

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Expression of performance of electrochemical analyzers –
Part 3: Electrolytic conductivity**

**Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs électrochimiques –
Partie 3: Conductivité électrolytique**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60746-3:2002



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2002 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Expression of performance of electrochemical analyzers –
Part 3: Electrolytic conductivity**

**Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs électrochimiques –
Partie 3: Conductivité électrolytique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

Q

ICS 17.020; 71.040

ISBN 978-2-83220-536-5

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Definitions	5
4 Procedure for specification	8
4.1 Additional statements on sensor units	8
4.2 Additional statements on electronic units	8
4.3 Additional statements on complete analyzers	8
5 Recommended standard values and ranges of influence quantities affecting the performance of electronic units.....	8
6 Verification of values	8
6.1 General aspects	9
6.2 Calibration.....	9
6.3 Test solutions.....	9
6.4 Test procedures	10
Annex A (informative) Electrolytic conductivity values of potassium chloride calibration solutions and pure water	12
Annex B (informative) Electrolytic conductivity values of aqueous sodium chloride solutions	13
Annex C (normative) Alternative procedures for measuring response times: delay (T_{10}), rise (fall) (T_r , T_f) and 90 % (T_{90}) times	15
Annex D (informative) Conductivity cells.....	16
Bibliography.....	17
Table A.1 – Electrolytic conductivity values.....	12
Table A.2 – Electrolytic conductivity of pure water	12
Table B.1 – Conductivity of sodium chloride solutions at 18 °C	13
Table B.2 – Temperature coefficients for low-concentration sodium chloride solutions	14
Table B.3 – Tentative corrections to sodium chloride solution temperature coefficients	14

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**EXPRESSION OF PERFORMANCE
OF ELECTROCHEMICAL ANALYZERS –****Part 3: Electrolytic conductivity**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60746-3 has been prepared by subcommittee 65D: Analyzing equipment, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement and control.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1985, and constitutes a technical revision.

This standard shall be used in conjunction with IEC 60746-1.

This bilingual version (2012-12) corresponds to the monolingual English version, published in 2002-06.

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

FDIS	Report on voting
65D/85/FDIS	65D/87/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annex C forms an integral part of this standard.

Annexes A, B and D are for information only.

IEC 60746 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

Part 6: Conductivity effect of foreign ions in ultrapure waters, from combined conductivity and pH¹⁾

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

The contents of the corrigendum of January 2003 have been included in this copy.

¹⁾ Under consideration.

EXPRESSION OF PERFORMANCE OF ELECTROCHEMICAL ANALYZERS –

Part 3: Electrolytic conductivity

1 Scope

This part of IEC 60746 is intended

- to specify terminology, definitions and requirements for statements by manufacturers for analyzers, sensor units, and electronic units used for the determination of the electrolytic conductivity of aqueous solutions;
- to establish performance tests for such analyzers, sensor units and electronic units;
- to provide basic documents to support the applications of quality assurance standards.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60746-1, *Expression of performance of electrochemical analyzers – Part 1: General*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60746, the definitions of IEC 60746-1 apply, together with the following definitions.

3.1

electrolytic conductance

current divided by the potential difference in the case of ionic charge transport within an electrolytic solution filling a conductivity cell:

$$G = \frac{I}{U}$$

where

I is the current through the electrolyte, in amperes (A);

U is the potential difference applied across the electrodes, in volts (V);

G is the electrolytic conductance, in siemens (S).

Electrolytic resistance is the reciprocal of electrolytic conductance with the ohm (Ω) as the unit of measurement

3.2

electrolytic conductivity

formerly called specific conductance, is defined by the equation:

$$\kappa = \frac{j}{E}$$

where

j is the electric current density, in $\text{A}\cdot\text{m}^{-2}$;

E is the electric field strength, in $\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$.

The unit of electrolytic conductivity, κ , is siemens per metre ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$). Electrolytic resistivity is the reciprocal of electrolytic conductivity with the unit of ohmmeter ($\Omega\cdot\text{m}$)

NOTE In practical use, the most commonly employed conductivity unit is microsiemens per centimetre ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) or the corresponding resistivity unit, megohm per centimetre ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)

$$1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} = 10^{-4} \text{S}\cdot\text{m}^{-1} = 1 \text{M}\Omega\cdot\text{cm}.$$

3.3

cell constant of the sensor unit

an electrolytic conductor of a uniform cross-section X and length L is defined by the equation:

$$\kappa_{\text{cell}} = \frac{L}{X}$$

where κ_{cell} is the cell constant, in m^{-1} (see Note 1).

It is usual to measure electrolytic conductivity by means of cells without a uniform cross-section, in which case the κ_{cell} should be determined by means of a reference solution of known electrolytic conductivity.

The relationship between electrolytic conductance and electrolytic conductivity is defined by the equation:

$$\kappa = \kappa_{\text{cell}} \times G$$

where

κ is the electrolytic conductivity, in $\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$;

G is the electrolytic conductance, in S ;

κ_{cell} is the cell constant, in m^{-1} .

NOTE 1 In practical use, κ_{cell} is generally expressed in cm^{-1} , κ in $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ and G in μS (see 3.2).

NOTE 2 The cell constant will normally have a constant value over a stated range (see 4.1). Outside this range, it should be expected that polarization or other effects will produce errors (see 3.4 and annex D).

3.4

polarization

effect which occurs at electrode surfaces in an electrolytic solution when the current between the electrodes is such as to produce electrolysis and consequent partial insulation of the electrode surface

To avoid this uncertainty, different measuring methods can be applied (see 3.7, 3.8 and annex D):

- a.c. measurements with a frequency high enough to avoid polarization effects;
- four or six electrode measurements with separated current transporting and potential measuring electrodes;
- inductive or capacitive measurements by coupling between the electrolytic conductor and the electrical measuring circuit through non-conductive media.

In each case, the relationship between the electrolytic conductivity and the measured output quantity is established by the cell constant.

3.5 temperature coefficient

relative increase (or decrease) of the electrolytic conductivity of a solution per kelvin temperature change. The temperature coefficient is dependent on the reference temperature and the nature of the solution.

The following approximate equation can be applied for strong electrolyte solutions where $\kappa > 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ ($1 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)

$$\kappa_t = \kappa_{tr} \times (1 + \alpha \Delta t)$$

where

κ_t is the electrolytic conductivity at temperature t ;

κ_{tr} is the electrolytic conductivity at reference temperature tr ;

Δt is the temperature difference $t - tr$;

α is the temperature coefficient.

In practice, this formula is sufficiently accurate over a small temperature range. For large temperature ranges, it is usually necessary to add higher terms of a polynomial series (such as $\beta(\Delta t)^2 + \gamma(\Delta t)^3 + \dots$) to the above equation, to obtain sufficient accuracy. The percentage temperature coefficient, which is the percentage relative deviation per kelvin from the reference value κ_{tr} , is often used so that

$$\alpha (\%) = 100 \alpha$$

NOTE The manufacturer's literature should be consulted for details of sample temperature compensation technique(s) applied.

3.6 simulator

a series of non-inductive resistors (preferably step-variable, e.g., a decade resistance box), used for the performance tests of conductimetric electronic units, simulating two- and three-electrode sensors

NOTE The minimum step should preferably be $0,01 R$, where R is the reciprocal value of the nominal full range conductivity value. Analogously, the highest resistance value should correspond to the lower limit of the measuring range: if the range begins at zero, the resistance value should be at least $10 R$ for testing at 10 % of the range.

For multi-electrode sensor simulator design, the manufacturer must be consulted.

The temperature sensor may be simulated by another variable precision resistor, e.g., a variable decade resistance box.

3.7 cell capacitance

produced by the electrostatic field existing between the sensor's measuring electrodes due to the high dielectric constant of water. Its value is inversely proportional to the cell constant and expressed by the approximate relationship:

$$C_{\text{cell}} \Psi \frac{7}{K_{\text{cell}}}$$

where

C_{cell} is the cell capacitance, in picofarads (pF: $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$);

K_{cell} is the cell constant, in cm^{-1} ;

C_{cell} may disturb low conductivity measurements made with two- or three-electrode cells when too high a frequency is used. The effect can be reduced by means of phase discrimination within the electronic unit.

3.8

leakage currents

a.c. currents at the measuring frequency flowing from the cell electrodes to local conductive parts in contact with the sample solution.

They effectively alter the cell constant causing measuring uncertainties and arise principally in symmetrical cells, i.e., with similar electrodes side by side.

4 Procedure for specification

See Clause 5 of IEC 60746-1, plus the following.

4.1 Additional statements on sensor units

- a) Type, i.e., flow-through, dip or insertion unit, number of electrodes, if electrodeless whether inductive or capacitive cell (common types of cell are described in annex D).
- b) Cell constant, tolerance and corresponding range of measurement (see 4.3a)).
- c) Type of temperature compensator (for example, Pt100).
- d) Sensor dimensions, mounting and connection details.

4.2 Additional statements on electronic units

- a) Measuring frequency/frequencies.
- b) Cell constant adjustment range.
- c) Type of temperature compensator sensor to which the electronic unit can be connected and maximum permitted resistance of compensator plus connection leads.
- d) Reference temperature adjustment range, if fixed, state temperature.
- e) Range of temperature coefficient adjustment and details of sample temperature compensation that may be applied. If fixed, state value.
- f) Installation details.

4.3 Additional statements on complete analyzers

- a) Measuring ranges (rated and effective).

NOTE Some analyzers employ concentration units, for example, mass % NaCl, g NaOH per litre, etc. For such analyzers, the rated range should be specified on the measurement unit as well as the corresponding conductivity at the rated reference temperature.

- b) Reference temperature for the measurement.
- c) Installation details.

5 Recommended standard values and ranges of influence quantities affecting the performance of electronic units

See annex A of IEC 60746-1.

6 Verification of values

See clause 6 of IEC 60746-1

6.1 General aspects

The parameters required to be set in the electronic unit for the specific combination of the electronic unit and sensor shall be established. These shall include

- the range to be measured and the units for display (if a display is fitted);
- the range and type of any transmitted output;
- the type of sample, i.e., a flow-through sample and its flow rate, or a static sample into which the sensor is immersed and its minimum depth;
- the type and range of sample temperature compensation for which verification is required, if applicable.

6.2 Calibration

For accurate calibration of a conductivity analyzer the following parameters are required for adjustment on the electronic unit:

- a) the cell constant (see 3.3 and 4.2 b));
- b) the reference temperature (see 4.2d));
- c) the temperature coefficient or appropriate algorithm (see 4.2e)).

NOTE The exact value of the cell constant can be determined using an appropriate calibration solution (see annex A).

6.3 Test solutions

Test solutions shall be applied in a manner suited to the design of the sensor.

For flow-through sensors, the solutions shall be applied at a flow rate within the manufacturer's stated rated range.

For sensors which can be immersed into test solutions, it is essential that the sensor unit is rinsed several times with water of negligible conductivity (in comparison with the range to be tested) after immersion in one solution prior to immersion in a fresh solution. A good procedure is to keep a second container of each test solution concentration to be used for the final rinse prior to immersion in each respective accurate test solution.

The immersion of sensor probes into containers of test solution exposed to air is not appropriate for measurements below $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

NOTE De-ionized water in an open container absorbs CO_2 ; a typical equilibrium conductivity of approximately $0,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ is eventually reached.

Examples of test solutions are tabulated in annex B.

For low-conductivity solutions below about $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (at 25°C), it is essential that flowing solutions of appropriate conductivities are generated by continuous injection of, e.g., NaCl solutions into a pure water stream at a controlled flow rate. Required concentrations may be determined by extrapolation of values in annex B.

Pure water can only be generated by a circulatory de-ionization system: standard test solutions shall be generated from such water.

6.4 Test procedures

The following test procedures shall be carried out as described in IEC 60746-1, using the appropriate test solutions.

- a) Intrinsic uncertainty
- b) Linearity uncertainty

NOTE 1 Deviations from linearity of the sensor unit may be produced at high conductivities by polarization with too low a measuring frequency, and at low conductivities by cell capacitance with too high a frequency. Conductivity analyzers that incorporate frequency selection permit simple verification. For analyzers without frequency selection, polarization errors can be revealed by using test solutions at the upper range (approximately 80 % – 100 %). Capacitance uncertainties may be demonstrated by parallel connection of a capacitor of approximately the value given by the equation in 3.7 to the electronic unit input, i.e., to the cell electrodes (for four- and six-electrode cells, the inner voltage electrodes): if an increase of displayed value is observed, the capacitance uncertainty is about the same.

- c) Repeatability
- d) Output fluctuation
- e) Warm-up time
- f) Drift

NOTE 2 Drift is generally reported as a linear regression in two ways, short term over a period in the range of 1 h to 24 h and for a longer period in the range of 30 days to 100 days.

- g) Response times

NOTE 3 These are given in detail in annex C, where method A is the preferred and the only method appropriate to flow-through cells.

- h) Sample temperature

Uncertainties caused by variation of the sample temperature shall be determined at two points near the lower and higher limits of the measuring range. Measurements shall be made at the reference sample temperature, then at the lowest temperature within the compensation range (see 4.2d) and 4.2e)), and repeated at the highest temperature within that range.

NOTE 4 For flowing samples, this may be achieved by passage of the solution through a stainless-steel heat exchanger prior to the sensor.

- i) Primary influence quantities

Response to the following influence quantities will generally need to be determined using two test solutions near the higher and lower ends of the range. Influence quantities should first be applied at the reference value then the two limits (upper and lower) of the rated range. Final measurement should be made when the quantity is returned to the reference value.

Variations in electrical supply characteristics usually affect the electronics unit only and may be tested with only one solution at the mid-point of the span. These tests may be carried out on the electronics unit alone, using resistors to simulate the mid-point of the range for conductivity and the temperature sensor.

- Ambient temperature
- Humidity
- Sample flow-rate
- Sample pressure
- Sample outlet pressure (if different from above)
- Vibration
- Supply voltage
- AC supply frequency, or
- DC supply ripple and impedance
- Electromagnetic compatibility

Additional influence quantities which may require verification for specific applications are listed in IEC 60746-1. In addition to those listed, the following parameters may require verification.

j) Range of cell constant adjustment (electronic unit)

Using a test solution near the mid-point of the range, verify the possibility of increasing and/or reducing the displayed value within a variation range not less than the manufacturer's stated adjustment range. Repeat with other test solutions near the lower and higher limits of the measuring range. An appropriate simulator may be used (see 3.6).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60746-3:2002

Annex A (informative)

Electrolytic conductivity values of potassium chloride calibration solutions and pure water

Table A.1 – Electrolytic conductivity values

Calibration solution	Molal concentration m (mol KCl per kg water)	Mass of KCl per kg water	Temperature °C	Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Temperature coefficient
A	1	74,551 g	25	111 070	
B [1]	0,1	7,455 1 g	0	7 115,85	0,030 5
		(or 107,456 g solution A and 900 g water)	25	12 824,6	0,019 0
			50	19 180,9	0,013 5
C [1]	0,01	0,745 6 g	0	772,921	0,031 2
		(or 100,746 g solution B and 900 g water)	25	1 408,23	0,019 6
			50	2 123,43	0,013 8
D	0,001	0,074 6 g (or 100,075 g solution C and 900 g water)	25	146,87	
E [2]	0,000 5	0,037 3 g (or 100,075 g solution C and 900 g water)	25	73,87	
Intermediate conductivity values at temperatures within ± 20 °C of stated reference temperatures can be obtained with an accuracy of better than 1 % using the relationship: $\kappa_t = \kappa_{tr} (1 + \alpha \Delta t)$ where κ_t is the conductivity at temperature, t; κ_{tr} is the tabulated value of nearest reference temperature tr; α is the temperature coefficient at tr; $\Delta t = t - tr$ For the preparation of the solution, KCl of analytical grade dried for at least 2 h at 220 °C to 240 °C shall be used. De-ionized water, with negligible conductivity compared with the stated value and preferably lower than $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (at 25 °C) shall be used (see 6.3). Tabulated conductivity values include the contribution of water: for solutions D and E, the conductivity of the de-ionized water must be taken into account. NOTE In the absence of a low-conductivity standard solution, solution E is included.					

Table A.2 – Electrolytic conductivity of pure water

Temperature °C	Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Temperature °C	Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
0	0,010 74	50	0,174 4
10	0,022 55	60	0,251 7
20	0,042 01	70	0,349 2
25	0,055 44	80	0,467 0
30	0,072 02	90	0,605 9
40	0,114 9	100	0,763 1
NOTE Data are selected from [3] ¹⁾ .			
¹⁾ Figures in square brackets refer to the bibliography.			

Annex B (informative)

Electrolytic conductivity values of aqueous sodium chloride solutions

Conductivity values have been interpolated from the data developed by G.F. Hewitt [4], [5] with a stated accuracy of $\pm 0,25\%$.

For the preparation of the solutions, de-ionized water with negligible conductivity compared with the stated value shall be used and sodium chloride of analytical grade dried for at least 2 h at 220 °C to 240 °C.

Tabulated values are for a temperature of 18 °C. Values for other temperatures can be calculated from the equation

$$\kappa_t = \kappa_{18} [1 + \alpha(t - 18)]$$

where α is the temperature coefficient (table B.2 corrected by table B.3).

Table B.1 – Conductivity of sodium chloride solutions at 18 °C

Molal concentration m (mol NaCl ^a per kg water)	Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Molal concentration m (mol NaCl ^a per kg water)	Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Molal concentration m (mol NaCl ^a per kg water)	Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
2×10^{-4}	21,5	1×10^{-2}	1 016	1,0	73 290
4×10^{-4}	42,91	2×10^{-2}	1 983	1,2	86 270
6×10^{-4}	64,14	4×10^{-2}	3 853	1,4	96 240
8×10^{-4}	85,30	6×10^{-2}	5 669	1,6	106 700
1×10^{-3}	106,4	8×10^{-2}	7 444	1,8	116 600
2×10^{-3}	210,7	1×10^{-1}	9 190	2,0	125 400
4×10^{-3}	415,9	2×10^{-1}	17 430	2,5	145 700
6×10^{-3}	618,0	4×10^{-1}	32 720	3,0	163 800
8×10^{-3}	817,8	6×10^{-1}	47 150	3,5	179 000
		8×10^{-1}	60 650	4,0	190 900
				4,5	200 000
				5,0	206 800
				5,5	211 800
				6,0	215 400

a 1 mol NaCl = 58,443 g.

Table B.2 – Temperature coefficients for low-concentration sodium chloride solutions

Temperature °C	Temperature coefficient α	Temperature °C	Temperature coefficient α
0	0,021 1 ₈	80	0,026 1 ₈
10	0,021 9 ₈	90	0,026 4 ₃
20	0,022 7 ₇	100	0,026 6 ₀
30	0,023 5 ₃	110	0,026 6 ₉
40	0,024 2 ₃	120	0,026 7 ₄
50	0,024 8 ₆	130	0,026 7 ₅
60	0,025 3 ₉	140	0,026 7 ₈
70	0,025 8 ₄	150	0,026 8 ₄

Table B.3 – Tentative corrections to sodium chloride solution temperature coefficients

Temperature °C	Molal concentration NaCl m				
	0,01	0,1	0,2	0,5	1,0
0	–0,000 1	–0,000 4	–0,000 9	–0,001 2	–0,001 0
50	–0,000 1	–0,000 4	–0,000 7	–0,000 6	–0,000 4
100	–0,000 1	–0,000 2	–0,000 4	–0,000 6	+0,000 4

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60746-3:2002

Annex C

(normative)

Alternative procedures for measuring response times: delay (T_{10}), rise (fall) (T_r , T_f) and 90 % (T_{90}) times

C.1 Procedure A

A recorder is connected to the output terminals of the analyzer. The inlet of the flow-through sensor is fitted with a two-way stopcock to supply alternate test solutions. An insertion sensor may be suitably mounted within, e.g., a tube, preferably plastic, fitted with an inlet equipped with a two-way stopcock, and outlet. A test solution representing the minimum rated value (or approximately 2-5 % above) is supplied until a constant reading on the recorder is obtained. The two-way stopcock is switched to supply a test solution representing the maximum rated value (or approximately 2-5 % below) and a mark is made on the recorder chart. The maximum value test solution is supplied until a constant reading is obtained. The stopcock is switched back to the minimum value solution and a second mark is made on the recorder chart: the minimum value solution is supplied until a constant reading is obtained.

For flow-through sensors, the flow rate of the solutions shall be adjusted to the maximum specified by the manufacturer for the equipment. The temperature of solutions and sensor unit shall be constant within $\pm 0,5$ °C and shall be reported with other results.

The values for delay time (T_{10}) and 90 % time (T_{90}), for both increasing and decreasing step changes, rise time (T_r) and fall time (T_f), are determined from the chart speed. The larger of the two delay, rise or fall and 90 % times are reported.

C.2 Procedure B

Procedure B is similar to procedure A except that the sensor unit is immersed alternately in two tanks, one containing a stirred test solution representing the minimum rated electrolytic conductivity value and the other containing a stirred test solution representing the maximum rated electrolytic conductivity value. When transferring the sensor unit from one tank to the other, the sensor unit is shaken but neither wiped nor rinsed. The sensor unit is left in the tanks until constant readings are obtained.

Annex D (informative)

Conductivity cells

D.1 Multiple electrode sensors

Lower conductivity range sensors are designed with two electrodes in contact with the solution, those for the lowest range of cell constants with large, concentric, metal electrodes. Sensors with larger cell constants require a reduction in area and an increase in separation (see 3.3), which is often achieved with two rings of conductor inset into an insulating tube. Two-electrode sensors offer no electrical isolation from the bulk of the sample. To overcome this problem three-electrode sensors use two outer guard electrodes connected together forming the low input to the electronics unit. To measure the very highest conductivities these guard electrodes themselves have to be isolated from the analyzer signal path leading to four-electrode and six-electrode designs with two outer guard electrodes, two current-sourcing electrodes and two voltage-sensing electrodes as the innermost conductors.

For a full description of these techniques, the reader should consult specialist texts [6], [7]. All these designs may be specified and receive performance verification by procedures in this standard.

D.2 Inductive conductivity sensors

This type of sensor, often called electrodeless, is generally only suitable for conductivities above $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ and offers complete electrical insulation from the sample. The sensor consists of an electrical transformer with the primary winding excited by the electronics unit. The secondary is effectively a shorted turn of sample solution within an insulating tube. As the solution conductivity rises, the shorted turn draws more current from the primary winding. For a comprehensive explanation of the theoretical aspects, the reader should refer to specialist texts.

Inductive conductivity sensors may be specified and tested by procedures in this document but verification tests are generally easier to carry out with actual solutions than with a simulation circuit.

D.3 Capacitive conductivity sensors (also termed electrodeless)

The measurement cell is mounted between the plates of a capacitor in a resonance circuit. The current flowing in the circuit is a function, not generally linear, of sample conductivity. The method is rarely used for process analyzers.

Bibliography

- [1] Wu, Y.P., Koch, W.F., Pratt, K.W., J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol., 1991, 96, 191
- [2] Harned, H.S., Owen, B.B., *The Physical Chemistry of Electrolytic Solutions*, 2nd ed., Reinhold, New York 1958, p. 537
- [3] Mussini, P.R., Meyer, G., Mussini, T., *Chimica Oggi/Chemistry Today*, 1995, September
- [4] Hewitt, G.F., PhD Thesis, University of Manchester, 1957
- [5] Hewitt, G.F., Report R3497, UKAEA, Harwell, 1960
- [6] Lopatin, B.A., *Conductivity and Oscillometry*, Israel Programme for Scientific Translations, 1971
- [7] Shedlovsky T., *The Electrical Conductivity of Some Univalent Electrolytes in Water at 25 °C*, J. Amer. Chem. Soc., Vol. 54, 1411, 1932

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60746-3:2002

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	19
1 Domaine d'application	21
2 Références normatives	21
3 Définitions	21
4 Procédure pour la spécification	24
4.1 Informations complémentaires concernant les détecteurs	24
4.2 Informations complémentaires concernant les unités électroniques	24
4.3 Informations complémentaires concernant les analyseurs complets	24
5 Valeurs et domaines normalisés recommandés pour les grandeurs d'influence affectant les qualités de fonctionnement des unités électroniques	25
6 Vérification des valeurs	25
6.1 Considérations générales	25
6.2 Etalonnage	25
6.3 Solutions d'essai	25
6.4 Procédures d'essai	26
Annexe A (informative) Valeurs de conductivité électrolytique de solutions d'étalonnage de chlorure de potassium et d'eau pure	28
Annexe B (informative) Valeurs de conductivité électrolytique de solutions aqueuses de chlorure de sodium	29
Annexe C (normative) Autres procédures pour la mesure des temps de réponse: temps de retard (T_{10}), temps de montée (descente) (T_r , T_f) et temps de réponse à 90 % (T_{90})	31
Annexe D (informative) Cellules de conductivité	32
Bibliographie	33
Tableau A.1 – Valeurs de conductivité électrolytique	28
Tableau A.2 – Conductivité électrolytique de l'eau pure	28
Tableau B.1 – Conductivité des solutions de chlorure de sodium à 18 °C	29
Tableau B.2 – Coefficients de température des solutions de chlorure de sodium à faible concentration	30
Tableau B.3 – Corrections provisoires des coefficients de température d'une solution de chlorure de sodium	30

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**EXPRESSION DES QUALITÉS DE FONCTIONNEMENT
DES ANALYSEURS ÉLECTROCHIMIQUES –****Partie 3: Conductivité électrolytique**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.

La Norme internationale CEI 60746-3 a été établie par le sous-comité 65D: Appareils pour l'analyse de composition, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1985, et constitue une révision technique.

La présente norme doit être utilisée conjointement avec la CEI 60746-1.

La présente version bilingue (2012-12) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2002-06.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 65D/85/FDIS et 65D/87/RVD.

Le rapport de vote 65D/87/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'Annexe C fait partie intégrante de la présente norme.

Les Annexes A, B et D, sont données uniquement à titre d'information.

La CEI 60746 est composée des parties suivantes, 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 capteurs ampérométriques recouverts d'une membrane
- Partie 5: Potentiel d'oxydoréduction ou potentiel redox
- Partie 6: Effet de conductivité des ions dans les eaux ultra-pures, à partir de mesures combinées de la conductivité et du pH¹

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. À cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu du corrigendum de janvier 2003 a été pris en considération dans le présent document.

¹ À l'étude.

EXPRESSION DES QUALITÉS DE FONCTIONNEMENT DES ANALYSEURS ÉLECTROCHIMIQUES –

Partie 3: Conductivité électrolytique

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60746 a pour but:

- de spécifier la terminologie, les définitions et les exigences relatives aux énoncés des caractéristiques par les constructeurs d'analyseurs, de détecteurs et d'unités électroniques utilisés pour la détermination de la conductivité électrolytique des solutions aqueuses;
- d'établir les essais de qualité de fonctionnement pour ces analyseurs, détecteurs et unités électroniques;
- de fournir des documents de base dans le cadre de l'application des normes d'assurance qualité.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60746-1, *Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs électrochimiques – Partie 1: Généralités*

3 Définitions

Dans le cadre de la présente partie de la CEI 60746, les définitions contenues dans la CEI 60746-1 s'appliquent, ainsi que les définitions suivantes:

3.1

conductance électrolytique

rapport du courant à la différence de potentiel dans le cas du transport de charges ioniques dans une solution électrolytique remplissant une cellule de conductivité:

$$G = \frac{I}{U}$$

où

I est le courant traversant l'électrolyte, en ampères (A);

U est la différence de potentiel entre électrodes, en volts (V);

G est la conductance électrolytique, en siemens (S).

La résistance électrolytique est l'inverse de la conductance électrolytique, l'unité de mesure étant l'ohm (Ω)

3.2

conductivité électrolytique

appelée autrefois conductance spécifique, est définie par l'équation:

$$\kappa = \frac{j}{E}$$

où

j est la densité de courant électrique, en $\text{A}\cdot\text{m}^{-2}$;

E est l'intensité du champ électrique, en $\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$.

L'unité de conductivité électrolytique, κ , est le siemens par mètre ($\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$). La résistivité électrolytique est l'inverse de la conductivité électrolytique, l'unité étant l'ohm-mètre ($\Omega\cdot\text{m}$).

NOTE Dans la pratique, l'unité de conductivité la plus utilisée est le microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) ou l'unité de résistivité correspondante, le mégohm par centimètre ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$).

$$1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} = 10^{-4} \text{S}\cdot\text{m}^{-1} = 1 \text{M}\Omega\cdot\text{cm}.$$

3.3

constante de cellule du détecteur

conducteur électrolytique d'une section transversale uniforme X et longueur L , définit par l'équation:

$$\kappa_{\text{cell}} = \frac{L}{X}$$

où κ_{cell} est la constante de cellule, en m^{-1} (voir Note 1).

Il est d'usage de mesurer la conductivité électrolytique au moyen de cellules dont la section transversale n'est pas uniforme, auquel cas il convient que κ_{cell} puisse être déterminé au moyen d'une solution de référence de conductivité électrolytique connue.

La relation entre la conductance électrolytique et la conductivité électrolytique est définie par l'équation:

$$\kappa = \kappa_{\text{cell}} \times G$$

où

κ est la conductivité électrolytique, en $\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$;

G est la conductance électrolytique, en S ;

κ_{cell} est la constante de cellule, en m^{-1} .

NOTE 1 En pratique, κ_{cell} est généralement exprimé en cm^{-1} , κ en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et G en μS (voir 3.2).

NOTE 2 La constante de cellule aura normalement une valeur constante dans une plage donnée (voir 4.1). En dehors de cette plage, il convient de s'attendre à ce que les effets de polarisation produisent des erreurs (voir 3.4 et l'annexe D).

3.4

polarisation

effet pouvant se produire à la surface des électrodes dans une solution électrolytique lorsque le courant entre les électrodes est tel qu'il produit l'électrolyse et en conséquence une isolation partielle de la surface des électrodes

Pour éviter cette incertitude, des méthodes de mesure différentes peuvent être mises en œuvre (voir 3.7, 3.8 et l'annexe D):

- a) mesures en courant alternatif, à une fréquence suffisamment élevée pour éviter les effets de polarisation;
- b) mesures avec quatre ou six électrodes, à savoir des électrodes distinctes pour transporter le courant et mesurer le potentiel;
- c) mesure inductive ou capacitive par couplage entre le conducteur électrolytique et le circuit électrique de mesure à travers un milieu non conducteur.

Dans chaque cas, la relation entre la conductivité électrolytique et la grandeur de sortie mesurée est établie par la constante de cellule.

3.5

coefficient de température

augmentation (ou diminution) relative de la conductivité électrolytique d'une solution par kelvin de variation de température. Le coefficient de température dépend de la température de référence et de la nature de la solution.

L'équation d'approximation suivante peut être appliquée pour des solutions électrolytiques concentrées où $\kappa > 10^{-4} \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$ ($1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

$$\kappa_t = \kappa_{tr} \times (1 + \alpha \Delta t)$$

où

κ_t est la conductivité électrolytique à température t ;

κ_{tr} est la conductivité électrolytique à température de référence tr ;

Δt est la différence de température $t - tr$;

α est le coefficient de température.

En pratique, cette formule est suffisamment précise dans une petite plage de températures. Pour des plages plus importantes, on a coutume d'ajouter à l'équation ci-dessus des termes d'ordre plus élevés d'une série polynomiale (telle que $\beta(\Delta t)^2 + \gamma(\Delta t)^3 + \dots$) afin d'obtenir une précision suffisante. On utilise souvent le coefficient de température en pour-cent, qui est le pourcentage de déviation relative par kelvin de la valeur de référence κ_{tr} , tel que:

$$\alpha (\%) = 100 \alpha$$

NOTE Il convient de se référer à la documentation du constructeur pour connaître la (les) technique(s) de compensation en température de l'échantillon utilisée(s).

3.6

simulateur

série de résistances non inductives (de préférence variables par échelons, par exemple, une boîte de résistances à décades), utilisée pour les essais de qualité de fonctionnement des unités électroniques conductimétriques, simulant des détecteurs à deux et trois électrodes

NOTE Il convient que l'échelon minimal soit de préférence de $0,01 R$, où R est la valeur inverse de la valeur nominale de conductivité pleine échelle. De manière analogue, il convient que la valeur de résistance la plus élevée corresponde à la limite inférieure de la plage de mesure: si la plage commence à zéro, il convient que la valeur de résistance soit supérieure ou égale à $10 R$ pour un essai à 10 % de la plage.

Pour une conception de simulateur de détecteur à électrodes multiples, il faut consulter le constructeur.

Le détecteur de température peut être simulé par une autre résistance de précision variable, par exemple, une boîte de résistances variables à décades.

3.7

capacitance de cellule

produite par le champ électrostatique existant entre les électrodes de mesure du détecteur en raison de la constante diélectrique élevée de l'eau. Sa valeur est inversement proportionnelle à la constante de cellule et est exprimée par le rapport d'approximation:

$$C_{\text{cell}} \Psi \frac{7}{K_{\text{cell}}}$$

où

C_{cell} est la capacitance de cellule, en picofarads (pF: 1 pF = 10⁻¹² F);

K_{cell} est la constante de cellule, en cm⁻¹;

C_{cell} peut perturber les mesures de faible conductivité effectuées avec des cellules à deux ou trois électrodes, lorsqu'une fréquence trop élevée est utilisée. L'effet peut être réduit à l'aide d'une discrimination de phase dans l'unité électronique

3.8

courants de fuite

courants alternatifs à la fréquence de mesure s'écoulant des électrodes de la cellule vers les éléments conducteurs locaux en contact avec la solution d'échantillon.

Ils modifient la constante de cellule occasionnant des incertitudes de mesure et ont lieu principalement dans les cellules symétriques, avec des électrodes similaires côte à côte.

4 Procédure pour la spécification

Voir l'Article 5 de la CEI 60746-1, ainsi que les points suivants:

4.1 Informations complémentaires concernant les détecteurs

- Type, c'est-à-dire unité à circulation, à immersion ou à insertion; nombre d'électrodes; en cas de conception sans électrode, cellule inductive ou capacitive (les types courants de cellules sont décrits en annexe D).
- Constante, tolérance de cellule et plage de mesures correspondante (voir 4.3a)).
- Type de compensateur de température (par exemple, Pt 100).
- Dimensions du détecteur, détails concernant le montage et la connexion.

4.2 Informations complémentaires concernant les unités électroniques

- Fréquence/fréquences de mesure.
- Plage de réglage de la constante de cellule.
- Type de détecteur compensateur de température auquel l'unité électronique peut être connectée et résistance maximale autorisée du compensateur et des conducteurs de connexion.
- Plage de réglage de la température de référence; température spécifiée, si déterminée.
- Plage de réglage du coefficient de température et détails concernant la compensation en température de l'échantillon pouvant être appliquée. Valeur spécifiée, si déterminée.
- Détails d'installation.

4.3 Informations complémentaires concernant les analyseurs complets

- Plages de mesure (assignés et effectifs).

NOTE Certains analyseurs utilisent des unités de concentration, par exemple, % de masse NaCl, g NaOH par litre, etc. Pour de tels analyseurs, il convient que la plage assignée soit spécifiée sur l'unité de mesure, ainsi que la conductivité correspondante à la température de référence assignée.

- b) Température de référence pour la mesure.
- c) Détails d'installation.

5 Valeurs et domaines normalisés recommandés pour les grandeurs d'influence affectant les qualités de fonctionnement des unités électroniques

Voir l'annexe A de la CEI 60746-1.

6 Vérification des valeurs

Voir l'Article 6 de la CEI 60746-1.

6.1 Considérations générales

Les paramètres nécessaires à la configuration de l'unité électronique, pour la combinaison spécifique de celle-ci et du détecteur, doivent être déterminés. Ceci doit inclure:

- la plage à mesurer et les unités d'affichage (si équipé d'un afficheur);
- la plage et le type de tout signal de sortie transmis;
- le type d'échantillon, par exemple, un échantillon à circulation et son débit, ou un échantillon statique dans lequel le détecteur est immergé et sa profondeur minimale;
- le type et la plage de compensation en température de l'échantillon pour lequel la vérification est nécessaire, le cas échéant.

6.2 Etalonnage

Pour l'étalonnage précis d'un analyseur de conductivité, les paramètres suivants sont nécessaires pour le réglage de l'unité électronique:

- a) la constante de cellule (voir 3.3 et 4.2 b));
- b) la température de référence (voir 4.2 d));
- c) le coefficient de température ou l'algorithme approprié (voir 4.2 e)).

NOTE La valeur exacte de la constante de cellule peut être déterminée au moyen de la solution d'étalonnage appropriée (voir l'Annexe A).

6.3 Solutions d'essai

Les solutions d'essai doivent être appliquées en fonction du type de détecteur.

Pour les détecteurs à circulation, les solutions doivent être appliquées à un débit compris dans la plage assignée spécifiée par le constructeur.

Pour les détecteurs pouvant être immergés dans une solution d'essai, il est essentiel que le détecteur soit rincé plusieurs fois avec de l'eau dont la conductivité est négligeable (par rapport à la plage à soumettre aux essais) après immersion dans une solution et avant immersion dans une solution préalablement renouvelée. Une procédure correcte est de garder un deuxième récipient de chaque concentration de solution d'essai à utiliser pour le rinçage final avant immersion dans chaque solution d'essai correspondant.

L'immersion d'échantillons de détecteur dans des récipients de solution d'essai exposée à l'air n'est pas appropriée pour les mesures inférieures à $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

NOTE De l'eau déionisée dans un récipient ouvert absorbe le CO_2 ; une conductivité d'équilibre typique d'environ $0,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ est finalement atteinte.

Des exemples de solutions d'essai sont présentés sous forme de tableaux à l'annexe B.

Pour les solutions à conductivité faible, inférieures à $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (à 25°C), il est essentiel que les solutions à circulation, de conductivité appropriée, soient générées par une injection continue, par exemple, de solutions NaCl dans un courant d'eau pure à un débit contrôlé. Les concentrations nécessaires peuvent être déterminées par extrapolation des valeurs indiquées en annexe B.

De l'eau pure ne peut être générée que par un système de déionisation circulaire: les solutions d'essai types doivent être générées à partir d'une telle eau.

6.4 Procédures d'essai

Les procédures d'essai suivantes doivent être effectuées conformément à la CEI 60746-1, en utilisant les solutions d'essai appropriées.

- a) Incertitude intrinsèque
- b) Incertitude de linéarité

NOTE 1 Des écarts de la linéarité du détecteur peuvent être dues, à des conductivités élevées, par polarisation à une fréquence de mesure trop faible et, à des conductivités faibles, par capacitance de cellule à une fréquence trop élevée. Les analyseurs de conductivité incluant une sélection de fréquence, permettent d'effectuer une vérification simple. Pour les analyseurs sans sélection de fréquence, les erreurs de polarisation peuvent être révélées par utilisation de solutions d'essai dans la plage supérieure (environ 80 % à 100 %). Des incertitudes de capacitance peuvent être démontrées par la connexion parallèle d'un condensateur d'une valeur environ égale à l'équation donnée dans en 3.7 à l'entrée de l'unité électronique, par exemple, aux électrodes de la cellule (pour les cellules à quatre et six électrodes, les électrodes de tension intérieures): si une augmentation de la valeur affichée est constatée, l'incertitude de capacitance est environ de valeur identique.

- c) Répétabilité
- d) Fluctuation du signal de sortie
- e) Temps de préchauffage
- f) Dérive

NOTE 2 Une dérive est généralement signalée comme une régression linéaire de deux manières différentes: une période courte d'une durée de 1 h à 24 h et une période plus longue d'une durée de 30 jours à 100 jours.

- g) Temps de réponse

NOTE 3 Ils sont détaillés en annexe C. La meilleure procédure est la procédure A, c'est la seule procédure appropriée pour les cellules à circulation.

- h) Température de l'échantillon

Les incertitudes causées par la variation de température de l'échantillon doivent être déterminées à deux points à proximité des limites inférieure et supérieure de la plage de mesures. Les mesures doivent être effectuées à la température de référence de l'échantillon, puis à la température inférieure de la plage de compensation (voir 4.2 d) et 4.2 e)) et enfin à la température supérieure de la plage.

NOTE 4 Pour les échantillons à circulation, les mesures peuvent être effectuées par circulation de la solution dans un échangeur de chaleur en acier inoxydable avant le détecteur.

- i) Principales grandeurs d'influence

La réaction aux grandeurs d'influence suivantes doit généralement être déterminée à l'aide de deux solutions d'essai à proximité des limites supérieure et inférieure de la plage. Il convient que les grandeurs d'influence soient d'abord appliquées à la valeur de

référence puis aux deux limites (supérieure et inférieure) du domaine assigné. Il convient de faire la mesure finale quand la grandeur est renvoyée à la valeur de référence.

Des variations dans les caractéristiques de l'équipement électrique affectent en général l'unité électronique seule et peuvent être soumises aux essais avec une seule solution au point milieu de la plage. Ces essais peuvent être effectués sur les unités électroniques prises isolément, à l'aide de résistances, pour simuler le point milieu de la plage de conductivité, et du détecteur de température.

- Température ambiante
- Humidité
- Débit de l'échantillon
- Pression de l'échantillon
- Pression de sortie de l'échantillon (si différent de la pression ci-dessus);
- Vibrations;
- Tension d'alimentation
- Fréquence de l'alimentation en courant alternatif, ou
- Ondulation d'alimentation en courant continu et impédance
- Compatibilité électromagnétique

La liste des grandeurs d'influence supplémentaires pouvant nécessiter une vérification pour des applications spécifiques se trouve dans la CEI 60746-1. En complément des paramètres se trouvant dans la liste, les paramètres suivants peuvent nécessiter une vérification:

j) Plage de mesures d'une constante de cellule (unité électronique)

En utilisant une solution d'essai près du point milieu d'une plage, vérifier la possibilité d'augmenter et/ou de diminuer la valeur affichée dans une plage de variation qui n'est pas inférieure à la plage de mesures indiquée par le constructeur. Répéter la procédure avec d'autres solutions d'essai à proximité des limites supérieure et inférieure de la plage de mesures. Un simulateur approprié peut être utilisé (voir 3.6).

Annexe A (informative)

Valeurs de conductivité électrolytique de solutions d'étalonnage de chlorure de potassium et d'eau pure

Tableau A.1 – Valeurs de conductivité électrolytique

Solution d'étalonnage	Concentration molaire m (mol KCl par kg d'eau)	Masse de KCl par kg d'eau	Température °C	Conductivité $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Coefficient de température
A	1	74,551 g	25	111 070	
B [1]	0,1	7,455 1 g	0	7 115,85	0,030 5
		(ou 107,456 g de solution A et 900 g d'eau)	25	12 824,6	0,019 0
			50	19 180,9	0,013 5
C [1]	0,01	0,745 6 g	0	772,921	0,031 2
		(ou 100,746 g de solution B et 900 g d'eau)	25	1 408,23	0,019 6
			50	2 123,43	0,013 8
D	0,001	0,074 6 g (ou 100,075 g de solution C et 900 g d'eau)	25	146,87	
E [2]	0,000 5	0,037 3 g (ou 100,075 g de solution C et 900 g d'eau)	25	73,87	

Des valeurs de conductivité intermédiaires à des températures à ± 20 °C par rapport aux températures de référence peuvent être obtenues avec une précision supérieure à 1 % en utilisant l'équation:

$$\kappa_t = \kappa_{tr} (1 + \alpha \Delta t)$$

où

κ_t est la conductivité à la température t ;

κ_{tr} est la valeur du tableau la plus proche de la température de référence tr ;

α est le coefficient de température à tr ;

$\Delta t = t - tr$

Pour la préparation de la solution, on doit utiliser du KCl de qualité analytique, séché pendant au moins 2 h entre 220 °C et 240 °C. De l'eau déionisée, de conductivité négligeable par rapport aux valeurs indiquées, doit être utilisée, et de préférence de moins de $1\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (à 25 °C) (voir 6.3).

Ces valeurs de conductivité, présentées sous forme de tableaux, incluent la contribution de l'eau: pour les solutions D et E, la conductivité de l'eau dé-ionisée doit être prise en compte.

NOTE En l'absence d'une solution d'étalonnage de conductivité faible, la solution E est incluse.

Tableau A.2 – Conductivité électrolytique de l'eau pure

Température °C	Conductivité $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Température °C	Conductivité $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
0	0,010 74	50	0,174 4
10	0,022 55	60	0,251 7
20	0,042 01	70	0,349 2
25	0,055 44	80	0,467 0
30	0,072 02	90	0,605 9
40	0,114 9	100	0,763 1

NOTE Les données ont été sélectionnées dans [3]¹⁾.

¹⁾ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.