

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1207-6**

Première édition
First edition
1994-02

**Expression des qualités de fonctionnement
des analyseurs de gaz –**

**Partie 6:
Analyseurs photométriques**

Expression of performance of gas analyzers –

**Part 6:
Photometric analyzers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1207-6: 1994

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1207-6**

Première édition
First edition
1994-02

**Expression des qualités de fonctionnement
des analyseurs de gaz –**

**Partie 6:
Analyseurs photométriques**

Expression of performance of gas analyzers –

**Part 6:
Photometric analyzers**

© CEI 1994 Droits de reproduction réservés — Copyright – all rights reserved

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.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

●
*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	10
4 Procédures pour le mode d'expression	14
4.1 Spécification des unités auxiliaires et services essentiels	14
4.2 Termes supplémentaires relatifs au mode d'expression de la qualité de fonctionnement	14
5 Valeurs normales et domaines normaux recommandés pour les grandeurs d'influence	16
6 Procédures pour les essais de conformité	16
Figures	22
Annexes	
A Techniques et systèmes d'analyse photométrique	22
B Méthodes de préparation de la vapeur d'eau dans les gaz d'essai	28
Bibliographie	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 Procedure for specification	15
4.1 Specification of essential ancillary units and services	15
4.2 Additional terms related to the specification of performance	15
5 Recommended standard values and range of influence quantities	17
6 Procedures for compliance testing	17
Figures	23
Annexes	
A Techniques and systems of photometric analysis	23
B Methods of preparation of water vapour in test gases	29
Bibliography	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EXPRESSION DES QUALITÉS DE FONCTIONNEMENT DES ANALYSEURS DE GAZ -

Partie 6: Analyseurs photométriques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 1207-6 a été établie par le sous-comité 65D: Appareils pour l'analyse de composition, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure et commande des processus industriels.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
65D(BC)2	65D(BC)7

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La CEI 1207-6 constitue la partie 6 de la série 1207 de publications présentées sous le titre général: *Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs de gaz.*

Partie 1: Généralités

Partie 2: Oxygène contenu dans le gaz

Partie 6: Analyseurs photométriques

Les parties 3, 4 et 5 sont à l'étude.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EXPRESSION OF PERFORMANCE OF GAS ANALYZERS -

Part 6: Photometric analyzers

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 1207-6 has been prepared by sub-committee 65D: Analyzing equipment, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement and control.

The text of this standard is based on the following documents:

DIS	Report on voting
65D(CO)2	65D(CO)7

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

IEC 1207-6 constitutes part 6 of the 1207 series of publications under the general title: *Expression of performance of gas analyzers*.

Part 1: General

Part 2: Oxygen in gas

Part 6: Photometric analyzers

Parts 3, 4 and 5 are under consideration.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is for information only.

INTRODUCTION

Les analyseurs photométriques utilisent des détecteurs qui réagissent à des longueurs d'onde dans la gamme de l'ultraviolet du visible et de l'infrarouge du spectre électromagnétique (longueur d'onde de 180 nm à 20 μ m). Dans cette gamme de longueurs d'ondes, de nombreux gaz ont des bandes d'absorption/émission. Les analyseurs conçus pour ces bandes utilisent diverses techniques y compris la détection du rayonnement absorbé, la détection du rayonnement émis à partir de molécules excitées artificiellement, la détection de la dérivée intensité/longueur d'onde de rayonnement. Le volume de gaz mesuré peut être contenu dans une cellule échantillon; que cet échantillon soit ou ne soit pas conditionné ou que la concentration soit directement détectée dans le gaz source.

INTRODUCTION

Photometric analyzers utilize detectors which respond to wavelengths in the ultraviolet, visible and infrared part of the electromagnetic spectrum (wavelengths 180 nm to 20 μm). Within this range of wavelengths many gases have absorption/emission bands. Analyzers designed to utilize these bands employ several techniques, including sensing of absorbed radiation, and sensing of emitted radiation from artificially excited molecules, and sensing of the radiation intensity/wavelength derivative. The volume of gas measured may be contained within a sample cell, this sample may or may not be conditioned, or the concentration may be directly measured within the sample gas.

EXPRESSION DES QUALITÉS DE FONCTIONNEMENT DES ANALYSEURS DE GAZ –

Partie 6: Analyseurs photométriques

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 1207 est applicable à tous les aspects des analyseurs utilisant les techniques photométriques pour mesurer la concentration d'un ou de plusieurs composants dans un mélange de gaz ou de vapeurs. Il convient de la lire avec la CEI 1207-1.

Elle est applicable aux analyseurs basés sur la sélection de longueur d'onde par méthode non dispersive et dispersive, et utilisant des techniques d'absorption, d'émission, ou de dérivation par rapport à la longueur d'onde.

Elle est applicable aux analyseurs qui reçoivent un échantillon conditionné ou non conditionné, soit sous vide, soit à pression ambiante ou sous pression.

Elle est applicable aux analyseurs qui mesurent les concentrations de gaz directement dans le gaz échantillon.

Cette partie a pour objet:

- de fixer la terminologie et les définitions relatives aux qualités de fonctionnement des analyseurs de gaz utilisant un analyseur photométrique, pour mesure continue de la concentration en gaz ou en vapeur dans un gaz source;
- d'unifier les méthodes utilisées pour exprimer et vérifier les qualités de fonctionnement de ces analyseurs;
- de spécifier les essais nécessaires pour déterminer les qualités de fonctionnement et la manière d'effectuer ces essais;
- de stipuler les documents de base pour étayer l'usage des normes de la qualité, ISO 9001, ISO 9002 et ISO 9003.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 1207. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tous document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 1207 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes Internationales en vigueur.

CEI 654: *Conditions de fonctionnement pour les matériels de mesure et commande dans les processus industriels*

CEI 1207-1: 1994, *Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs de gaz – Partie 1: Généralités*

EXPRESSION OF PERFORMANCE OF GAS ANALYZERS –

Part 6: Photometric analyzers

1 Scope and object

This part of IEC 1207 applies to all aspects of analyzers using photometric techniques for the measurement of concentration of one or more components in a mixture of gases or vapours. It should be used in conjunction with IEC 1207-1.

It applies to analyzers using non-dispersive and dispersive wavelength selection and using absorption, emission, or wavelength derivative techniques.

It applies to analyzers which receive either a conditioned or unconditioned sample of gas either under vacuum, at ambient pressure or pressurized.

It applies to analyzers which measure gas concentrations directly within the sample gas.

The object of this part is:

- to specify the terminology and definitions related to the functional performance of gas analyzers, utilizing a photometric analyzer, for the continuous measurement of gas or vapour concentration in a source gas;
- to unify methods used in making and verifying statements on the functional performance of such analyzers;
- to specify what tests should be performed to determine the functional performance and how such tests should be carried out;
- to provide basic documents to support the application of standards of quality assurance ISO 9001, ISO 9002 and ISO 9003.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 1207. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 1207 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 654: *Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment*

IEC 1207-1: 1994, *Expression of performance of gas analyzers – Part 1: General*

3 Définitions

Voir la figure A.1 pour la relation entre les instruments.

3.1 analyseur par infrarouge: Appareil électro-optique comprenant une source simple ou double de rayonnement infrarouge et un ou plusieurs détecteurs d'infrarouge séparés de la source par un chemin de mesure dans laquelle est mesurée l'absorption spectrale spécifique du composant à déterminer.

NOTES

1 Dans le cadre de la présente partie, l'analyseur est réglé par le constructeur de façon qu'il sélectionne seulement la ou les bandes spectrales dans lesquelles le composant à déterminer présente ses caractéristiques d'absorption, et que les dimensions du chemin optique de mesure correspondent au domaine assigné de concentration et de mise en oeuvre de l'analyseur.

2 La sensibilité spectrale spécifique est obtenue par un composant sélectif tel qu'une source sélective, un détecteur sélectif ou un filtre sélectif, une cellule à remplissage de gaz ou un élément dispersif ou toute combinaison de ces composants.

3.2 analyseur par ultraviolet (visible): Analyseur tel que défini au paragraphe 3.1 mais pour lequel l'absorption spectrale de composant déterminé a lieu à des longueurs d'onde situées entre 180 nm et 1 000 nm, ainsi les sources, les détecteurs et les autres composants optiques fonctionnent dans la lumière visible ou dans la gamme des ultraviolets du spectre électromagnétique.

NOTE - Par souci de simplification, la partie visible du spectre est comprise dans cette définition.

3.3 analyseur à double faisceau: Analyseur pour lequel le passage du rayonnement dans le gaz mesuré et dans un gaz de référence suit des chemins physiques séparés.

3.4 analyseur à simple faisceau: Analyseur dans lequel le rayonnement suit un chemin unique dans le gaz échantillon et pour lequel des signaux de mesure et de référence sont dérivés de la sélection de longueur d'onde (voir 3.5) ou, pour un analyseur à longueur d'onde unique et à simple faisceau, pour lequel aucun signal de référence n'est généré.

3.5 analyseur de corrélation à double filtre de longueur d'onde: Analyseur dont les signaux de mesure et de référence sont obtenus par sélection de longueur d'onde par filtrage optique, respectivement à l'intérieur et à l'extérieur d'une bande d'absorption. Ces deux signaux sont traités pour en déduire une valeur de concentration.

3.6 analyseur de corrélation de gaz: Analyseur dont les signaux de mesure et de référence sont obtenus en utilisant une cellule remplie du gaz dont on désire connaître la concentration dans le gaz mesuré, pour absorber sélectivement le rayonnement correspondant à la structure fine du spectre de raies d'absorption de ce gaz. Les deux signaux sont traités pour en déduire une valeur de concentration.

NOTE - Il est admis que la cellule remplie de gaz fasse partie du détecteur.

3.7 analyseur de longueur d'onde par dérivation: Analyseur qui mesure les concentrations de composants de gaz au moyen d'une modulation de la longueur d'onde de rayonnement et par conséquent utilise la première ou la seconde dérivée de l'intensité par rapport à la longueur d'onde pour mesurer la forme de la bande d'absorption.

3.8 analyseur à fluorescence: Analyseur qui mesure les concentrations de gaz en détectant l'émission de rayonnement à partir de molécules excitées revenant à l'état fondamental.

3 Definitions

See figure A.1 for the relationship between types of instruments.

3.1 infrared analyzer: An electro-optical instrument consisting of a single or double source of infrared radiation and one or more infrared detectors separated from the source by a measuring path wherein the specific spectral absorption of the component of interest is determined.

NOTES

1 For the purpose of this part, the analyzer is adjusted by the manufacturer to select only the spectral band(s) at which the component to be determined has its characteristic absorption, and the measuring path dimensions are appropriate for the rated range of concentration and application of the analyzer.

2 Specific spectral sensitivity is obtained by a selective component such as a selective source, selective detector or selective filter, gas-filled cell or dispersive element, or any combination of these components.

3.2 ultraviolet (visible) analyzer: An analyzer as defined in 3.1 but where the spectral absorption of the component determined occurs at wavelengths between 180 nm and 1 000 nm, hence the source(s), detector(s) and other optical components operate in the visible light or ultraviolet part of the electromagnetic spectrum.

NOTE - The visible part of the spectrum is included in this definition for ease of reference.

3.3 dual-beam analyzer: An analyzer whereby the radiation passage through the measured gas and a reference gas follows separate physical paths.

3.4 single-beam analyzer: An analyzer whereby the radiation follows a single path through the sample gas, and measuring and reference signals are derived from wavelength selection (see 3.5), or for a single-beam single-wavelength analyzer, no reference signal is generated.

3.5 dual-wavelength filter-correlation analyzer: An analyzer where measuring and reference signals are derived by optical filter wavelength selection within and outside an absorption band respectively. These two signals are processed to derive a concentration value.

3.6 gas correlation analyzer: An analyzer where measuring and reference signals are derived by utilizing a cell filled with the gas to be measured to absorb selectively radiation corresponding to the fine structure of the absorption line spectrum of that gas. The two signals are processed to derive a concentration value.

NOTE - The gas-filled component may be part of the detector.

3.7 wavelength derivative analyzer: An analyzer which measures gas-component concentrations using wavelength modulation of the radiation, and thereby uses the first derivative or second derivative of intensity versus wavelength to measure the shape of the absorption band.

3.8 fluorescence analyzer: An analyzer which measures gas-component concentrations by detecting the emission of radiation from excited molecules in relaxation to the ground state.

Les composants qui génèrent l'excitation font partie de l'analyseur.

NOTES

1 La fluorescence peut avoir lieu lorsque des molécules absorbent des rayonnements d'onde courte et qu'un électron est excité à un niveau d'énergie supérieur et par la suite revient à son niveau fondamental avec émission de rayonnement.

2 Les analyseurs à chimiluminescence utilisent une réaction chimique pour produire des molécules à l'état excité.

3.9 analyseur extractif: Analyseur qui reçoit un flux continu de gaz extrait du processus par un système de manipulation des échantillons.

3.10 système de manipulation des échantillons: Système qui relie un ou plusieurs analyseurs de processus au fluide source et aux points d'évacuation.

NOTE - La qualité de fonctionnement de ce système n'est pas traitée dans la présente partie sauf en ce qui concerne les systèmes d'échantillonnage par dilution.

3.11 système d'échantillonnage par dilution: Système qui échantillonne les fluides du processus et rajoute un diluant au flux d'échantillonnage avant d'effectuer la mesure.

NOTE - Généralement, ce type de système applique le gaz étalon avant le point de dilution et par conséquent, le système de dilution est considéré comme faisant partie intégrante d'un analyseur *in situ* dans le cadre de la présente partie.

3.12 analyseur in situ: Analyseur dans lequel le volume de gaz sur lequel on effectue une mesure, c'est-à-dire dans le chemin de mesure d'un analyseur photométrique, est situé dans le fluide source du processus.

NOTE - Un analyseur *in situ* comprendra un chemin de mesure de longueur fixe dans la canalisation et son étalonnage ne sera pas affecté par les dimensions de celle-ci.

3.13 analyseur transversal à l'écoulement: Analyseur dans lequel le chemin de mesure est constitué de toute la largeur de la canalisation de processus.

NOTE - La source de rayonnement et le détecteur peuvent être montés sur les côtés opposés de la canalisation, il est également possible de les monter sur le même côté avec un dispositif catadioptrique. Lorsque le dispositif catadioptrique est situé dans la canalisation, l'analyseur est de type *in situ*.

3.14 échantillon conditionné: Ecoulement continu de gaz extrait du gaz source et filtré, refroidi puis séché dans les limites spécifiées avant d'être appliqué à un analyseur d'échantillon.

3.15 échantillon chauffé: Ecoulement continu de gaz extrait du gaz source, filtré ou non filtré mais maintenu à une température supérieure à son point de rosée, y compris dans l'analyseur.

3.16 opacité: L'absorption de rayonnement, à la longueur d'onde utilisée pour la mesure, par les composants du gaz échantillon autres que celui sur lequel porte la mesure.

3.17 unités auxiliaires essentielles: Les unités auxiliaires essentielles sont celles sans lesquelles l'analyseur ne pourra fonctionner, par exemple les unités électroniques auxiliaires qui traitent les signaux du capteur pour permettre la lecture, le fonctionnement du système d'échantillonnage par dilution, de la purge d'air ou tout autre système de nettoyage optique, du système d'étalonnage automatique, du système à compensation en température ou en pression.

The components that cause excitation are part of the analyzer.

NOTES

1 Fluorescence can occur when molecules absorb short-wavelength radiation, an electron is excited to a higher energy level, and subsequently relaxes with emission of radiation.

2 Chemiluminescence analyzers utilize a chemical reaction to produce molecules in an excited state.

3.9 extractive analyzer: An analyzer which receives a continuous stream of gas withdrawn from a process by a sample handling system.

3.10 sample-handling system: A system which connects one or more process analyzers with the source fluid and the disposal points.

NOTE - The performance of this system is not dealt with in this part except for dilution sampling systems.

3.11 dilution sampling system: A system which samples process fluid and adds a diluent to the sample stream prior to measurement.

NOTE - This type of system generally applies calibration gas prior to the dilution point and hence the dilution system is treated as part of an *in situ* analyzer for the purposes of this part.

3.12 In situ analyzer: An analyzer where the volume of gas sensed, that is within the measuring path for a photometric analyzer, is situated within the process source fluid.

NOTE - An *in situ* analyzer will contain a fixed-length measuring cell within the duct and its calibration is not affected by the dimensions of the duct.

3.13 across-duct analyzer: An analyzer where the measuring path is formed by the entire width of the process duct.

NOTE - The radiation source and detector can be mounted on opposite sides of the duct, or both can be mounted on the same side and a retroreflector employed. Where the retroreflector is within the duct, the analyzer is of the *in situ* type.

3.14 conditioned sample: A continuous stream of gas withdrawn from the source gas and filtered, cooled, and dried to within specified limits before application to a sampling analyzer.

3.15 heated sample: A continuous stream of gas withdrawn from the source gas, which may or may not be filtered but is maintained at a temperature above its dew-point, including within the analyzer.

3.16 opacity: The absorption of radiation, at the wavelengths used for measurement, by components of the sample gas, other than the component to be measured.

3.17 essential ancillary units: Essential ancillary units are those without which the analyzer will not operate, e.g. ancillary electronic units processing sensor signals to produce the reading, dilution sampling system, air purge or other optical cleaning system, automatic calibration system, temperature or pressure compensation system.

4 Procédures pour le mode d'expression

Les procédures pour le mode d'expression sont décrites en détail dans la CEI 1207-1 qui couvre:

- la spécification des valeurs et domaines;
- les prescriptions de fonctionnement et de stockage;
- les limites d'erreur;
- les valeurs et domaines normalisés recommandés de grandeurs d'influence (voir la CEI 654).

La présente partie de la CEI 1207 fournit les spécifications de domaines pour les équipements auxiliaires. D'autres termes relatifs à la spécification de la qualité de fonctionnement et des aspects importants de la qualité de fonctionnement correspondant aux analyseurs photométriques sont également décrits en détail.

4.1 Spécification des unités auxiliaires et services essentiels

4.1.1 Prescriptions relatives aux alimentations auxiliaires (par exemple air comprimé, gaz de référence).

4.1.2 Installations d'étalonnage sur site ou de vérification d'intégrité électronique ou optique.

4.1.3 Installations de compensation automatique des variations de la température ou de la pression du gaz.

4.1.4 Méthodes et fréquence de la maintenance de base (par exemple, nettoyage des composants optiques ou remplacement des éléments de filtre incorporés aux analyseurs transversaux à l'écoulement ou *in situ*).

4.2 Termes supplémentaires relatifs au mode d'expression de la qualité de fonctionnement

Pour utiliser un analyseur photométrique, le gaz à mesurer doit être présenté au système d'analyse dans des conditions définies. Le point du système pour lequel ces conditions sont définies varie en fonction du type de système. La présente norme se réfère à l'analyseur ainsi qu'à toutes les parties relatives à ce point d'application qui peut être comme suit:

- pour un analyseur transversal à l'écoulement partie; le gaz entre la source et les unités du détecteur, ou entre source/unité du détecteur et le dispositif catadioptrique;
- pour un analyseur *in situ*, l'environnement de gaz dans lequel le chemin de mesure est placé;
- pour un système d'échantillonnage par dilution; l'environnement de gaz dans lequel l'élément à diluer est placé, généralement à l'extrémité de la sonde;
- pour un système extractif, le point par lequel le gaz passe du système d'échantillonnage (non couvert par la présente partie) à l'unité de l'analyseur qui contient la cavité optique.

Les indications supplémentaires fournies ci-après sont nécessaires pour définir la qualité de fonctionnement de l'analyseur en termes de conditions au niveau de ce point d'application.

4 Procedure for specification

The procedures for specification are detailed in IEC 1207-1. This covers:

- specification of values and ranges;
- operation and storage requirements;
- limits of errors;
- recommended standard values and ranges of influence quantities (see IEC 654).

In this part of IEC 1207, specifications of ranges for ancillary equipment are given. Additional terms for specification of performance, and important aspects of performance relevant to photometric analyzers, are also detailed.

4.1 *Specification of essential ancillary units and services*

4.1.1 Auxiliary supply requirements (e.g. compressed air, reference gases).

4.1.2 Facilities for *in situ* calibration or electronic and optical integrity checking.

4.1.3 Facilities for automatic compensation for gas temperature or pressure variations.

4.1.4 Methods and frequency of essential maintenance (e.g. cleaning of optical components or replacement of integral filter elements on across-duct or *in situ* analyzers).

4.2 *Additional terms related to the specification of performance*

To utilize a photometric analyzer the gas to be measured must be presented to the analysis system under defined conditions. The point in the system where these conditions are defined will vary, depending on the type of system. This standard refers to the analyzer as well as all parts subsequent to this point of application, which can be as follows:

- for an across-duct analyzer; the gas between the source and detector units, or source/detector unit and retroreflector;
- for an *in situ* analyzer; the gas environment within which the measurement path is placed;
- for a dilution sampling system; the gas environment within which the dilution element is placed, that is normally the end of the probe;
- for an extractive system; the point at which the gas passes from the sampling system (not covered by this part) to the analyzer unit containing the optical cavity.

The following additional statements are required to define the performance of the analyzer in terms of the conditions at this point of application.

4.2.1 Domaine assigné de la température du gaz.

4.2.2 Domaine assigné de la pression du gaz.

4.2.3 Domaine assigné de la largeur de canalisation (approprié aux analyseurs transversaux à l'écoulement).

4.2.4 Domaine assigné de l'opacité de canalisation (analyseurs transversaux à l'écoulement uniquement).

4.2.5 Domaine assigné des composants interférents.

NOTE - Ceux-ci comprennent généralement de la vapeur d'eau, du gaz carbonique, des oxydes d'azote, de l'oxygène, de l'acide chlorhydrique et du monoxyde de carbone.

4.2.6 Domaine assigné du débit ou de la vitesse du gaz.

5 Valeurs normales et domaines normaux recommandés pour les grandeurs d'influence

Les domaines assignés de fonctionnement des grandeurs d'influence des conditions climatiques, mécaniques et d'alimentation de réseau, doivent être conformes à ceux définis dans la CEI 654.

6 Procédures pour les essais de conformité

6.1 Pour la vérification des valeurs spécifiant la qualité de fonctionnement, se reporter à la CEI 1207-1, ainsi qu'aux procédures ci-après.

6.2 Les équipements d'essai pour les analyseurs *in situ* et transversaux à l'écoulement doivent inclure les composants mécaniques nécessaires pour que les gaz d'essai se présentent dans le chemin de mesure à la température et à la pression appropriées. Pour les analyseurs *in situ*, il peut s'agir d'une coiffe d'extrémité étanche pour la sonde, munie de raccords de gaz. L'ensemble complet peut ensuite être placé dans un four.

Pour les moniteurs transversaux à l'écoulement, une cellule optique de grande taille est nécessaire, munie de fenêtres transparentes aux longueurs d'onde utilisées par l'analyseur. Il convient que la cellule optique ait un diamètre suffisant pour s'adapter à la largeur du faisceau de l'analyseur et une longueur suffisante pour simuler les concentrations les plus élevées de gaz d'essai nécessaires (par exemple pour les grandeurs d'influence). Il convient de placer la cellule optique dans un four et de prendre des dispositions pour mesurer la température des gaz d'essai dans la cellule optique.

$$\text{Longueur minimale d'une cellule de gaz} = \frac{P_2 L}{P_1} \text{ m}$$

où

P_1 est la pression totale dans la canalisation

P_2 est la pression partielle dans la canalisation du composant dont la concentration est à déterminer (rapportée à la concentration la plus élevée)

L est la largeur de la canalisation à simuler

NOTE - L'appareil utilisé pour l'application des gaz d'essai aux analyseurs *in situ* et transversaux à l'écoulement est illustré aux figures A.3 et A.4.

- 4.2.1 Rated range of gas temperature.
- 4.2.2 Rated range of gas pressure.
- 4.2.3 Rated range for duct width (appropriate for across-duct analyzers).
- 4.2.4 Rated range of duct opacity (across-duct analyzers only).
- 4.2.5 Rated range of interfering components.

NOTE - These can normally include water vapour, carbon dioxide, nitric oxide, oxygen, hydrogen chloride and carbon monoxide.

- 4.2.6 Rated range of flow rate or gas velocity.

5 Recommended standard values and range of influence quantities

The rated ranges and use of influence quantities for climatic conditions, mechanical conditions and mains supply conditions, shall be in accord with those defined in IEC 654.

6 Procedures for compliance testing

6.1 For the verification of values specifying the performance see IEC 1207-1, together with the following.

6.2 Test equipment for *in situ* and across-duct analyzers shall include mechanical components required to present test gases to the measurement path at the appropriate temperature and pressure. For *in situ* analyzers this may be a sealed end-cap for the probe, with appropriate gas connections. This entire assembly can then be placed within a furnace.

For across-duct monitors a large optical cell is required with windows transparent to the wavelengths used by the analyzer. This optical cell should be of sufficient diameter to accommodate the analyzer beam width and of sufficient length to simulate the highest test gas concentrations required (e.g. for influence quantities). This optical cell should be placed in a furnace and arrangements made to measure the temperature of test gases within the optical cell.

$$\text{Minimum gas cell length} = \frac{P_2 L}{P_1} \text{ m}$$

where

P_1 is the pressure within the duct

P_2 is the partial pressure in the duct of component to be tested (referring to the component of highest concentration)

L is the duct width to be simulated

NOTE - Apparatus which can be used to apply test gases to *in situ* mounted and across-duct analyzers is illustrated in figures A.3 and A.4.

6.3 Pour les analyseurs transversaux à l'écoulement, une canalisation de L m de largeur peut être simulée au moyen d'une cellule de longueur L_c m en choisissant des concentrations d'essai permettant de fournir des produits appropriés de concentration \times longueur, comme décrit ci-dessous:

$$\frac{(P_2)}{P_1} L = \frac{(P_3)}{P_1} L_c$$

où

P_3 est la pression partielle du composant dans le gaz d'essai

L_c est la longueur de la cellule d'essai

d'où

$\frac{(P_3)}{P_1}$ est la concentration du gaz d'essai dans la cellule optique

NOTE - Cette approximation est uniquement valable à des pressions partielles suffisamment faibles pour lesquelles le composant à simuler présente un élargissement négligeable de la raie de résonance du spectre aux longueurs d'onde utilisées pour les mesures. Elle est valable pour la simulation de concentration, en parties par million, de CO, NO, CO₂ ou SO₂ lorsque P_1 est la pression atmosphérique mais n'est pas suffisamment précise pour la simulation du domaine de pourcentage des concentrations de vapeur d'eau lorsque P_1 est la pression atmosphérique.

6.4 Procédures d'essai

Les procédures d'essais applicables ci-dessous sont décrites en détail dans la CEI 1207-1:

- erreur intrinsèque;
- erreur de linéarité;
- erreur de répétabilité;
- fluctuation du signal de sortie;
- dérive;
- temps de retard, temps de montée, et temps de descente;
- temps de préchauffage;
- variations (erreurs d'influence);
- erreurs d'interférence.

Les détails d'essai supplémentaires nécessaires aux analyseurs photométriques sont fournis dans les paragraphes suivants.

6.4.1 Erreur de linéarité

Les propriétés spectrales des composés sont rarement une fonction linéaire de la concentration et la plupart des analyseurs incorporent une fonction de linéarisation afin de fournir un signal de sortie linéaire en concentration. Lorsque le signal de sortie est fourni en tant que fonction non linéaire de la concentration, il ne convient pas d'appliquer une analyse de régression linéaire.

6.4.2 Erreur d'interférence

Les interférents spécifiques et les paramètres physiques doivent être indiqués pour chaque application. Les valeurs d'essai et des indications d'erreurs d'interférence doivent être convenues entre le constructeur et l'utilisateur avant d'effectuer les essais. Le constructeur doit obligatoirement signaler, en fonction de son expérience, les paramètres qui risquent de produire une interférence égale ou supérieure à la concentration minimale détectable. Dans la plupart des cas, ceci comprendra la vapeur d'eau et la pression de l'échantillon.

6.3 For across-duct analyzers, a duct of width L m can be simulated using a cell of length L_c m by selecting test concentrations to give appropriate concentration x length products as follows:

$$\frac{(P_2)}{P_1} L = \frac{(P_3)}{P_1} L_c$$

where

P_3 is the partial pressure of test component

L_c is the length of test cell

hence

$\frac{(P_3)}{P_1}$ is the concentration of test gas within the optical cell

NOTE - This approximation is valid only at sufficiently low partial pressures such that the component to be simulated exhibits negligible resonance line broadening of the spectrum at the wavelengths used for measurements. It is valid for simulating parts per million concentrations of CO, NO, CO₂ or SO₂ when P_1 is the atmospheric pressure, but is not accurate when simulating percentage range concentrations of water vapour when P_1 is the atmospheric pressure.

6.4 Testing procedures

The following relevant testing procedures are detailed in IEC 1207-1:

- intrinsic error;
- linearity error;
- repeatability error;
- output fluctuation;
- drift;
- delay time, rise time and fall time;
- warm-up time;
- variations (influence errors);
- interference errors.

Additional test details required for photometric analyzers are given below.

6.4.1 Linearity error

Spectroscopic properties of compounds are rarely a linear function of concentration, and most analyzers incorporate a linearizing function to provide an output signal which is linear with concentration. Where the output is provided as a non-linear function of concentration, linear regression analysis should not be performed.

6.4.2 Interference error

The specific interfering components and physical parameters shall be specified for each application. The values for testing and statement of interference errors shall be agreed between the manufacturer and the user prior to testing. The manufacturer bears an obligation to indicate components and parameters which he expects, from experience, to provide interference equal to, or greater than, the minimum detectable concentration. In most cases this will include water vapour and sample pressure.

6.4.2.1 Les erreurs d'interférence sont déterminées en procédant à une première présentation de l'analyseur avec du gaz étalon, suivie séquentiellement de deux autres présentations avec des gaz obtenus à partir du même gaz étalon mais auquel auront été ajoutées respectivement chacune des deux concentrations précédemment définies de l'interfèrent.

Le gaz étalon de zéro peut être utilisé lorsque l'erreur d'interférence ne varie pas de manière significative tout au long de l'étendue de mesure.

Chaque essai est répété trois fois. Les erreurs moyennes sont déterminées et indiquées en termes de concentration équivalente du composant à déterminer.

6.4.2.2 L'interférence de la vapeur d'eau après l'effet de dilution, peut être déterminée par les mêmes procédures comme indiquées en 6.4.2.1. Cependant, la méthode de préparation des gaz ayant des concentrations de vapeur d'eau connues nécessite un soin particulier, les procédures suivantes peuvent être appliquées lorsque la vapeur d'eau n'est pas le composant primaire à mesurer.

Toutes les tuyauteries du point d'addition de vapeur d'eau jusqu'à la cellule optique, y compris cette dernière, doivent être maintenues au-dessus du point de rosée.

Les conditions de référence seront établies avec des gaz d'essai secs.

Pour les analyseurs exigeant des échantillons conditionnés, les essais ne seront nécessaires que pour les domaines de point de rosée compris entre 0 °C et + 20 °C. Un barboteur d'eau peut être utilisé pour générer approximativement ces points de rosée, voir figure A.3.

L'utilisation d'acide sulfurique dilué d'un pH inférieur à 2 dans le barboteur réduit la solubilité des gaz acides.

Pour les analyseurs exigeant des essais à des points de rosée élevés, le barboteur, la tuyauterie échantillon ainsi que la cellule peuvent être mis en service à des températures élevées. La pression partielle de la vapeur d'eau peut être calculée dans un domaine compris entre 0 °C et 100 °C comme indiqué dans l'équation (1) de l'annexe B.

Pour les analyseurs *in situ* ou transversaux à l'écoulement, lorsque la cavité optique est mise en service à des températures supérieures à 100 °C, l'eau liquide et les gaz d'essai peuvent être appliqués directement au tuyau d'alimentation en gaz, à condition que le point de mélange soit également dans le four, voir figure A.4. Les équations (2) et (3) de l'annexe B peuvent être utilisées afin de déterminer les concentrations de gaz lorsqu'il existe une pression homogène dans le système de mélange de gaz/liquide.

6.4.3 Temps de retard, temps de montée et temps de descente

La dimension de l'enceinte d'essai requise pour les analyseurs transversaux à l'écoulement et *in situ* peut être telle qu'elle empêche une modification rapide du gaz entre la présentation d'échantillons de concentrations différentes. Dans ce cas, la détermination de ces intervalles de temps constituera une limite supérieure de la caractéristique déterminée de l'instrument plutôt qu'une valeur absolue.

6.4.2.1 Interference errors are determined by first presenting the analyzer with calibration gas and then sequentially with gases which contain the two concentrations of interfering components, and which are otherwise identical to the calibration gas.

Zero calibration gas may be used where the interference error is not expected to vary significantly through the effective range.

Each test is repeated three times, and the average errors are determined and recorded in terms of the equivalent concentration of the component to be determined.

6.4.2.2 Water vapour interference, after allowance for dilution can be determined by the same procedures as stated in 6.4.2.1. However, as the method of preparation of gases with a known concentration of water vapour requires care, the following procedures may be applied where water vapour is not to be the primary measured component.

All pipework from the point of water vapour or other condensable vapour addition, up to and including the optical cell, must be maintained above the dew-point.

The reference conditions will be with dry test gases.

For analyzers requiring conditioned samples, testing will normally only be required for a dew-point range within 0 °C to +20 °C. A water bubbler can be used to generate these dew-points approximately, see figure A.3.

The use of dilute sulphuric acid of pH below 2 in the bubbler reduces the solubility of acid gases.

For analyzers requiring testing at high dew-points, the bubbler and sample pipework and cell may be operated at elevated temperatures. The partial pressure for water vapour may be calculated for the range 0 °C to 100 °C as in equation (1) in annex B.

For *in situ* analyzers or across-duct analyzers, when the optical cavity is operated at temperatures above 100 °C, liquid water and test gases can be applied directly to the gas feed pipe, providing the mixing-point is also within the furnace, see figure A.4. Equations (2) and (3) in annex B can be used to determine gas concentrations when there is a uniform pressure within the gas/liquid mixing system.

6.4.3 *Delay time, rise and fall time*

The size of test enclosure required for across-duct and *in situ* analyzers may be such as to prevent rapid gas-change between presentation of samples of differing concentration. In such a case, the determination of these time intervals will represent an upper limit to the instrument characteristic determined, rather than an absolute value.

Annexe A (normative)

Techniques et systèmes d'analyse photométrique

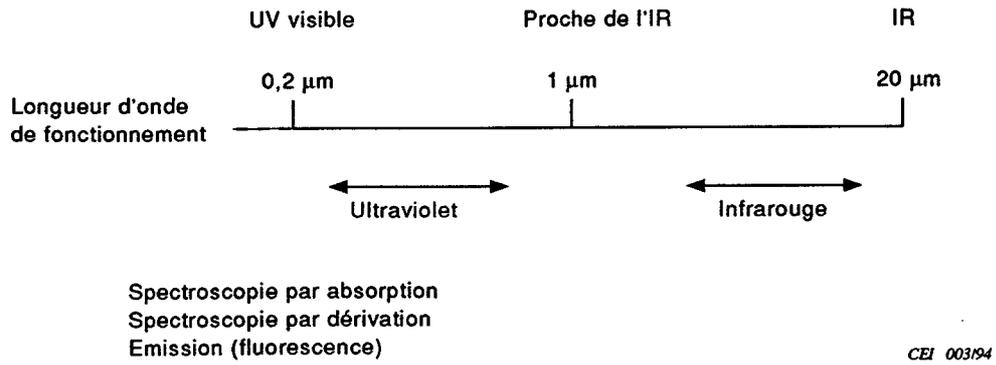


Figure A.1 – Techniques d'analyse photométrique pour gaz

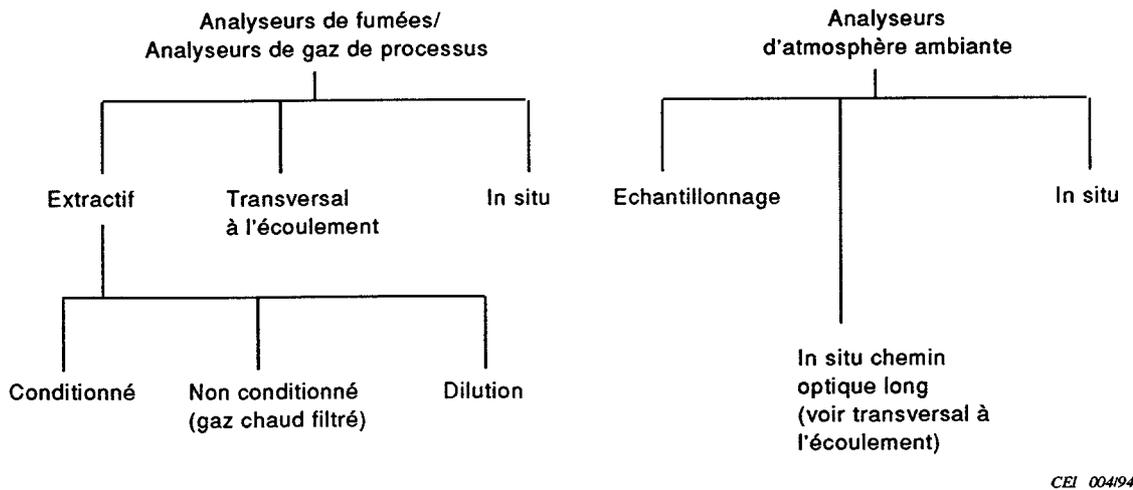


Figure A.2 – Systèmes d'analyse pour gaz

Annex A (normative)

Techniques and systems of photometric analysis

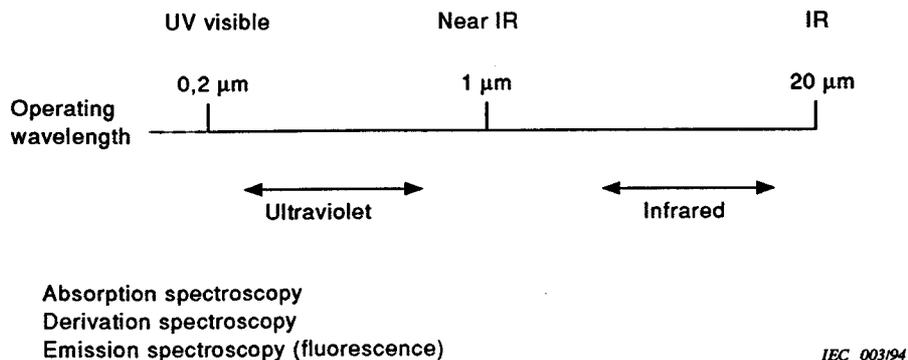


Figure A.1 – Techniques of photometric analysis used for gases

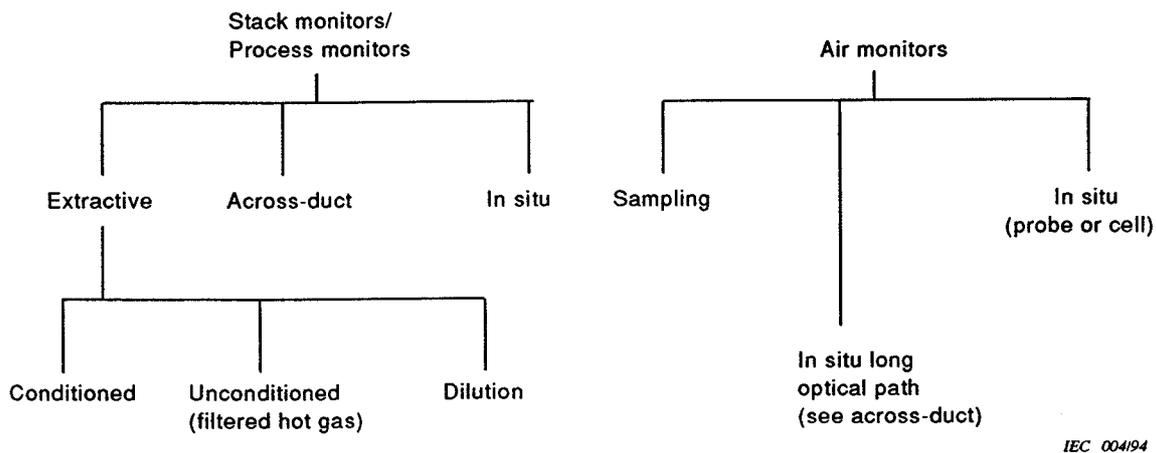
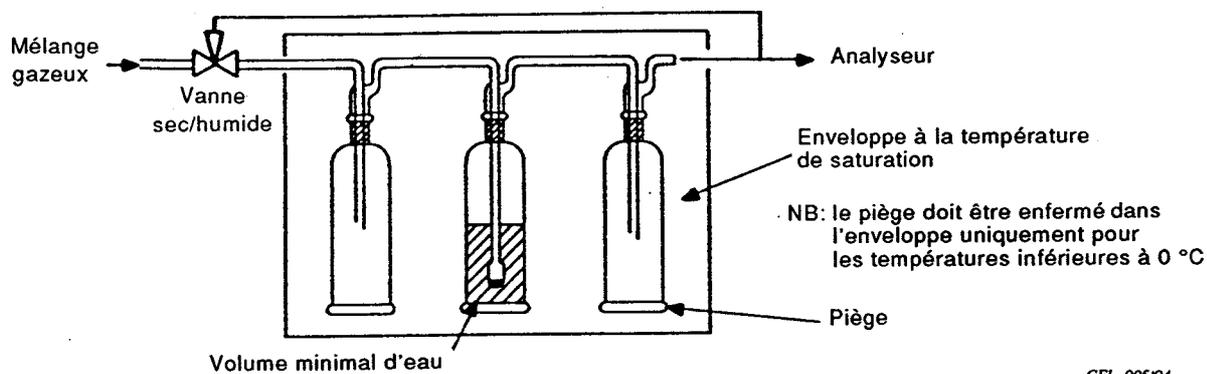


Figure A.2 – Analysis systems for gases



NOTE - De longues durées sont nécessaires pour atteindre l'équilibre.

Figure A.3a - Appareil à bulles simple pour alimenter les systèmes d'échantillonnage en vapeur d'eau

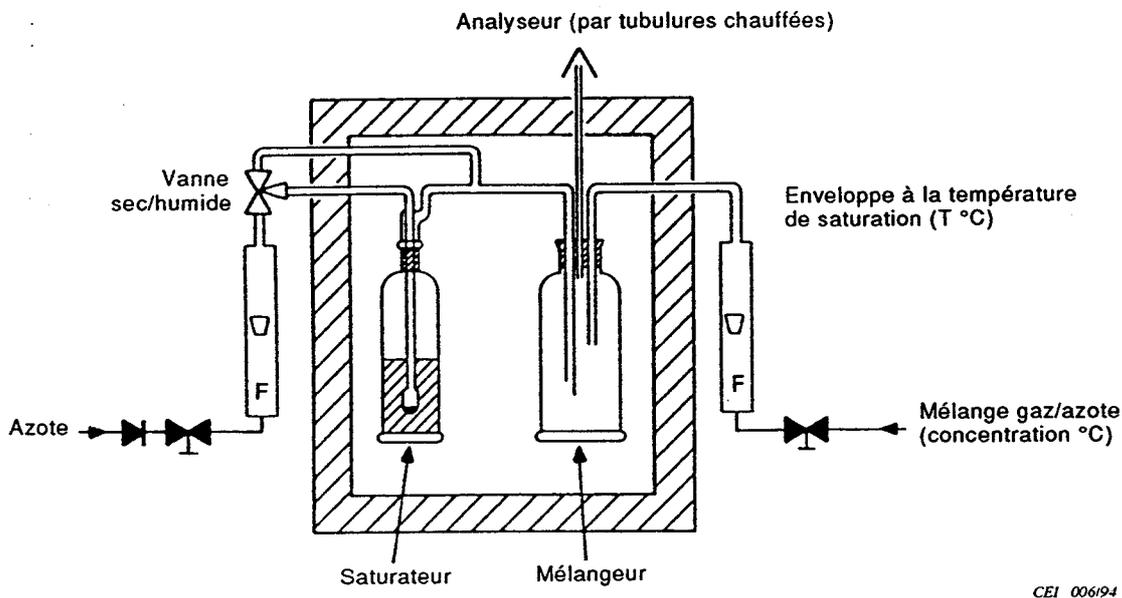
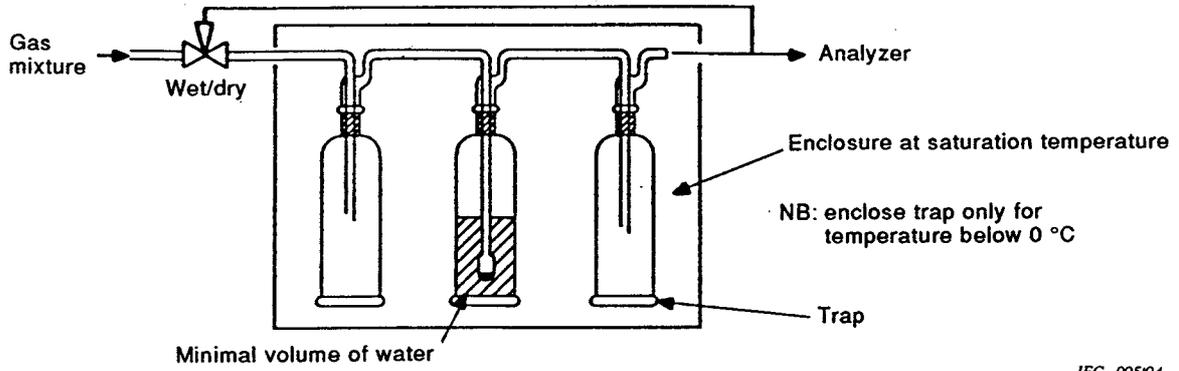


Figure A.3b - Appareil à utiliser pour obtenir des concentrations élevées de vapeur d'eau ou pour diminuer la durée jusqu'à l'équilibre

Figure A.3 - Appareils d'essai servant à alimenter les systèmes d'analyse en gaz et en vapeur d'eau



NOTE - Long equilibration times will be required.

Figure A.3a – Simple bubbler to apply water vapour to sampling systems

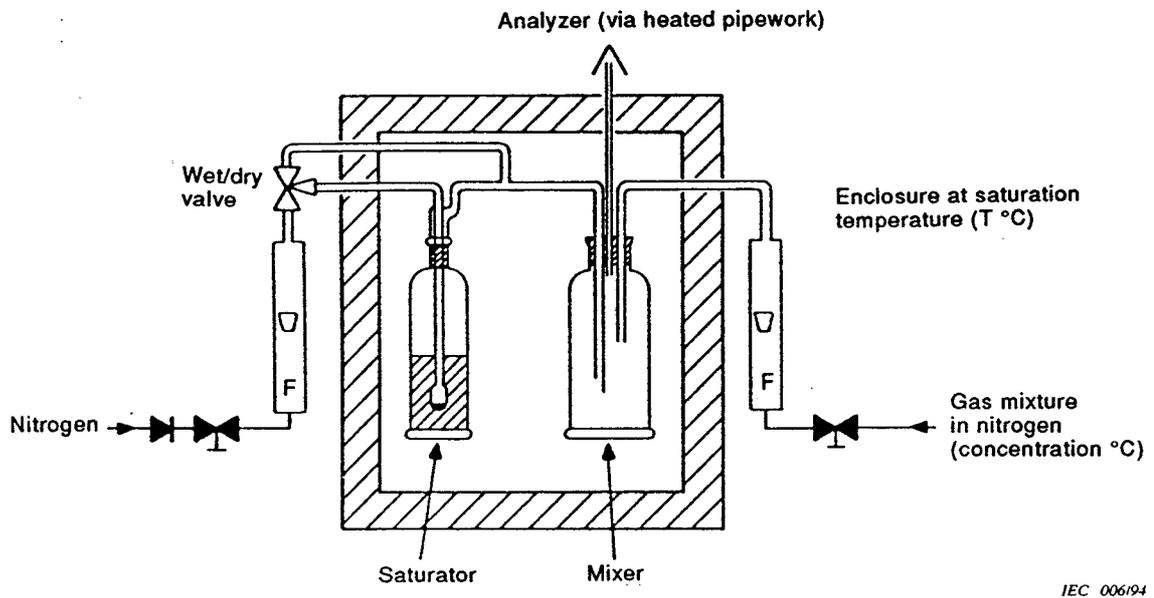
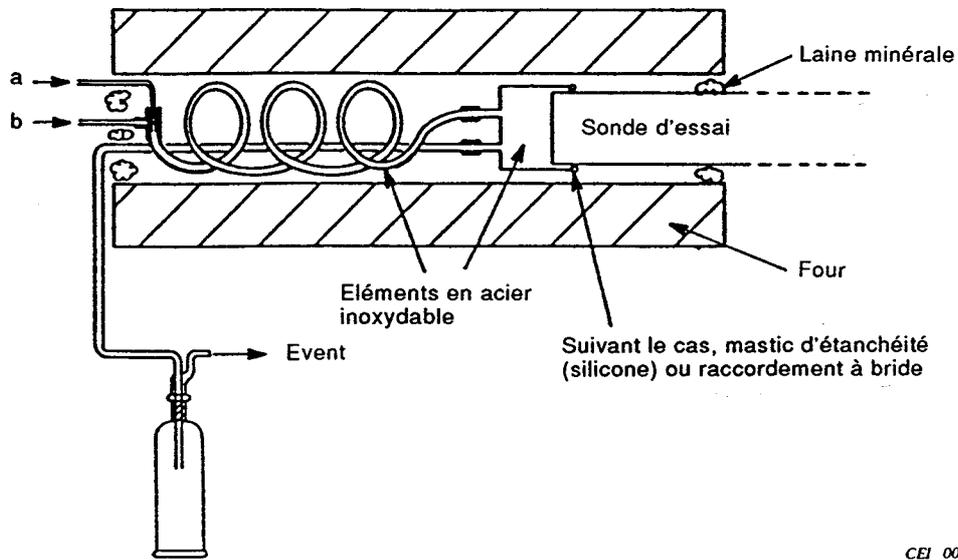


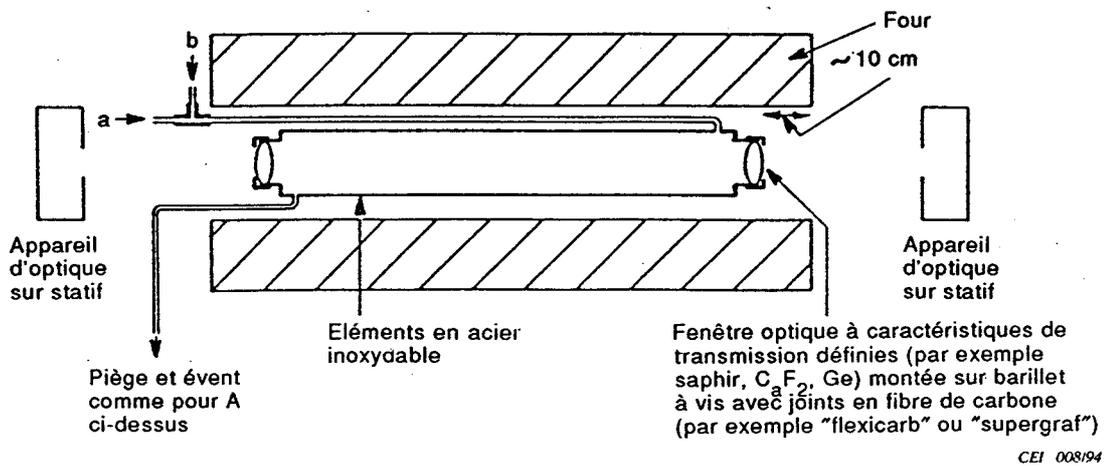
Figure A.3b – Apparatus to apply water vapour at high concentrations or to avoid long equilibration times

Figure A.3 – Test apparatus to apply gases and water vapour to analysis systems



CEI 007/94

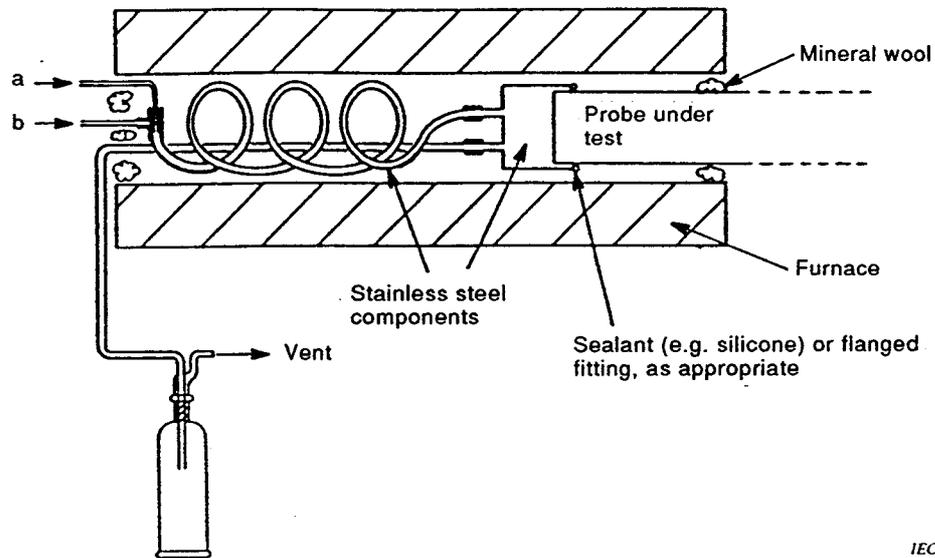
Figure A.4a – Appareil d'alimentation en gaz d'une extrémité sonde



CEI 008/94

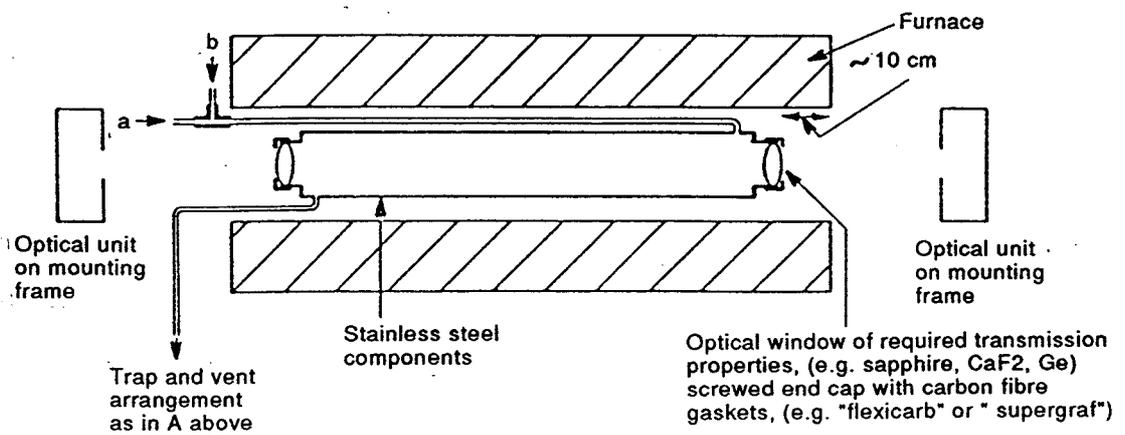
Figure A.4b – Appareil de simulation de la présence de canalisations pour les analyseurs écoulement transversal

Figure A.4 – Appareil d'essai servant à simuler la présence de canalisations pour les analyseurs à écoulement transversal ou in situ



IEC 007194

Figure A.4a – Apparatus to apply gas to a probe-end



IEC 008194

Figure A.4b – Apparatus to simulate duct conditions for across-duct analyzers

Figure A.4 – Test apparatus to simulate duct conditions for *in situ*/across-duct analyzers

Annexe B (informative)

Méthodes de préparation de la vapeur d'eau dans les gaz d'essai

Pour la vapeur d'eau:

$$\text{Pression partielle} = \text{Antilog}_{10} \frac{(t - 6,9566)}{33,449 + 0,13907 (t - 6,9566)} \text{ kNm}^{-2} \quad (1)$$

t est la température de point de rosée, en degrés Celsius.

Pour le mélange des gaz secs et de la vapeur d'eau dans des tuyauteries dont la température est supérieure à 100 °C, voir figure A.4.

$$C_{\text{eau}} = \frac{0,455 MT}{(f + 0,00455 MT)} \quad (2)$$

$$C_x = \frac{C_{I_x}}{100} (100 - C_{\text{eau}}) \quad (3)$$

où

C_{eau} est la concentration de vapeur d'eau dans le mélange final de gaz, en pourcentage

C_{I_x} est la concentration du composant x dans le gaz sec avant mélange avec l'eau, exprimée dans toutes les unités

C_x est la concentration de x dans le mélange de gaz final, exprimée dans les mêmes unités que C_{I_x}

M est le taux d'addition d'eau liquide, en grammes par unité de temps

f est le débit de gaz sec vers le point de mélange, en dm^3 par unité de temps

T est la température de mesure à laquelle f renvoie, en kelvins

Exemple pour la figure A.3

La solubilité de SO_2 est réduite de manière significative si le pH de l'eau est rendu inférieur à 2 par addition d'acide sulfurique. L'effet sur la pression de vapeur dans la plage comprise entre 0,01 et 0,1 d'acide sulfurique molaire est inférieur à 1 %.

A température de saturation = 15 °C

Pression partielle de la vapeur d'eau =

$$\begin{aligned} & \text{Antilog}_{10} \frac{(15 - 6,9566)}{33,449 + 0,13907 (15 - 6,9566)} \text{ kNm}^{-2} \\ & = 1,71 \text{ kNm}^{-2} \end{aligned}$$

Annex B (informative)

Methods of preparation of water-vapour in test gases

For water vapour:

$$\text{Partial pressure} = \text{Antilog}_{10} \frac{(t - 6,9566)}{33,449 + 0,13907 (t - 6,9566)} \text{ kNm}^{-2} \quad (1)$$

t is the dew-point temperature, in degrees, Celsius.

For mixing dry gases and water vapour in pipework above 100 °C, see figure A.4.

$$C_{\text{water}} = \frac{0,455 MT}{(f + 0,00455 MT)} \quad (2)$$

$$C_x = \frac{Cl_x}{100} (100 - C_{\text{water}}) \quad (3)$$

where

C_{water} is the concentration of water vapour in the final gas mixture, in per cent

Cl_x is the concentration of component x in the dry gas prior to mixture with water, in any units

C_x is the concentration x in the final gas mixture, in the same units as Cl_x

M is the rate of addition of liquid water, in grams per unit time

f is the flow rate of dry gas to the mixing point, in dm^3 per unit time

T is the measurement temperature to which f refers, in kelvins

Example for figure A.3

The solubility of acidic gases is much reduced if the pH of the water is reduced below 2 by the addition of sulphuric acid. The effect on vapour pressure in the range 0,01 to 0,1 molar sulphuric acid is less than 1%.

At saturation temperature = 15 °C

Partial pressure of water vapour =

$$\begin{aligned} \text{Antilog}_{10} \frac{(15 - 6,9566)}{33,449 + 0,13907 (15 - 6,9566)} \text{ kNm}^{-2} \\ = 1,71 \text{ kNm}^{-2} \end{aligned}$$

Pour les gaz passant par le barboteur à une pression de $101,3 \text{ kNm}^{-2}$

$$\text{Concentration} = \frac{1,71}{101,3} \times 100 = 1,69 \%$$

$$\text{Taux de dilution} = 1 - 0,0169 = 0,983$$

Exemple pour la figure A.4

A température de saturation = $60 \text{ }^\circ\text{C}$

Pression partielle de la vapeur d'eau = $19,9 \text{ kNm}^{-2}$

Pour un débit de gaz à travers le barboteur de $0,05 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ et un débit de gaz sec de $0,45 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$:

$$\begin{aligned} \text{débit final de volume de gaz} &= 0,05 \left(1 + \frac{19,9}{101,3} \right) + 0,45 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1} \\ &= 0,510 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{taux de dilution} = \frac{0,45}{0,510} = 0,883$$

$$\begin{aligned} \text{pression partielle de la vapeur d'eau} &= \frac{0,05 \times 19,9}{0,510} = 1,95 \text{ kN m}^{-2} \\ \text{dans un mélange de gaz} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{point de rosée du mélange de gaz} &= \frac{33,449 \log 1,95}{1 - 0,13907 \log 1,95} + 6,9566 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 17,1 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

For gas passing through the bubbler at a pressure of $101,3 \text{ kNm}^{-2}$

$$\text{Concentration} = \frac{1,71}{101,3} \times 100 = 1,69 \%$$

$$\text{Dilution ratio} = 1 - 0,0169 = 0,983$$

Example for figure A.4

At saturation temperature = $60 \text{ }^\circ\text{C}$

Partial pressure of water vapour = $19,9 \text{ kNm}^{-2}$

For a gas flow through the bubbler of $0,05 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ and a dry gas flow of $0,45 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$:

$$\begin{aligned} \text{final gas volume flow} &= 0,05 \left(1 + \frac{19,9}{101,3} \right) + 0,45 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1} \\ &= 0,510 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{dilution ratio} = \frac{0,45}{0,510} = 0,883$$

$$\begin{aligned} \text{partial pressure of water vapour} &= \frac{0,05 \times 19,9}{0,510} = 1,95 \text{ kN m}^{-2} \\ \text{in gas mixture} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dew-point of gas mixture} &= \frac{33,449 \log 1,95}{1 - 0,13907 \log 1,95} + 6,9566 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 17,1 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Bibliographie

Bolk, W.T. J., *A General Digital Linearising Method for Transducers*, Phys E Sci-Insts, Vol. 18, 1985.

Washburn, E. W. *International Critical Tables*, Vol. 3, pp. 1/210-212, McGraw-Hill, 1933.

Bibliography

Bolk, W.T. J., *A General Digital Linearising Method for Transducers*, Phys E Sci-Insts, Vol. 18, 1985.

Washburn, E. W. *International Critical Tables*, Vol. 3, pp. 1/210-212, McGraw-Hill, 1933.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ICS 19.080 ; 71.040.40
