

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
746-4**

Première édition
First edition
1992-12

**Expression des qualités de fonctionnement
des analyseurs électrochimiques**

Partie 4:

Oxygène dissous dans l'eau mesuré par
des capteurs ampérométriques recouverts
d'une membrane

**Expression of performance of electrochemical
analyzers**

Part 4:

Dissolved oxygen in water measured by
membrane covered amperometric sensors



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 746-4: 1992

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
746-4

Première édition
First edition
1992-12

**Expression des qualités de fonctionnement
des analyseurs électrochimiques**

Partie 4:

Oxygène dissous dans l'eau mesuré par
des capteurs ampérométriques recouverts
d'une membrane

**Expression of performance of electrochemical
analyzers**

Part 4:

Dissolved oxygen in water measured by
membrane covered amperometric sensors

© CEI 1992 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

U

• Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	6
2 Référence normative	6
3 Symboles et définitions	6
3.1 Symboles	6
3.2 Détecteur ampérométrique recouvert d'une membrane	8
3.3 Grandeurs d'influence	8
3.4 Unités	8
3.5 Dérive du zéro	10
3.6 Dérive d'échelle	10
3.7 Tension de polarisation	10
3.8 Sensibilité	10
3.9 Temps de stabilisation	10
4 Présentation des caractéristiques	12
4.1 Dérives de zéro et d'échelle	12
4.2 Caractéristiques additionnelles concernant l'unité détectrice	12
5 Valeurs d'étalons recommandées et étendue des grandeurs d'influence affectant la qualité de fonctionnement des unités électroniques	14
6 Vérification des valeurs	14
6.1 Solutions d'étalonnage	14
6.2 Simulateur d'essai des unités électroniques	14
6.3 Procédure d'essai pour les unités de détection et l'analyseur	14
Annexes	
A Information générale à caractère complémentaire concernant les détecteurs ampérométriques d'oxygène	26
B Technique de préparation des bains d'étalonnage standards par voie de saturation	34
C Solution d'étalonnage pour la mesure de faibles teneurs d'oxygène dans l'eau	38
D Solubilité de l'oxygène dans l'eau	52
E Bibliographie	56

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	7
2 Normative reference	7
3 Symbols and definitions	7
3.1 Symbols	7
3.2 Membrane covered amperometric sensor unit	9
3.3 Influence quantities	9
3.4 Units	9
3.5 Zero drift	11
3.6 Span drift	11
3.7 Polarization voltage	11
3.8 Sensitivity	11
3.9 Stabilization time	11
4 Procedure for statement	13
4.1 Zero and span drifts	13
4.2 Additional statements on sensor units	13
5 Recommended standard values and ranges of influence quantities affecting the performance of electronic units	15
6 Verification of values	15
6.1 Calibration solutions	15
6.2 Simulator for testing electronic units	15
6.3 Test procedure for sensor units and analyzer	15
Annexes	
A Supplementary general information on amperometric oxygen sensors	27
B Technique for the preparation of batch calibration standards by the saturation approach	35
C Calibration solutions for low levels of oxygen in water measurement	39
D Solubility of oxygen in water	53
E Bibliography	56

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EXPRESSION DES QUALITÉS DE FONCTIONNEMENT DES ANALYSEURS ÉLECTROCHIMIQUES

Partie 4: Oxygène dissous dans l'eau mesuré par des capteurs ampérométriques recouverts d'une membrane

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 746-4 a été établie par le sous-comité 66D: Appareils pour l'analyse de composition, du comité d'études 66 de la CEI: Instruments, systèmes et accessoires électriques et électroniques d'essai et de mesure.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
66D(BC)13	66D(BC)16

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 746 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs électrochimiques:

- Partie 1: Généralités.
- Partie 2: Mesure du pH.
- Partie 3: Conductivité électrolytique.
- Partie 4: Oxygène dissous dans l'eau mesuré par des capteurs ampérométriques recouverts d'une membrane.
- Partie 5: Potentiel d'oxydo-réduction, ou potentiel redox.

Les annexes A à E sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

—

**EXPRESSION OF PERFORMANCE
OF ELECTROCHEMICAL ANALYZERS**
**Part 4: Dissolved oxygen in water measured by
membrane covered amperometric sensors**

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 746-4 has been prepared by sub-committee 66D: Analyzing equipment, of IEC technical committee 66: Electrical and electronic test and measuring instruments, systems and accessories.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
66D(CO)13	66D(CO)16

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 746 consists of the following parts, under the general title: Expression of performance of electrochemical analyzers.

- Part 1: General.
- Part 2: pH value.
- Part 3: Electrolytic conductivity.
- Part 4: Dissolved oxygen in water measured by membrane covered amperometric sensors.
- Part 5: Oxidation-reduction potential or redox potential.

Annexes A to E are for information only.

EXPRESSION DES QUALITÉS DE FONCTIONNEMENT DES ANALYSEURS ÉLECTROCHIMIQUES

Partie 4: Oxygène dissous dans l'eau mesuré par des capteurs ampérométriques recouverts d'une membrane

1 Domaine d'application et objet

Voir la CEI 746-1, et ce qui suit.

La présente partie de la CEI 746 s'applique aux analyseurs utilisant des capteurs ampérométriques recouverts d'une membrane, pour déterminer en continu la pression partielle ou la concentration de l'oxygène dissous. Elle s'applique aux analyseurs utilisables sur l'eau potable, les flux de processus industriels, l'eau usée industrielle, l'eau usée domestique, et les récepteurs d'eau (par exemple les lacs, les rivières et les estuaires). Bien qu'elle ne s'applique pas spécifiquement aux détecteurs électrochimiques non recouverts d'une membrane, la discussion ayant trait aux analyseurs utilisant des détecteurs ampérométriques recouverts d'une membrane peut être utilisée comme référence générale.

L'objet de la présente norme est de spécifier la terminologie, les définitions et les exigences relatives aux spécifications des constructeurs et aux essais de qualité de fonctionnement des détecteurs, des analyseurs, et des unités électroniques employées pour la détermination du contenu d'oxygène dissous dans des solutions aqueuses.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 746. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 746 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 746-1: 1982, *Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs électrochimiques – Partie 1: Généralités*

3 Symboles et définitions

Dans le cadre de la présente norme, les définitions de la CEI 746-1 et ce qui suit s'appliquent:

3.1 Symboles

- pO_2 est la pression partielle d'oxygène dans la phase gazeuse aux conditions d'équilibre avec la solution
- cO_2 est la concentration d'oxygène dissous dans une solution

EXPRESSION OF PERFORMANCE OF ELECTROCHEMICAL ANALYZERS

Part 4: Dissolved oxygen in water measured by membrane covered amperometric sensors

1 Scope and object

See IEC 746-1 and the following.

This part of IEC 746 applies to analyzers using membrane covered amperometric sensors for the continuous determination of dissolved oxygen partial pressure or concentration. It applies to analyzers for use on potable water, industrial process streams, industrial waste water, municipal waste water, and receiving bodies of water (e.g. lakes, rivers and estuaries). Though not specifically applying to non-membrane covered electrochemical sensors, the discussion of analyzers utilizing membrane covered amperometric sensors may be used as a general reference.

Its object is to specify the terminology, definitions, requirements for statements from manufacturers and performance tests for sensor units, analyzers, and electronic units used in the determination of the dissolved oxygen contents of aqueous solutions.

2 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 746. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 746 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 746-1: 1982, *Expression of performance of electrochemical analyzers – Part 1: General*

3 Symbols and definitions

For the purposes of this part of IEC 746 the definitions of IEC 746-1 plus the following apply:

3.1 Symbols

- pO_2 is the partial pressure of oxygen in the gas phase during equilibrium conditions with the solution
- cO_2 is the concentration of dissolved oxygen in a solution

3.2 Détecteur ampérométrique recouvert d'une membrane

Un détecteur comprend habituellement une cathode, où se produit la réduction électrochimique de l'oxygène moléculaire (généralement en or, en argent, ou en platine), une anode (généralement en argent ou en plomb) où se produit une réaction électrochimique réversible bien définie, une électrode appropriée et une membrane de polymère appropriée limitant la diffusion, qui sépare le détecteur du fluide analysé. Une autre fonction de la membrane est d'isoler les électrodes du détecteur et son électrolyte des nombreuses formes de contamination qui sont généralement présentes dans les échantillons aqueux. Les détecteurs ampérométriques d'oxygène recouverts d'une membrane peuvent fonctionner, soit comme cellule électrochimique à différence de potentiel forcée, soit comme cellule galvanique.

3.3 Grandeurs d'influence

3.3.1 Température

La température affecte les qualités de fonctionnement des détecteurs ampérométriques d'oxygène dissous recouverts d'une membrane en modifiant la perméabilité à l'oxygène de la membrane limitant la diffusion. Cela est un processus réversible. Quand il se produit des changements de température d'échantillon, la solubilité de l'oxygène dissous dans l'échantillon change, de sorte que pour les instruments à lecture directe de concentration, on procède habituellement à une compensation de variation de la solubilité de l'oxygène avec la température.

3.3.2 Pression

Les effets de la pression sont très importants, quand le détecteur d'oxygène dissous est étalonné en phase gazeuse, ou dans de l'eau saturée de gaz, puisque les détecteurs ampérométriques recouverts d'une membrane mesurent la pression partielle de l'oxygène, pO_2 , qui est directement proportionnelle à la pression totale du gaz.

3.3.3 Substances électrolytiques dissoutes (acides, bases, sels, etc.)

Tous les types d'électrolytes dissous dans l'eau réduisent la solubilité de l'oxygène. Cette réduction de la solubilité n'est pas significative pour les analyses avec une pression partielle étalonnée ou des unités de pourcentage de saturation.

3.3.4 Autres substances dissoutes

D'autres substances dissoutes dans les échantillons aqueux peuvent avoir de l'influence en modifiant la solubilité de l'oxygène, et/ou en se diffusant à travers la membrane du détecteur, dégradant ainsi les propriétés chimiques du détecteur.

3.4 Unités

La quantité d'oxygène dissous dans l'eau peut être exprimée de plusieurs façons et en plusieurs unités.

3.4.1 Les unités exprimant la pression partielle d'oxygène, pO_2 , sont soit le millibar, soit le pascal.

3.2 Membrane covered amperometric sensor unit

A sensor unit usually consists of a cathode, where electrochemical reduction of molecular oxygen occurs (typically fabricated from gold, silver or platinum), an anode (typically silver or lead) where a well-defined, electrochemically reversible oxidation reaction occurs, an appropriate electrolyte and an appropriate polymeric diffusion limiting membrane separating the sensor from the test medium. Another function of the membrane is to isolate the sensor electrodes and electrolyte from the many forms of contamination which are generally present in aqueous samples. Membrane covered amperometric oxygen sensors can function either as a voltage driven electrochemical cell or as a galvanic cell.

3.3 Influence quantities

3.3.1 Temperature

Temperature affects the performance of membrane covered amperometric dissolved oxygen sensors by changing the oxygen permeability of the diffusion limiting membrane. This is a reversible process. When sample temperature changes occur, the solubility of oxygen dissolved in the sample will change, so for instruments reading out directly in concentration, some compensation for the variation of oxygen solubility with temperature is usually conducted.

3.3.2 Pressure

Pressure effects are important when the dissolved oxygen sensor is calibrated in the gas phase, or in gas saturated water, since membrane covered amperometric oxygen sensors measure the partial pressure of oxygen, pO_2 , which is directly proportional to the total gas pressure.

3.3.3 Dissolved electrolyte substances (acids, alkalis, salts, etc.)

Electrolytes of any kind dissolved in water reduce the solubility of oxygen. This solubility reduction is not significant for analyses with calibrated partial pressure or per cent saturation units.

3.3.4 Other dissolved substances

Other substances dissolved in the aqueous sample can act as an influence by changing the oxygen solubility or/by diffusing through the sensor membrane with resultant degradation of the sensor chemistry.

3.4 Units

The amount of oxygen dissolved in water may be expressed in several ways and units:

3.4.1 Units for expressing the partial pressure of oxygen, pO_2 , are either the millibar or the pascal.

3.4.2 Le pourcent (%) est l'unité utilisée pour exprimer la concentration effective d'oxygène en pourcentage de la solubilité de l'oxygène dans l'échantillon dans les conditions réelles de pression atmosphérique, de température et de composition de l'échantillon.

3.4.3 Les unités exprimant la concentration d'oxygène dissous, CO_2 , sous la forme du rapport de la masse d'oxygène dissous à la masse d'eau sont:

- la partie par million (ppm), $\longrightarrow \text{mg kg}^{-1}$;
- la partie par milliard (10^{-9}), $\longrightarrow \mu\text{g kg}^{-1}$.

NOTES

- 1 Bien que l'unité ppm soit utilisée dans cette norme, il est préférable d'employer les unités $\mu\text{g l}^{-1}$ ou mg l^{-1} .
- 2 En pratique, pour la plupart des applications, la masse volumique de l'eau est si proche de $1\,000 \text{ kg m}^{-3}$ que mg l^{-1} et ppm sont utilisés indifféremment. Il convient de faire des corrections appropriées lorsque la densité de l'échantillon s'écarte significativement de 1.

3.4.4 Les unités exprimant la sensibilité à la température sont: $\mu\text{A/mg/}^\circ\text{C}$.

3.4.5 Les unités exprimant la consommation d'oxygène sont exprimées en mg/h/ppm pour les détecteurs d'oxygène dissous, et en $\text{mg/h}\%$ pour les détecteurs d'oxygène gazeux.

3.5 Dérive du zéro

Variation de la lecture avec une solution pour étalonnage du zéro, dans un intervalle de temps spécifié.

La dérive du zéro est exprimée en μA par heure, ou par jour si on se réfère au détecteur; en pourcent de l'échelle entière par heure ou par jour si on se réfère à l'analyseur dans son ensemble.

3.6 Dérive d'échelle

Variation de la lecture avec une solution pour étalonnage du zéro, dans un intervalle de temps spécifié.

La dérive d'échelle est exprimée en μA par heure ou par jour si on se réfère au détecteur; en pourcent de l'échelle entière par heure ou par jour si on se réfère à l'analyseur dans son ensemble.

3.7 Tension de polarisation

Tension appliquée à une cellule ampérométrique alimentée par une source externe. Elle est choisie de telle sorte qu'il existe une relation linéaire entre le courant du détecteur et la concentration d'oxygène.

3.8 Sensibilité

Variation du courant d'électrode produite par une variation unitaire de la concentration d'oxygène.

3.9 Temps de stabilisation

Temps nécessaire pour obtenir une mesure stable après régénération du détecteur avec une nouvelle membrane ou un changement d'électrolyte ou après l'installation d'un détecteur de remplacement.

3.4.2 Per cent (%) is the unit used to express the actual oxygen concentration as a percentage of the solubility of oxygen in the test sample at the actual conditions of barometric pressure, temperature and composition of sample.

3.4.3 The unit for the expression of dissolved oxygen concentration, cO_2 , as a ratio of the mass of dissolved oxygen to the mass of water are:

- parts per million (ppm) \longrightarrow $mg\ kg^{-1}$
- parts per billion (10^{-9}) \longrightarrow $\mu g\ kg^{-1}$

NOTES

- 1 Although ppm units are used in this standard, it is preferable to use the units of $\mu g\ l^{-1}$ or $mg\ l^{-1}$.
- 2 For most practical applications the density of water is so close to $1\ 000\ kg\ m^{-3}$ that $mg\ l^{-1}$ and ppm are used interchangeably. When the density of the sample deviates significantly from 1, appropriate corrections should be made.

3.4.4 The units for the expression of temperature sensitivity are $\mu A/mg/^\circ C$.

3.4.5 The units of oxygen consumption are expressed as $mg/h/ppm$ for dissolved oxygen sensors and $mg/h/\% O_2$ for gaseous oxygen sensors.

3.5 Zero drift

The shift in reading for zero calibration mixture over a stated period of time.

The zero drift expressed in μA per hour or per day if referring to the sensor unit; in per cent of full scale range per hour or day if referring to the whole analyzer.

3.6 Span drift

The shift in reading for zero calibration mixture over a stated period of time.

The span drift is expressed in μA per hour or per day if referred to the sensor unit; in per cent of full-scale range per hour or day if referred to the whole analyzer.

3.7 Polarization voltage

The voltage applied to an amperometric cell which is driven with an external power supply. It is selected such that a linear relationship exists between the sensor current and the oxygen concentration.

3.8 Sensitivity

The change in electrode current caused by a unit change in oxygen concentration.

3.9 Stabilization time

The time necessary for obtaining a stable measurement after regeneration of the sensor with a new membrane or electrolyte change or after installation of a replacement sensor.