa configuration, ou si l'essai concerne seulement le fonctionnement d'une unité séparée ou d'un dispositif. Ces essais peuvent être réalisés seulement dans les cas où il est possible de simuler les conditions de fonctionnement de l'unité séparée ou du dispositif intégré dans le système d'analyse des gaz.

Note : Il n'est pas prévu que les composants séparés soient démantelés pour la réalisation des essais.

Le contenu et les caractéristiques métrologiques des mélanges de gaz pour étalonnage utilisés lors de l'examen de type doivent être conformes à ceux définis en Annexe A.

7.1.3.2 Un système d'analyse des gaz doit subir un examen externe pour obtenir une évaluation générale de sa conception et de la construction

7.1.3.3 Lors des essais d'un système d'analyse des gaz pour vérification de la conformité avec les exigences des paragraphes 4 et 5 de la présente Recommandation, la justesse de son fonctionnement doit être vérifiée.

7.1.3.4 Le manuel d'utilisation d'un système d'analyse des gaz doit être vérifié pour assurer que les procédures à suivre sont clairement identifiées, en particulier celles spécifiées en 6.2.

7.2 Vérification primitive

7.2.1 Exigences générales

Un nouveau système d'analyse des gaz doit subir une vérification primitive seulement après la réalisation d'un examen de type (selon la législation de chaque pays). La vérification primitive doit être réalisée en utilisant des moyens d'essais et des mélanges de gaz pour étalonnage adéquats.

7.2.2 Examen externe et essais

7.2.2.1 La vérification primitive d'un système d'analyse des gaz inclut un examen externe pour déterminer la conformité au type approuvé, et également au contenu du jeu de documents l'accompagnant.

Note : Les procédures de vérification doivent être approuvées par l'autorité légale responsable de la réalisation des essais d'approbation de type.

7.2.2.2 Après avoir ajusté un système d'analyse des gaz conformément à la procédure d'ajustage de routine décrite dans le manuel d'utilisation, les essais pour déterminer son erreur doivent être réalisés dans les conditions assignées de fonctionnement en plusieurs points sur l'étendue de mesure.

Les essais doivent être réalisés en utilisant au moins trois mélanges de gaz pour étalonnage (CGMs) avec des valeurs de fractions volumiques des composants à déterminer uniformément réparties sur l'étendue de mesure.

La plus petite et la plus grande valeur de fraction volumique des composants à déterminer dans un CGM ne doit pas différer respectivement de plus de +10 % et -10 %, de la valeur la plus basse et la plus élevée de l'étendue de mesure.

L'incertitude sur la fraction volumique des composants à déterminer dans un CGM doit être telle que le ratio entre la valeur absolue de l'incertitude de CGM et l'erreur maximale tolérée du système d'analyse des gaz à un point donné de l'étendue de mesure ne doit pas être supérieur à 1/3. Toutefois, l'autorité légale responsable peut permettre un ratio de 1/2.

Les erreurs observées lors des essais doivent être dans les limites tolérées conformément au 4.3.2 pour la vérification primitive à chaque mesure.

7.3 Vérification ultérieure

L'autorité légale responsable doit fournir des instructions comprenant des exigences pour

- le contenu et le volume des vérifications ultérieures,
- les intervalles d'étalonnage, et
- les recommandations pour les essais en ligne indiqués dans le manuel d'utilisation.

8 Essais de performance pour les évaluations de type

Avant la réalisation des essais d'évaluation de type, ou lorsque cela est spécifié par le fabricant, le système d'analyse des gaz doit être étalonné avec un CGM conformément aux procédures du manuel d'utilisation, dans les conditions de référence (si non spécifié autrement) :

- | | |
|--|----------------------------------|
| a) température : | 20 °C ± 5 °C |
| b) humidité relative : | 60 % ± 10 % |
| c) pression ambiante : | 86 kPa à 106 kPa, stable ± 1 kPa |
| d) alimentation AC : | |
| ▪ tension : | tension nominale ± 2 % |
| ▪ fréquence : | fréquence nominale ± 1 % |
| e) présence d'autres composants gazeux influents : | aucun |
| f) vibrations : | aucun |
| g) champs électromagnétiques aux fréquences radio électriques rayonnés : | < 0,2 V/m |
| h) champs conduits à la fréquence radio : | 0,2 V fem |
| i) décharges électrostatiques : | aucun |
| j) champs magnétique à la fréquence du réseau : | < 1 A/m |
| k) Salves (transitoires) sur les lignes de transfert de signaux,
de données et de commande : | négligeable |
| l) Ondes de chocs (surtensions) sur les lignes de transfert de signaux,
de données et de commande : | négligeable |
| m) Creux de tension, courtes interruptions et variation de tension
de l'alimentation AC : | aucun |
| n) Salves (transitoires) sur des alimentations AC et DC : | négligeable |
| o) Ondes de chocs (surtensions) sur des alimentations électriques AC et DC : | aucun |
| p) tension faible de la batterie interne (non connectée à l'alimentation réseau) : | aucun |

8.1 Détermination de l'erreur intrinsèque de l'analyseur de gaz

Cet essai doit être réalisé conformément à la R144-2, 1.2, dans les conditions de référence. Lors de ces essais, les erreurs ne doivent pas excéder les erreurs intrinsèques maximales tolérées 4.3.1 pour tout mesurage.

8.2 Stabilité dans le temps ou dérive

Cet essai doit être réalisé conformément à la R144-2, 1.3, dans les conditions de référence. Lors de ces essais, les exigences de 4.8 doivent être satisfaites.

8.3 Répétabilité

Cet essai doit être réalisé conformément à la R144-2, 1.4, dans les conditions de référence. Pendant 20 mesurages successifs réalisés avec le même CGM, par le même opérateur en utilisant le même système d'analyse des gaz sur une courte période de temps, l'écart type ne doit pas excéder 1/3 de la valeur absolue de l'erreur maximale tolérée conformément à 4.4, pour les points considérés de l'étendue de mesure.

8.4 Effet des grandeurs d'influence

Une seule grandeur d'influence doit varier lors de l'essai, pendant que les autres sont maintenues dans leur valeur de référence.

8.4.1 Conditions environnementales et alimentation électrique

Les valeurs lues du système d'analyse des gaz doivent rester dans les erreurs maximales tolérées spécifiées en 4.3.2 lors des essais suivants, couvrant les conditions assignées de fonctionnement définies en 4.5.1 :

- a) chaleur sèche : R 144-2, 1.5
- b) froid : R 144-2, 1.6
- c) chaleur humide, essai continu : R 144-2, 1.7
- d) pression atmosphérique : R 144-2, 1.8
- e) variations de l'alimentation électrique : R 144-2, 1.9

8.4.2 Influence des composants gazeux autres que le mesurande (sensibilité croisée)

Cet essai doit être réalisé dans les conditions de référence. Lors de cet essai (R 144-2, 1.10) la fraction volumique des composants gazeux autres que le mesurande dans le CGM doit correspondre à celle spécifiée en 4.5.2. La valeur absolue de la variation des valeurs lues ne doit pas excéder la valeur donnée en 4.5.2.

8.4.3 Stabilité des vibrations du système d'analyse des gaz

Cet essai doit être réalisé dans les conditions de référence. Lors de cet essai (R 144-2, 1.11.1) La valeur absolue de la variation des valeurs lues ne doit pas excéder la valeur donnée dans le manuel d'utilisation.

8.5 Perturbations

Les EMT du système d'analyse des gaz doivent être conformes au 4.3.2. Les défauts significatifs doivent être détectés et fixés au moyen des dispositifs de contrôle lors des essais suivants, réalisés pour vérifier les exigences de 4.5.4 dans les conditions assignées de fonctionnement (telles que spécifiées en 4.5.1) :

- a) chocs mécaniques : R 144-2, 1.11.2;
- b) réduction de courte durée de l'alimentation : R 144-2, 1.12;
- c) salves de l'alimentation (transitoires) : R 144-2, 1.13;
- d) décharges électrostatiques : R 144-2, 1.14;
- e) champs électromagnétiques radiofréquence : R 144-2, 1.15.

8.6 Autres exigences techniques importantes

Le système d'analyse des gaz doit être mis en essais afin de démontrer la conformité aux exigences suivants :

- a) temps de chauffe : conformément à 4.7 et R 144-2, 1.16;
- b) temps de réponse : conformément à 4.6 et R 144-2, 1.17;
- c) changement dans le débit du gaz
(dans le système d'amenée de gaz) : conformément à 5.1.5, 5.5.2 et R 144-2, 1.18;
- d) étanchéité du système d'amenée du gaz : conformément à 5.1.6, 5.5.2 et R 144-2, 1.19.

8.7 Température du gaz d'entrée

La température du gaz d'entrée pour une sonde de prélèvement doit être spécifiée par le fabricant du dispositif de prélèvement.

La température du gaz d'entrée pour un analyseur de gaz doit être spécifiée par le fabricant de l'analyseur de gaz.

8.8 Teneur en particules

La teneur maximale en particules du gaz d'entrée pour une sonde de prélèvement doit être spécifiée par son fabricant.

La teneur maximale en particules du gaz d'entrée pour un analyseur de gaz doit être spécifiée par son fabricant.

Annexe A

Désignation des mélanges de gaz pour étalonnage et de leur composition

(Obligatoire)

A.1 Exigences générales

A.1.1 Le CGM doit être fourni soit dans une bouteille de gaz sous pression ou par un générateur de mélange de gaz.

- a) Chaque bouteille de gaz doit être identifiée avec les informations suivantes (sous forme d'une marque, une étiquette, et/ou un certificat):
- le fabricant de la bouteille de gaz et numéro de série ;
 - la composition du mélange de gaz ;
 - la quantité de substance de chaque composant et l'incertitude de mesure associée ($k=2$) ;
 - une déclaration concernant la traçabilité des résultats de mesure aux étalons de mesure gazeux (inter)nationaux ;
 - les limites de température pour l'utilisation et le stockage ;
 - la date de certification et la limite de validité ;
 - le nom de l'autorité qui a réalisé la certification ;
 - le marquage "mélange de gaz pour étalonnage"; et
 - la méthode de préparation : gravimétrique conformément à ISO 6142 [21] et ISO 6143 [22].
- b) Les gaz obtenus par un générateur de mélange de gaz utilisant une méthode dynamique doivent satisfaire aux exigences de l'ISO 6145-1 [23] et en plus, aux exigences de B.1.2, B.2 and B.1.1.a) concernant la quantité de substance, l'incertitude de mesure et le raccordement aux étalons de mesure de gaz (inter)nationaux acceptés.

A.1.2 La composition des CGM utilisés pour l'évaluation de type et la vérification doit être certifiée conforme aux exigences de B.2 par une autorité compétente. L'unité de fraction volumique des composants à déterminer doit être raccordée aux étalons nationaux, régionaux ou internationaux.

A.1.3 Pour toutes autres fins, les CGMs (sauf ceux indiqués en B.1.2) doivent être certifiés par le fournisseur de gaz et doivent être raccordés à des étalons de mesure appropriés.

A.1.4 Pour les essais de détermination des erreurs, trois mélanges de gaz binaires avec une fraction volumique des composants à déterminer, correspondants aux points (5 + 5)%, (50 + 5)% et (95 - 5) % de l'étendue de mesure sont utilisés.

Pour les essais de sensibilité croisée, les mélanges de gaz avec une teneur maximale de composants influents, autres que le mesurande, seront utilisés.

Note : Il est permis d'utiliser des mélanges des trois composants CO + NO + N₂ et CO + NO₂ + N₂.

A.1.5 Le matériau de la bouteille de gaz doit être sans effet sur les gaz contenus à l'intérieur.

A.1.6 Les règles de sécurité appropriées doivent être suivies lors du transport des gaz.

A.2 Caractéristiques et incertitudes de la composition des mélanges de gaz

A.2.1 La fraction volumique des composants à déterminer dans N₂ dans des bouteilles ou dans un mélange de gaz obtenus par un générateur doit être donnée en parties par million (ppm) (voir 4.1).

A.2.2 Les tolérances de mélange des mélanges de gaz pour étalonnage ne doivent pas dépasser 10 % de la fraction volumique de chaque composant.

A.2.3 Pour les mélanges de gaz pour étalonnage, l'incertitude sur la composition doit être inférieure ou égale à 2 % de la valeur certifiée (assignée) de la fraction volumique des composants à déterminer. La composition des composants des autres gaz du mélange doit avoir une incertitude de moins de 3 %.

A.3 Mise à zéro

L'air ambiant doit passer dans un filtre à charbon ou dans un système équivalent lorsqu'il est utilisé pour la mise à zéro du système d'analyse des gaz. L'azote de pureté élevée peut également être utilisé directement pour faire le zéro.

Annexe B

Bibliographie

- [1] OIML V 2:2012 Vocabulaire International de Métrologie - Concepts Fondamentaux et Généraux et Termes Associés (VIM)
- [2] OIML D 11:2013 Exigences générales pour les instruments de mesure électroniques
- [3] CEI 60068-2-1 (03-2007) Essais environnementaux - Partie 2-1 : Essais - Essai A : Froid
- [4] CEI 60068-2-2 (07-2007) Essais environnementaux - Partie 2-2 : Essais - Essai B : Chaleur sèche
- [5] CEI 60068-2-31 (05-2008) Essais environnementaux - Partie 2-31 : Essais - Essai Ec : Chocs dus à des manutentions brutales pour des échantillons d'équipement type
- [6] CEI 60068-2-47 (04-2005) Essais environnementaux - Partie 2-47 : méthodes d'essai - Montage d'échantillons pour des essais de vibration, d'impact et de dynamique similaires
- [7] CEI 60068-2-64 (04-2008) Essais environnementaux - Partie 2-64 : méthodes d'essai - Essai Fh : Vibration, aléatoire à large bande et guide (commande numérique)
- [8] CEI 60068-2-78 (08-2001) Essais environnementaux - Partie 2-78 : Essais - Essai Cab : chaleur humide, en continu
- [9] CEI 60068-3-8 (08-2003) Essais environnementaux - Partie 3-8 : Document d'accompagnement et guide - Sélection parmi les essais de vibration
- [10] CEI 61000-4-2 12-(2008) Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-2 : Essai et techniques de mesure - Essai d'immunité aux décharges électrostatiques
- [11] CEI 61000-4-3 (02-2006) avec amendement 1 (11-2007) Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-3 : Essai et techniques de mesure - Essai d'immunité au champ électromagnétique rayonné, radiofréquence. Edition consolidée : CEI 61000-4-3 (04-2010) ed. 3.4
- [12] CEI 61000-4-430-04- 2012), Ed. 3.0 Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-4 : Essai et techniques de mesure - Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides /aux salves
- [13] CEI 61000-4-5 (11-2005) Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-5 : Essai et techniques de mesure - Essai d'immunité aux ondes de chocs
- [14] CEI 61000-4-6 (10-2008) Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-6 : Essai et techniques de mesure - Immunité aux perturbations conduites, induites par des champs radiofréquences
- [15] CEI 61000-4-11 (03-2004) - Partie 4-11 : Essai et techniques de mesure - Essais d'immunité aux creux, courtes interruptions et variations de tension
- [16] ISO 7504:2001 Analyse de gaz - Vocabulaire
- [17] ISO 10396:2007 Emissions des sources fixes - Échantillonnage pour la détermination automatisée des concentrations d'émission de gaz pour des systèmes fixes de surveillance
- [18] CEI 60068-3-1 (19-08-2011) Ed. 2.0 Essai environnemental - Partie 3-1 : Document d'accompagnement et guide - Essais de froid et de chaleur sèche
- [19] CEI 60068-3-4 (08-2001) Essai environnemental - Partie 3-4 : Document d'accompagnement et guide - Essais de chaleur humide
- [20] CEI 60068-2-17 (1994-07) Procédures fondamentales d'essai environnemental - Partie 2 : Essais - Essai Q : Etanchéité

- [21] ISO 6142:2001 Analyse de gaz - Préparation de mélanges de gaz pour étalonnage - méthode gravimétrique
- [22] ISO 6143:2001 Analyse de gaz - Méthodes comparatives pour la détermination et la vérification de la composition des mélanges de gaz pour étalonnage
- [23] ISO 6145-1:2003 Analyse de gaz - Préparation des mélanges de gaz pour étalonnage à l'aide de méthodes volumétriques dynamiques - Partie 1 : Méthodes d'étalonnage
- [24] ISO 80000-9:2009 Grandeurs et unités - Partie 9 : chimie physique et physique moléculaire
- [25] Système International des Unités (SI) 8^{ème} Edition:2006, Bureau International de Poids et Mesures