

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60746-3

Première édition
First edition
1985-01

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

**Troisième partie:
Conductivité électrolytique**

**Expression of performance of electrochemical
analyzers**

**Part 3:
Electrolytic conductivity**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60746-3: 1985

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* (IEV).

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**

60746-5

Première édition
First edition
1985-01

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

**Troisième partie:
Conductivité électrolytique**

**Expression of performance of electrochemical
analyzers**

**Part 3:
Electrolytic conductivity**

© IEC 1985 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



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
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	6
3.1 Conductance électrolytique	6
3.2 Conductivité électrolytique	6
3.3 Constante de cellule du détecteur	8
3.4 Coefficient de température	8
3.5 Tension d'entrée en mode commun	10
3.6 Taux de réjection en mode d'entrée commun (RMCE)	10
4. Présentation des caractéristiques	10
4.1 Informations relatives aux détecteurs	10
4.2 Informations complémentaires concernant les unités électroniques	10
4.3 Informations complémentaires concernant les analyseurs complets	12
5. Valeurs normales et domaines normaux recommandés pour les grandeurs d'influence affectant les qualités de fonctionnement des unités électroniques	12
6. Vérification des valeurs	12
6.1 Généralités	12
6.2 Solutions d'étalonnage et d'essai	12
6.3 Procédures d'essai	14
ANNEXE A – Valeurs de conductivité électrolytique de solutions d'étalonnage de chlorure de potassium	22
ANNEXE B – Solutions d'essai – Tables de résistivité de solutions aqueuses de chlorure de sodium	24
ANNEXE C – Autres procédures pour le mesure du temps de retard (T_{10}), du temps de montée (descente) (T_r , T_f) et du temps de réponse à 90% (T_{90})	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	7
3.1 Electrolytic conductance	7
3.2 Electrolytic conductivity	7
3.3 Cell constant of the sensor unit	9
3.4 Temperature coefficient	9
3.5 Common mode input voltage	11
3.6 Input common mode rejection ratio (CMRR)	11
4. Procedure for statement	11
4.1 Statements on sensor units	11
4.2 Additional statements on electronic units	11
4.3 Additional statements on complete analyzers	13
5. Recommended standard values and ranges of influence quantities affecting the performance of electronic units	13
6. Verification of values	13
6.1 General	13
6.2 Calibration solutions and test solutions	13
6.3 Test procedures	15
APPENDIX A – Electrolytic conductivity values of potassium chloride calibration solutions	23
APPENDIX B – Test solutions – Tables of the resistivity of aqueous sodium chloride solutions	25
APPENDIX C – Alternative procedures for measuring delay time (T_{10}), rise (fall) time (T_r , T_f) and 90% time (T_{90})	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**EXPRESSION DES QUALITÉS DE FONCTIONNEMENT
DES ANALYSEURS ÉLECTROCHIMIQUES**

Troisième partie: Conductivité électrolytique

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes ou 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.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 66D: Appareils pour l'analyse de composition, du Comité d'Etudes n° 66 de la CEI: Equipement de mesure pour les techniques électroniques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
66D(BC)9	66D(BC)10

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme:

Publication n° 746-1 (1982): Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs électrochimiques,
Première partie: Généralités.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

FOREWORD

- 1) 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.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 66D: Analyzing Equipment, of IEC Technical Committee No. 66: Measuring Equipment for Electronic Techniques.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
66D(CO)9	66D(CO)10

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following IEC publication is quoted in this standard:

Publication No. 746-1 (1982): Expression of Performance of Electrochemical Analyzers, Part 1: General.

EXPRESSION DES QUALITÉS DE FONCTIONNEMENT DES ANALYSEURS ÉLECTROCHIMIQUES

Troisième partie: Conductivité électrolytique

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux analyseurs, détecteurs et unités électroniques employés pour la détermination de la conductivité électrolytique des solutions aqueuses. La Publication 746-1 de la CEI: Expression des qualités de fonctionnement des analyseurs électrochimiques. Première partie: Généralités, comporte des définitions complémentaires du domaine d'application et couvre les aspects généraux de tous les analyseurs électrochimiques, y compris la conductivité électrolytique.

2. Objet

La présente norme est destinée à spécifier la terminologie, les définitions et les exigences relatives aux spécifications des constructeurs, et aux essais de qualités de fonctionnement des analyseurs, des détecteurs et des unités électroniques employés pour la détermination de la conductivité électrolytique des solutions aqueuses.

3. Définitions

Voir l'article 3 de la Publication 746-1 de la CEI avec en plus les définitions suivantes:

3.1 Conductance électrolytique

Le rapport du courant à la différence de potentiel est défini comme la conductance électrolytique dans le cas du transport de charges ioniques.

$$G = \frac{I}{U} \quad (1)$$

où:

I est le courant traversant l'électrolyte, en ampères
 U est la différence de potentiel entre électrodes, en volts
 G est la conductance électrolytique

L'unité de conductance électrolytique est le siemens (S).

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

3.2 Conductivité électrolytique

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

$$\kappa = \frac{j}{E} \quad (2)$$

où:

j est la densité de courant électrique, en $A \cdot m^{-2}$
 E est l'intensité du champ électrique, en $V \cdot m^{-1}$

EXPRESSION OF PERFORMANCE OF ELECTROCHEMICAL ANALYZERS

Part 3: Electrolytic conductivity

1. Scope

This standard is applicable to analyzers, sensor units and electronic units used for the determination of electrolytic conductivity of aqueous solutions. IEC Publication 746-1: Expression of Performance of Electrochemical Analyzers, Part 1: General, includes further definitions of the scope and provides for the general aspects of all electrochemical analyzers, including electrolytic conductivity.

2. Object

This standard is intended to specify the terminology, definitions, requirements for statements by manufacturers and performance tests for analyzers, sensor units and electronic units used for the determination of electrolytic conductivity of aqueous solutions.

3. Definitions

See Clause 3 of IEC Publication 746-1, plus the following:

3.1 *Electrolytic conductance*

The current divided by the potential difference is defined as electrolytic conductance in the case of ionic charge transport.

$$G = \frac{I}{U} \quad (1)$$

where:

I is the current through electrolyte, in amperes

U is the potential difference applied across the electrodes in volts

G is the electrolytic conductance

The unit of electrolytic conductance is the siemens (S).

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

3.2 *Electrolytic conductivity*

Electrolytic conductivity, formerly called specific conductance, is defined by the equation:

$$\kappa = \frac{j}{E} \quad (2)$$

where:

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

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

L'unité de conductivité électrolytique est le $S \cdot m^{-1}$. La résistivité électrolytique est l'inverse de la conductivité électrolytique, l'unité étant l'ohm mètre ($\Omega \cdot m$). Dans le cas d'un conducteur électrolytique de section transversale uniforme A , de longueur l et ayant une conductance électrolytique G (voir paragraphe 3.1), on a

$$\kappa = \frac{Gl}{A} \quad (3)$$

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 le rapport l/A puisse être déterminé au moyen d'une solution de référence de conductivité électrolytique connue. Le rapport l/A est appelé constante de cellule.

Des phénomènes de polarisation peuvent se produire à la surface des électrodes qui influent sur la grandeur mesurée. Pour éviter cette erreur, des méthodes de mesure différentes peuvent être mises en œuvre.

- 1) Mesure en courant alternatif, à une fréquence suffisamment élevée pour éviter les effets de polarisation.
- 2) Mesure avec quatre électrodes, à savoir des électrodes distinctes pour transporter le courant et mesurer le potentiel.
- 3) 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.

3.3 Constante de cellule du détecteur

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

$$\kappa = K_{\text{cell}} \cdot G \quad (4)$$

où:

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

G est la conductance électrolytique, en siemens

K_{cell} est la constante de cellule, en m^{-1} , au lieu de la conductance de cellule

Note. — La constante de cellule aura normalement une valeur constante dans une étendue à spécifier (voir paragraphe 4.1). En dehors de cette étendue, on peut s'attendre à ce que les effets de polarisation produisent des erreurs.

3.4 Coefficient de température

Il est défini comme l'augmentation (ou la diminution) relative de la conductivité électrolytique d'une solution par degré kelvin de variation de température. Le coefficient de température dépend fortement de l'application.

L'équation suivante peut être appliquée:

$$\kappa_t = \frac{\kappa_{t_r}}{(1 + \alpha \Delta t)} \quad (5)$$

ou:

κ_t est la conductivité électrolytique à température t

κ_{t_r} est la conductivité électrolytique à une température de référence t_r

Δt est la différence de température $t - t_r$

α est le coefficient de température

L'unité du coefficient de température est le K^{-1} .

The unit of electrolytic conductivity is $S \cdot m^{-1}$. Electrolytic resistivity is the reciprocal of electrolytic conductivity with units of ohm meter ($\Omega \cdot m$). In the case of an electrolytic conductor of a uniform cross-section A and length l and an electrolytic conductance G (see Sub-clause 3.1), we have

$$\kappa = \frac{Gl}{A} \quad (3)$$

It is usual to measure electrolytic conductivity by means of cells without a uniform cross-section, in which case the quotient l/A should be determined by means of a reference solution of known electrolytic conductivity. The quotient l/A is called the cell constant.

At the electrode surfaces polarization phenomena can occur which influence the measured quantity. To avoid this error, different measuring methods can be applied.

- 1) A.C. measurements with a frequency high enough to avoid polarization effects.
- 2) Four electrode measurements with separated current transporting and potential measuring electrodes.
- 3) 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.

3.3 Cell constant of the sensor unit

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

$$\kappa = K_{\text{cell}} \cdot G \quad (4)$$

where:

κ is the electrolytic conductivity, in $S \cdot m^{-1}$
 G is the electrolytic conductance, in siemens
 K_{cell} is the cell constant, in m^{-1} in place of cell conductance

Note. – The cell constant will normally have a constant value over a stated range (see Sub-clause 4.1). Outside this range it should be expected that polarization effects will produce errors.

3.4 Temperature coefficient

The relative increase (or decrease) of the electrolytic conductivity of a solution per degree kelvin temperature change. The temperature coefficient is strongly dependent on the application.

The following equation can be applied:

$$\kappa_{t_r} = \frac{\kappa_t}{(1 + \alpha \Delta t)} \quad (5)$$

where:

κ_t is the electrolytic conductivity at temperature t
 κ_{t_r} is the electrolytic conductivity at a reference temperature t_r
 Δt is the temperature difference $t - t_r$
 α is the temperature coefficient

The unit of temperature coefficient is K^{-1} .

En pratique, cette formule est suffisamment précise dans une petite étendue de température. Pour des étendues plus importantes, on a coutume d'ajouter à l'équation (5) 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 degré kelvin de la valeur de référence α_t , tel que:

$$\alpha(\%) = 100 \alpha \quad (6)$$

Note. – Dans la pratique, on devra se référer à la documentation du constructeur pour connaître l'effet de la température sur les mesures de conductivité.

3.5 Tension d'entrée en mode commun

Tension appliquée simultanément aux deux bornes d'entrée.

3.6 Taux de réjection de mode commun en entrée (RMCE)

Rapport de l'étendue de tension d'entrée à la variation maximale de la tension de décalage d'entrée dans cette étendue.

4. Présentation des caractéristiques

Voir l'article 4 de la Publication 746-1 de la CEI avec en plus ce qui suit:

Note. – La spécification relative au temps de mise en température n'est pas requise pour les détecteurs. Pour les analyseurs complets, la spécification relative au temps de mise en température se rapporte seulement aux unités électroniques et est validée comme dans la Publication 746-1 de la CEI.

4.1 Informations relatives aux détecteurs

4.1.1 Constante de cellule.

4.1.2 Etendue de compensation en température, le cas échéant.

4.1.3 Type de système de compensation en température, s'il en existe, avec les caractéristiques électriques et les valeurs limites.

4.1.4 Types: à écoulement, à immersion ou autre.

4.1.5 Etendue de débit, dans le cas d'un élément sensible à immersion.

4.1.6 Matériaux en contact avec l'échantillon.

4.1.7 Etendue de pression de service.

4.1.8 Etendue de température de service.

4.1.9 Dimensions du détecteur.

4.2 Informations complémentaires concernant les unités électroniques

4.2.1 Fréquence de mesure.

4.2.2 Etendue de compensation en température, le cas échéant.

4.2.3 Type d'élément de compensation en température du détecteur auquel l'unité électronique peut être adaptée.

4.2.4 Possibilité de réglage pour la température de référence de l'échantillon.

4.2.5 Tension maximale admissible en mode d'entrée commun.

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 equation (5), to obtain sufficient accuracy. The percentage temperature coefficient, which is the percentage relative deviation per degree kelvin from the reference value κ_r , is often used so that:

$$\alpha(\%) = 100 \alpha \quad (6)$$

Note. – In practice, the manufacturers' literature should be consulted when solving the temperature dependence of conductivity measurements.

3.5 *Common mode input voltage*

A voltage that is applied to both input terminals at the same time.

3.6 *Input common mode rejection ratio (CMRR)*

The ratio of the input voltage range to the maximum change in input offset voltage over this range.

4. **Procedure for statement**

See Clause 4 of IEC Publication 746-1, plus the following:

Note. – Warm-up time statement is not required for sensor units. For complete analyzers, statement on warm-up time refers only to electronic units and is validated as in IEC Publication 746-1.

4.1 *Statements on sensor units*

4.1.1 Cell constant.

4.1.2 Temperature compensation range, if applicable.

4.1.3 Type of temperature compensation system, if any, with electrical characteristics and limiting values.

4.1.4 Whether flow-through type, immersion type or other.

4.1.5 Flow range, in the case of a flow-through type sensor unit.

4.1.6 Materials in contact with the sample.

4.1.7 Pressure working range.

4.1.8 Temperature working range.

4.1.9 Sensor dimensions.

4.2 *Additional statements on electronic units*

4.2.1 Measuring frequency.

4.2.2 Temperature compensation range, if applicable.

4.2.3 Type of temperature compensation element of the sensor unit to which the electronic unit can be adapted.

4.2.4 Possibility of adjustment for reference temperature of the sample.

4.2.5 Maximum allowable common mode input voltage.

- 4.2.6 Taux de réjection en mode d'entrée commun (RMCE)*.
- 4.2.7 Tension maximale entre électrodes.
- 4.3 *Informations complémentaires concernant les analyseurs complets*
- 4.3.1 Etendues de mesure de conductivité (assignée et effective).
- 4.3.2 Température de référence de l'échantillon.
- 4.3.3 Coefficient de température ou étendue de coefficient de température utilisés dans la compensation en température.
- 4.3.4 Etendue de réglage de la constante de cellule.
- 4.3.5 Conductivité électrolytique et/ou composition de la solution utilisées pour la compensation en température.

5. **Valeurs normales et domaines normaux recommandés pour les grandeurs d'influence affectant les qualités de fonctionnement des unités électroniques**

Voir l'article 5 de la Publication 746-1 de la CEI.

6. **Vérification des valeurs**

Voir l'article 6 de la Publication 746-1 de la CEI avec en plus ce qui suit:

6.1 *Généralités*

Au cours des mesures avec plus d'une solution d'essai, la manipulation de détecteur décrite au paragraphe 6.1.1 doit être utilisée dans le cas de:

- l'erreur de linéarité, le cas échéant;
- l'erreur de répétabilité;
- l'erreur de stabilité;
- l'effet de la température sur le détecteur.

Lorsqu'on utilise un élément sensible provenant d'un constructeur et une unité électronique provenant d'un autre constructeur, les méthodes d'essais concernant spécifiquement l'unité électronique doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur de l'unité électronique.

- 6.1.1 Dans les cas indiqués ci-dessus, le détecteur doit être rincé plusieurs fois avec de l'eau dont la conductivité est négligeable dans l'étendue assignée de fonctionnement, puis rincé avec de la solution fraîche, et ensuite seulement immergé dans un becher contenant de la solution préalablement renouvelée. Cette procédure devra être répétée chaque fois, dans le cas où plusieurs séries de mesures sont prescrites.

Dans le cas des systèmes à circulation, les vérifications des valeurs doivent être effectuées aux conditions de débit spécifiées par le constructeur.

6.2 *Solutions d'étalonnage et d'essai*

Solutions d'étalonnage, voir l'annexe A.

Solutions d'essai, voir l'annexe B.

* Applicable seulement dans le cas de certains systèmes de mesure de conductivité à quatre électrodes.

4.2.6 Input common mode rejection ratio (CMRR).*

4.2.7 Maximum voltage across the sensor.

4.3 *Additional statements on complete analyzers*

4.3.1 Conductivity measuring ranges (rated and effective).

4.3.2 Reference temperature for the sample.

4.3.3 Temperature coefficient or temperature coefficient range used in the temperature compensation.

4.3.4 Adjustment range for cell constant.

4.3.5 Electrolytic conductivity and/or composition of solution used for temperature compensation.

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

See Clause 5 of IEC Publication 746-1.

6. **Verification of values**

See Clause 6 of IEC Publication 746-1, plus the following.

6.1 *General*

During measurements with more than one test solution, the sensor unit treatment described in Sub-clause 6.1.1 is to be used for:

- linearity error, if applicable;
- repeatability error;
- stability error;
- temperature effect on the sensor unit.

When using a sensor unit of one manufacturer and an electronic unit of another manufacturer, the specific test methods for the electronic unit shall be agreed upon between the user and the manufacturer of the electronic unit.

- 6.1.1 In the above-mentioned cases, the sensor unit shall be rinsed several times with water having a conductivity negligible within the rated operating range, then rinsed with new solution and only then shall it be immersed in a beaker filled with fresh solution. This procedure shall be repeated each time, in the event that several series of measurements are prescribed.

In the case of flow-through systems, the verification of values shall be carried out under flow conditions as specified by the manufacturer.

6.2 *Calibration solutions and test solutions*

For calibration solutions, see Appendix A.

For test solutions, see Appendix B.

* This applies only in the case of certain four-electrode conductivity measuring systems.

6.3 Procédures d'essai

Dans le cas des applications spéciales auxquelles ces essais ne sont pas appropriés, les procédures d'essai doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.3.1 Erreur de fonctionnement

Voir le paragraphe 6.7.1 de la Publication 746-1 de la CEI.

6.3.2 Erreur de linéarité (si la linéarité est indiquée)

6.3.2.1 Détecteur

Procéder aux essais, comme il est indiqué au paragraphe 6.3.2.2, en utilisant une unité électronique appropriée.

6.3.2.2 Analyseur

L'élément sensible est soumis à au moins cinq solutions d'étalonnage, de conductivité distribuée à peu près uniformément, et comprenant approximativement les valeurs assignées maximales et minimales données pour l'analyseur.

Un ajustement des moindres carrés du premier ordre est calculé et la déviation maximale par rapport à la droite de régression est déterminée. Cette déviation maximale est l'erreur de linéarité et est exprimée en termes de pourcentage de l'étendue assignée de mesure.

Note. – Pour des raisons d'efficacité, cet essai peut être combiné avec l'essai d'erreur de répétabilité (voir paragraphe 6.3.3.2).

6.3.3 Erreur de répétabilité

6.3.3.1 Détecteur

Procéder aux essais, comme il est indiqué au paragraphe 6.3.3.2, en utilisant une unité électronique appropriée.

6.3.3.2 Analyseur

L'élément sensible est soumis successivement à des solutions d'essai représentant aussi exactement que possible les conductivités assignées minimales, maximales et médianes.

Les étapes sont répétées six fois tour à tour sur chaque solution d'essai, à la température de référence, sans rinçage entre les six lectures, à des intervalles d'environ dix fois la réponse à 90% de l'instrument. L'écart type est calculé pour chaque série de six valeurs enregistrées et pour chaque solution. La moyenne des trois écarts types est calculée et consignée comme étant l'erreur de répétabilité. La température de toutes les solutions et celle de l'élément sensible doivent être les mêmes à $\pm 0,2^\circ\text{C}$ près, et consignées au même titre que l'erreur de répétabilité.

6.3.4 Erreur de stabilité

6.3.4.1 Détecteur

Procéder aux essais, comme il est indiqué au paragraphe 6.3.4.2, en utilisant une unité électronique appropriée.

6.3.4.2 Analyseur

Le détecteur est soumis à des solutions d'essai représentant aussi exactement que possible la conductivité assignée à mi-échelle; la valeur indiquée est enregistrée.

6.3 Test procedures

In the case of special applications where these tests are not appropriate, test procedures shall be agreed upon between manufacturer and user.

6.3.1 Operating error

See Sub-clause 6.7.1 of IEC Publication 746-1.

6.3.2 Linearity error (if linearity is claimed)

6.3.2.1 Sensor unit

Using an appropriate electronic unit, perform the test as indicated in Sub-clause 6.3.2.2.

6.3.2.2 Analyzer

The sensor unit is exposed to at least five calibration solutions representing approximately uniformly distributed conductivities, including approximately the minimum and maximum rated values for the analyzer.

The first order least square fit is calculated and the maximum deviation from the regression line is determined. This maximum deviation is the linearity error and is expressed in terms of percentage of the rated range.

Note. – For reasons of efficiency, this test may be combined with the test for repeatability error (see Sub-clause 6.3.3.2).

6.3.3 Repeatability error

6.3.3.1 Sensor unit

Using an appropriate electronic unit, perform the test as indicated in Sub-clause 6.3.3.2.

6.3.3.2 Analyzer

The sensor unit is exposed sequentially to test solutions representing as nearly as possible the minimum, the maximum and the median rated conductivities.

The steps are repeated six times on each test solution in turn, at reference temperature, with no rinsing between the six readings, at intervals of about ten times the instrument's 90% time. The standard deviation is calculated for each set of six recorded values for each solution. The average of the three standard deviations is calculated and reported as repeatability error. The temperature of all solutions and the sensor unit should be the same within $\pm 0.2^\circ\text{C}$ and reported along with the repeatability error.

6.3.4 Stability error

6.3.4.1 Sensor unit

Using an appropriate electronic unit, perform the test as indicated in Sub-clause 6.3.4.2.

6.3.4.2 Analyzer

The sensor unit is exposed to test solutions representing as nearly as possible the mid-scale rated conductivity value and the indicated value is recorded.

Cette procédure est répétée après l'intervalle de temps spécifié, et l'erreur de stabilité est calculée et consignée en termes de pourcentage de l'étendue assignée de mesure. La température de toutes les solutions et celle de l'élément sensible doivent être les mêmes à $\pm 0,2^\circ\text{C}$ près, et consignées au même titre que l'erreur de stabilité.

6.3.5 Fluctuations du signal de sortie de l'analyseur

Pour cet essai, le signal de sortie de l'analyseur doit être visualisé sur un enregistreur dont le temps de réponse à 90% est inférieur au temps de réponse à 90% de l'analyseur.

Le détecteur est soumis à une solution d'essai stable représentant approximativement la valeur de la conductivité à mi-échelle, à une température constante quelconque située dans l'étendue assignée de température de l'échantillon et cela pendant une durée de 5 min. On détermine alors la valeur maximale crête à crête des déviations aléatoire ou répétitive par rapport à la moyenne du signal de sortie et on l'exprime en pourcentage de l'étendue assignée de mesure. Cet essai est répété trois fois et la moyenne des lectures est consignée.

6.3.6 Temps de retard (T_{10}), temps de montée (descente) T_r , T_f , temps de réponse à 90% (T_{90})

Ces propriétés sont habituellement fonction de l'application particulière plutôt que de l'instrument. De ce fait et si nécessaire, l'essai sera dans la mesure du possible conçu en ligne en fonction de l'application. Deux procédures sont décrites dans l'annexe C. La méthode A est préférable; elle est obligatoire dans le cas des cellules à circulation.

6.3.7 Taux de réjection en mode d'entrée commun*

Appliquer la tension maximale indiquée en mode d'entrée commun par rapport à la terre aux deux bornes d'entrée de l'unité électronique, et consigner la valeur de sortie de l'instrument. Appliquer ensuite à l'instrument une tension d'entrée donnant la même indication de sortie. Calculer la RMCE comme suit:

$$\text{RMCE} = -20 \log \frac{V_c}{V_e} \quad (7)$$

où:

V_e est le signal d'entrée, en volts

V_c est la tension maximale en mode d'entrée commun

RMCE est le taux de réjection en mode d'entrée commun, en décibels

6.3.8 Période de fonctionnement

L'objectif de cette procédure est d'essayer l'analyseur dans les conditions les plus défavorables.

La période de fonctionnement dépend généralement des conditions opératoires. De ce fait, il convient que les essais fassent l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.3.9 Constante de cellule

6.3.9.1 Détecteur

Procéder à l'essai, comme il est décrit ci-dessous, en utilisant une unité électronique appropriée.

* Cet essai s'applique seulement dans le cas de certains systèmes de mesure de conductivité à quatre électrodes.

This is repeated after the specified time interval and the stability error is calculated and reported as a percentage value in terms of the rated range. The temperature of all solutions and the sensor unit shall be the same within $\pm 0.2^\circ\text{C}$ and reported along with the stability error.

6.3.5 Output fluctuation for the analyzer

For this test, the analyzer output shall be displayed on a recorder with a 90% time less than the 90% time of the analyzer.

The sensor unit is exposed to a stable test solution representing approximately the midscale conductivity value, at any constant temperature within the rated range of sample temperature, for a period of 5 min and the maximum peak to peak value for the random, or regular, deviations from the mean output is determined as a percentage value in terms of the rated range. The test is repeated three times and the average of the readings is reported.

6.3.6 Delay time (T_{10}), rise (fall) time (T_r , T_f), 90% time (T_{90})

These properties are usually a function of the particular application rather than the instrument. Therefore it is advisable to design the test in line with the application in so far as possible. Two procedures are described in Appendix C. Procedure A is preferred and obligatory if flow cells are involved.

6.3.7 Input common mode rejection ratio*

Apply the stated maximum common mode input voltage, with respect to earth, to both input terminals of the electronic unit and report the instrument's output value. Then apply an input voltage to the instrument giving the same output reading. Calculate the CMRR as follows:

$$\text{CMRR} = -20 \log \frac{V_c}{V_i} \quad (7)$$

where:

V_i is the input signal, in volts
 V_c is the maximum common mode input voltage
 CMRR is the common mode rejection ratio, in decibels

6.3.8 Operating period

The purpose of this procedure is to test the analyzer under worst case conditions.

The operating period depends generally on the working conditions. Therefore, the test should be agreed upon between manufacturer and user.

6.3.9 Cell constant

6.3.9.1 Sensor unit

Using an appropriate electronic unit, perform the test as described below.

* This test applies only in the case of certain four-electrode conductivity measuring systems.

Le détecteur est immergé dans une solution d'étalonnage à la température de référence et la conductance mesurée est consignée. La constante de cellule est calculée d'après l'équation suivante:

$$K_{\text{cell}} = \frac{\kappa_r}{G} \quad (8)$$

où:

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

κ_r est la conductivité électrolytique d'une solution d'étalonnage à la température de référence, en $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$

G est la conductance électrolytique mesurée, en siemens

Notes 1. – En pratique, cet essai est très souvent réalisé en comparant la constante de cellule calculée avec la constante de cellule d'une cellule étalonnée.

2. – Cet essai sera réalisé à la fréquence et avec la forme d'onde utilisées par l'analyseur.

6.3.9.2 Analyseur

Si l'analyseur a un réglage fixe de constante de cellule, la lecture de l'instrument donne directement la conductivité électrolytique. Dans le cas d'un ajustement variable de la constante de cellule, celui-ci est réglé à une position telle que la lecture s'accorde avec la conductivité indiquée d'une solution d'étalonnage de conductivité située à mi-échelle. Ensuite, deux mesures sont faites avec des solutions d'étalonnage représentant approximativement les limites inférieure et supérieure de l'étendue assignée d'utilisation.

6.3.10 Effet de la température de l'échantillon

Cet essai s'applique uniquement aux analyseurs de conductivité disposant d'une compensation de coefficient de température.

6.3.10.1 Détecteurs

Procéder aux essais, comme ils sont décrits au paragraphe 6.3.10.2, en utilisant une unité électronique appropriée dont la fréquence de mesure est compatible.

6.3.10.2 Analyseur

Le détecteur est immergé successivement dans deux récipients remplis d'une solution d'étalonnage de coefficient de température connu (voir paragraphe 4.1.8).

La température de la solution dans le premier récipient doit être proche de la valeur minimale de la plage opérationnelle assignée du détecteur; la température de la solution dans le second récipient doit être proche de la valeur maximale de la plage opérationnelle assignée du détecteur. Une agitation adéquate de la solution à l'aide d'un dispositif non magnétique, une profondeur d'immersion appropriée et une aire dégagée autour des parois de l'élément sensible doivent être assurées dans chaque cas.

Les deux valeurs indiquées à l'équilibre sont consignées ainsi que les températures respectives.

Les valeurs obtenues sont utilisées pour calculer un coefficient de température, après quoi cette valeur est consignée, de même que la valeur indiquée de la solution d'étalonnage et les températures de mesure. Le coefficient de température est calculé comme suit:

$$\alpha_t = \frac{[K_{\text{cell}}(G_2 - G_1)]}{[\kappa_r(t_2 - T_1)]} \quad (9)$$

où:

K_{cell} est la constante de cellule de l'élément sensible

G_1, G_2 sont les conductances électrolytiques mesurées aux températures t_1 et t_2 respectivement

κ_r est la conductivité électrolytique de la solution d'étalonnage à la température de référence

The sensor unit is immersed in a calibration solution at reference temperature and the measured conductance is reported. The cell constant is calculated as follows:

$$K_{\text{cell}} = \frac{\kappa_{t_r}}{G} \quad (8)$$

where:

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

κ_{t_r} is the electrolytic conductivity of calibration solution, at reference temperature, in $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$

G is the measured electrolytic conductance in siemens

Notes 1. – In practice, this test is very often performed by comparing the calculated cell constant with the cell constant of a calibrated cell.

2. – This test shall be performed at the same measuring frequency and waveform as are used with the analyzer.

6.3.9.2 Analyzer

If the analyzer has a fixed setting for the cell constant, the instrument reading gives directly the electrolytic conductivity. In the case of a variable setting for the cell constant, this is set in such a position that the reading matches the stated conductivity of a calibration solution of a mid-range conductivity. After that, two measurements are made with calibration solutions representing approximately the lower and upper limits of the rated range of use.

6.3.10 Effect of sample temperature

This test is only applicable to conductivity analyzers having temperature coefficient compensation.

6.3.10.1 Sensor units

Using an appropriate electronic unit, with compatible measuring frequency, perform test as indicated in Sub-clause 6.3.10.2.

6.3.10.2 Analyzer

The sensor unit is immersed successively in two containers filled with a calibration solution with a known temperature coefficient (see Sub-clause 4.1.8).

The temperature of the solution in the first container shall be near to the minimum value of the rated operating range for the sensor unit and the temperature of the solution in the second container shall be near to the maximum value of the rated operating range for the sensor unit. Adequate stirring of the solution, with a non-magnetic device, and adequate immersion depth and wall clearance for the sensor unit shall be ensured in each case.

The two steady-state indicated values are reported, along with the respective temperatures.

The values obtained are used to calculate a temperature coefficient, after which this value is reported, together with the stated value of the calibration solution and the measuring temperatures. The temperature coefficient is calculated as follows:

$$\alpha_t = \frac{[K_{\text{cell}}(G_2 - G_1)]}{[\kappa_{t_r}(t_2 - T_1)]} \quad (9)$$

where:

K_{cell} is the cell constant of the sensor unit

G_1, G_2 is the measured electrolytic conductances at temperatures t_1 and t_2 respectively

κ_{t_r} is the electrolytic conductivity of calibration solution at reference temperature

Si l'analyseur de conductivité électrolytique a une compensation fixe de coefficient de température, on procède au même calcul que ci-dessus, et la valeur résultante est divisée par le coefficient de température indiqué pour la solution d'étalonnage et multipliée par 100; après quoi, cette valeur est consignée comme l'erreur en pourcentage de coefficient de température.

Si l'analyseur de conductivité a un réglage de coefficient de température variable, la valeur indiquée de compensation en température pour la solution d'étalonnage est affichée sur l'analyseur préalablement à la procédure d'essai ci-dessus. Les calculs sont effectués comme avec la compensation fixe de coefficient de température.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60746-3:1985
Withdrawn

If the electrolytic conductivity analyzer has a fixed temperature coefficient compensation, the calculation is made as described above, and the resulting value is divided by the stated temperature coefficient of the calibration solution and multiplied by 100, after which this value is reported as percentage temperature coefficient error.

If the conductivity analyzer has a variable temperature coefficient setting, the stated temperature compensation value of the calibration solution is set on the analyzer, prior to the testing procedure above. The same calculations are made as with the fixed temperature coefficient compensation.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60746-3:1985
Without a watermark

ANNEXE A

VALEURS DE CONDUCTIVITÉ ÉLECTROLYTIQUE DE SOLUTIONS
D'ÉTALONNAGE DE CHLORURE DE POTASSIUM*

Solution d'étalonnage	Concentration approximative (mol·l ⁻¹)	Méthode de préparation	T (°C)	Conductivité S·m ⁻¹
A	1	71,1352 g de KCl pesé dans le vide, par kilogramme de solution	0	6,5176
			18	9,7838
			25	11,1342
B	0,1	7,4191 g de KCl pesé dans le vide, par kilogramme de solution	0	$7,138 \times 10^{-1}$
			18	$11,167 \times 10^{-1}$
			25	$12,856 \times 10^{-1}$
C	0,01	0,7453 g de KCl pesé dans le vide, par kilogramme de solution	0	$7,736 \times 10^{-2}$
			18	$12,205 \times 10^{-2}$
			25	$14,088 \times 10^{-2}$
D	0,001	Diluer 100 ml de solution C à 1 l à 20°C	25	$14,693 \times 10^{-3}$

Ces valeurs de conductivité, présentées sous forme de tableaux, sont en unités internationales. Elles ont été obtenues à partir de la Norme ASTM D1125-77, dans laquelle aucune des valeurs de précision n'est indiquée. Elles sont fondamentalement en accord avec les données OIML.

De l'eau déionisée, de conductivité négligeable par rapport aux valeurs indiquées, doit être utilisée pour la préparation de chaque solution; de préférence moins de $2 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ à 25°C.

Pour la préparation des solutions, on doit utiliser du chlorure de potassium de qualité analytique, séché pendant au moins 2 h à 220°C-240°C.

Ces solutions d'étalonnage peuvent aussi être préparées sur une base masse/volume, suivant la Norme ASTM D1125-77, en utilisant les méthodes suivantes de préparation à 20°C.

Solution d'étalonnage	Concentration approximative (mol·l ⁻¹)	Méthode de préparation	T (°C)	Conductivité S·m ⁻¹
A	1	74,2460 g de KCl pesé dans l'air, par litre de solution	0	6,5176
			18	9,7838
			25	11,1342
B	0,1	7,4365 g de KCl pesé dans l'air, par litre de solution	0	$7,138 \times 10^{-1}$
			18	$11,167 \times 10^{-1}$
			25	$12,856 \times 10^{-1}$
C	0,01	0,7440 g de KCl pesé dans l'air, par litre de solution	0	$7,736 \times 10^{-2}$
			18	$12,205 \times 10^{-2}$
			25	$14,088 \times 10^{-2}$
D	0,001	Diluer 100 ml de solution C à 1 l à 20°C	25	$14,693 \times 10^{-3}$

Pour de plus amples renseignements, se référer à ce qui suit:

- [1] Recommended Reference Materials for Realization of Physicochemical Properties, Pure Appl. Chem., 53, 1841-1981.
 [2] Solution étalon reproduisant la conductivité des électrolytes – Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML). Recommandation OIML n° 56.

* Valeurs corrigées tenant compte de la conductivité de l'eau utilisée pour préparer les solutions.

APPENDIX A

ELECTROLYTIC CONDUCTIVITY VALUES OF POTASSIUM CHLORIDE
CALIBRATION SOLUTIONS*

Calibration solution	Approximate concentration (mol·l ⁻¹)	Method of preparation	T (°C)	Conductivity S·m ⁻¹
A	1	71.1352 g of KCl weighed in vacuum per kilogramme of solution	0	6.5176
			18	9.7838
			25	11.1342
B	0.1	7.4191 g of KCl weighed in vacuum per kilogramme of solution	0	7.138×10^{-1}
			18	11.167×10^{-1}
			25	12.856×10^{-1}
C	0.01	0.7453 g of KCl weighed in vacuum per kilogramme of solution	0	7.736×10^{-2}
			18	12.205×10^{-2}
			25	14.088×10^{-2}
D	0.001	Dilute 100 ml of solution C to 1 l at 20°C	25	14.693×10^{-3}

These tabulated conductivity values are in international units. They were obtained from ASTM Standard D1125-77, where no accuracy was stated. They are in basic agreement with OIML data.

Deionized water, with a negligible conductivity compared with the stated value, preferably lower than $2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ at 25°C, shall be used for the preparation of each solution.

For the preparation of the solutions, potassium chloride of analytical grade shall be used, dried for at least 2 h at 220°C-240°C.

These standard solutions can be prepared also on a mass/volume basis according to ASTM Standard D1125-77, using the following methods of preparation at 20°C.

Calibration solution	Approximate concentration (mol·l ⁻¹)	Method of preparation	T (°C)	Conductivity S·m ⁻¹
A	1	74.2460 g of KCl weighed in air per litre of solution	0	6.5176
			18	9.7838
			25	11.1342
B	0.1	7.4365 g of KCl weighed in air per litre of solution	0	7.138×10^{-1}
			18	11.167×10^{-1}
			25	12.856×10^{-1}
C	0.01	0.7440 g of KCl weighed in air per litre of solution	0	7.736×10^{-2}
			18	12.205×10^{-2}
			25	14.088×10^{-2}
D	0.001	Dilute 100 ml of solution C to 1 l at 20°C	25	14.693×10^{-3}

For further information, refer to the following:

- [1] Recommended Reference Materials for Realization of Physicochemical Properties, Pure Appl. Chem., 53, 1841-1981.
- [2] Standard Solutions Reproducing the Conductivity of Electrolytes – International Organization of Legal Metrology (OIML). OIML Recommendation No. 56.

* Corrected for the conductivity of the water used to prepare the solutions.

ANNEXE B
SOLUTIONS D'ESSAI

Tables de résistivité de solutions aqueuses de chlorure de sodium
(voir tableaux BI, BII et BIII)

Ces tables ont été établies en octobre 1960 par G. F. Hewitt (Division de génie chimique, UKAEA, Groupe de recherches, Etablissement de recherche de l'énergie atomique, Harwell, Royaume-Uni) qui indique que la précision des données présentées est de l'ordre de $\pm 1/4\%$.

Les concentrations sont indiquées en pourcentage poids/poids.

Les tables peuvent être converties en tables de conductivité par calcul de l'inverse des valeurs de résistivité indiquées.

Pour la préparation des solutions, on doit utiliser de l'eau déionisée et du chlorure de sodium de qualité pour analyse, séché pendant au moins 2 h à 220°C-240°C.

Les valeurs présentées sous forme de tableaux correspondent à une température de 18°C. Les valeurs pour les autres températures peuvent être calculées par l'équation:

$$R_t = \frac{R_{18}}{[1 + b_t(t - 18)]}$$

où b_t est le coefficient de température (tableau BII corrigé par le tableau BIII).

L'utilisation des tables est illustrée dans l'exemple suivant:

Exemple: Quelle est la résistivité spécifique d'une solution de chlorure de sodium contenant 0,024% de NaCl à 63,4°C.

La résistivité à 18°C (tableau BI) est de 2342,6 $\Omega \cdot \text{cm}$.

La valeur de b_t à 63,4°C (tableau BII) est de 0,02552.

La correction de concentration pour b_t (tableau BIII) est de 0.

La résistivité à 63,4°C est de:

$$\frac{2\,342,6}{[1 + 0,02552(63,4 - 18)]} = 1\,085,2 \Omega \cdot \text{cm} \text{ ou } 0,0921 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}.$$

On ne dispose pas, pour le moment, de données fiables sur les solutions d'essai de conductivité élevée. Des travaux sont en cours pour résoudre ce problème.

APPENDIX B

TEST SOLUTIONS

Tables of the resistivity of aqueous sodium chloride solutions (see Tables BI, BII, BIII)

These tables were developed in October 1960 by G.F. Hewitt (Chemical Engineering Division, UKAEA, Research Group, Atomic Energy Research Establishment, Harwell, U.K.), who states that the accuracy of the data presented is about $\pm 1/4\%$.

The concentrations are given in weight/weight percentage.

The tables can be converted to conductivity tables by calculating the reciprocals of the given resistivity values.

For the preparation of the solutions, deionised water shall be used, and sodium chloride of analytical grade, dried for at least 2 h at 220°C-240°C.

The tabulated values are for a temperature of 18°C. Values for other temperatures can be calculated by the equation:

$$R_t = \frac{R_{18}}{[1 + b_t(t - 18)]}$$

where b_t is the temperature coefficient (Table BII corrected by Table BIII).

The use of the tables is illustrated in the following example:

Example: What is the specific resistivity of a sodium chloride solution containing 0.024% NaCl at 63.4°C.

The resistivity at 18°C (Table BI) = 2342.6 $\Omega \cdot \text{cm}$.

The value of b_t at 63.4°C (Table BII) = 0.02552.

The concentration correction for b_t (Table BIII) = 0.

The resistivity at 63.4°C =

$$\frac{2342.6}{[1 + 0.02552(63.4 - 18)]} = 1085.2 \Omega \cdot \text{cm} \text{ or } 0.0921 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$$

For the moment, no reliable data are available for high conductivity test solutions. Work is in progress to solve this problem.

TABLEAU BI

Résistivité des solutions de chlorure de sodium
à 18°C ($\Omega \cdot \text{cm}$)

TABLE BI

Sodium chloride solution resistivities
at 18°C ($\Omega \cdot \text{cm}$)

% NaCl	0	2	4	6	8	10
0,0010	54 210	53 152	52 136	51 157	50 215	49 306
0,0011	49 306	48 431	47 586	46 770	45 981	45 219
0,0012	45 219	44 482	43 768	43 077	42 408	41 759
0,0013	41 759	41 130	40 520	39 927	39 352	38 793
0,0014	38 793	38 250	37 722	37 208	36 708	36 222
0,0015	36 222	35 748	35 287	34 837	34 399	33 971
0,0016	33 971	33 554	33 148	32 751	32 363	31 985
0,0017	31 985	31 615	31 254	30 901	30 556	30 219
0,0018	30 219	29 889	29 566	29 250	28 941	28 639
0,0019	28 639	28 342	28 052	27 768	27 489	27 216
0,0020	27 216	26 948	26 686	26 428	26 176	25 928
0,0021	25 928	25 686	25 447	25 213	24 983	24 758
0,0022	24 758	24 536	24 319	24 105	23 895	23 689
0,0023	23 689	23 486	23 287	23 091	22 898	22 709
0,0024	22 709	22 522	22 339	22 159	21 981	21 807
0,0025	21 807	21 635	21 466	21 299	21 136	20 974
0,0026	20 974	20 815	20 659	20 505	20 353	20 203
0,0027	20 203	20 056	19 910	19 767	19 626	19 487
0,0028	19 487	19 350	19 215	19 081	18 950	18 820
0,0029	18 820	18 692	18 566	18 442	18 319	18 198
0,0030	18 198	18 078	17 960	17 844	17 729	17 615
0,0031	17 615	17 503	17 393	17 283	17 176	17 069
0,0032	17 069	16 964	16 860	16 757	16 656	16 556
0,0033	16 556	16 457	16 359	16 263	16 167	16 073
0,0034	16 073	15 980	15 888	15 797	15 707	15 618
0,0035	15 618	15 530	15 443	15 357	15 272	15 187
0,0036	15 187	15 104	15 022	14 941	14 860	14 780
0,0037	14 780	14 702	14 624	14 547	14 470	14 395
0,0038	14 395	14 320	14 246	14 173	14 101	14 029
0,0039	14 029	13 958	13 888	13 816	13 750	13 681
0,0040	13 681	13 614	13 547	13 481	13 416	13 351
0,0041	13 351	13 286	13 223	13 160	13 098	13 036
0,0042	13 036	12 975	12 914	12 854	12 794	12 735
0,0043	12 735	12 677	12 619	12 562	12 505	12 449
0,0044	12 449	12 393	12 338	12 283	12 228	12 175
0,0045	12 175	12 121	12 068	12 016	11 964	11 912
0,0046	11 912	11 861	11 811	11 761	11 711	11 661
0,0047	11 661	11 613	11 564	11 516	11 468	11 421
0,0048	11 421	11 374	11 327	11 281	11 236	11 190
0,0049	11 190	11 145	11 100	11 056	11 012	10 969
0,0050	10 969	10 925	10 882	10 840	10 798	10 756
0,0051	10 756	10 714	10 673	10 632	10 591	10 551
0,0052	10 551	10 511	10 471	10 432	10 393	10 354
0,0053	10 354	10 315	10 277	10 239	10 202	10 164
0,0054	10 164	10 127	10 090	10 054	10 017	9 981
0,0055	9 981	9 946	9 910	9 875	9 840	9 805
0,0056	9 805	9 771	9 736	9 702	9 669	9 635
0,0057	9 635	9 602	9 569	9 536	9 503	9 471
0,0058	9 471	9 438	9 407	9 375	9 343	9 312
0,0059	9 312	9 281	9 250	9 219	9 189	9 158
0,0060	9 158	9 128	9 099	9 069	9 039	9 010
0,0061	9 010	8 981	8 952	8 923	8 895	8 866
0,0062	8 866	8 838	8 810	8 782	8 755	8 727
0,0063	8 727	8 700	8 673	8 646	8 619	8 593
0,0064	8 593	8 566	8 540	8 514	8 488	8 462

TABLEAU BI (suite)

TABLE BI (continued)

% NaCl	0	2	4	6	8	10
0,0065	8 462	8 436	8 411	8 385	8 360	8 335
0,0066	8 335	8 310	8 286	8 261	8 237	8 212
0,0067	8 212	8 188	8 164	8 140	8 117	8 093
0,0068	8 093	8 070	8 046	8 023	8 000	7 977
0,0069	7 977	7 954	7 932	7 909	7 887	7 865
0,0070	7 865	7 843	7 821	7 799	7 777	7 755
0,0071	7 755	7 734	7 712	7 691	7 670	7 649
0,0072	7 649	7 628	7 607	7 587	7 566	7 546
0,0073	7 546	7 525	7 505	7 485	7 465	7 445
0,0074	7 445	7 425	7 405	7 386	7 366	7 347
0,0075	7 347	7 328	7 309	7 289	7 270	7 252
0,0076	7 252	7 233	7 214	7 196	7 177	7 159
0,0077	7 159	7 140	7 122	7 104	7 086	7 068
0,0078	7 068	7 050	7 033	7 015	6 997	6 980
0,0079	6 980	6 963	6 945	6 928	6 911	6 894
0,0080	6 894	6 877	6 860	6 843	6 827	6 810
0,0081	6 810	6 793	6 777	6 761	6 744	6 728
0,0082	6 728	6 712	6 696	6 680	6 664	6 648
0,0083	6 648	6 632	6 617	6 601	6 586	6 570
0,0084	6 570	6 555	6 540	6 521	6 509	6 494
0,0085	6 494	6 479	6 464	6 449	6 434	6 420
0,0086	6 420	6 405	6 390	6 376	6 361	6 347
0,0087	6 347	6 333	6 318	6 304	6 290	6 276
0,0088	6 276	6 262	6 248	6 234	6 220	6 206
0,0089	6 206	6 193	6 179	6 166	6 152	6 139
0,0090	6 139	6 125	6 112	6 099	6 085	6 072
0,0091	6 072	6 059	6 046	6 033	6 020	6 007
0,0092	6 007	5 994	5 982	5 969	5 956	5 944
0,0093	5 944	5 931	5 919	5 906	5 894	5 881
0,0094	5 881	5 869	5 857	5 845	5 833	5 821
0,0095	5 821	5 808	5 797	5 785	5 773	5 761
0,0096	5 761	5 749	5 737	5 726	5 714	5 702
0,0097	5 702	5 691	5 679	5 668	5 657	5 645
0,0098	5 645	5 634	5 623	5 611	5 600	5 589
0,0099	5 589	5 578	5 567	5 556	5 545	5 534
0,010	5 534,2	5 428,2	5 325,4	5 226,4	5 131,1	5 039,2
0,011	5 039,2	4 950,6	4 865,1	4 782,5	4 702,7	4 625,5
0,012	4 625,5	4 550,9	4 478,7	4 408,7	4 341,0	4 275,3
0,013	4 275,3	4 211,6	4 149,7	4 089,7	4 031,5	3 974,8
0,014	3 974,8	3 919,8	3 866,3	3 814,2	3 763,6	3 714,3
0,015	3 714,3	3 666,2	3 619,5	3 573,9	3 529,4	3 486,1
0,016	3 486,1	3 443,9	3 402,6	3 362,4	3 323,1	3 284,7
0,017	3 284,7	3 247,2	3 210,6	3 174,8	3 139,7	3 105,5
0,018	3 105,5	3 072,0	3 039,3	3 007,2	2 975,8	2 945,1
0,019	2 945,1	2 915,0	2 885,6	2 856,7	2 828,4	2 800,7
0,020	2 800,7	2 773,5	2 746,8	2 720,7	2 695,1	2 669,9
0,021	2 669,9	2 645,2	2 621,0	2 597,2	2 573,9	2 551,0
0,022	2 551,0	2 528,5	2 506,3	2 484,6	2 463,3	2 442,3
0,023	2 442,3	2 421,7	2 401,4	2 381,5	2 361,9	2 342,6
0,024	2 342,6	2 323,7	2 305,1	2 286,7	2 268,7	2 250,9
0,025	2 250,9	2 233,4	2 216,2	2 199,3	2 182,6	2 166,2
0,026	2 166,2	2 150,0	2 134,1	2 118,4	2 102,9	2 087,7
0,027	2 087,7	2 072,7	2 057,9	2 043,3	2 029,0	2 014,8
0,028	2 014,8	2 000,8	1 987,1	1 973,5	1 960,1	1 946,9
0,029	1 946,9	1 933,8	1 921,0	1 908,3	1 895,8	1 883,5
0,030	1 883,5	1 871,3	1 859,2	1 847,4	1 835,7	1 824,1
0,031	1 824,1	1 812,7	1 801,4	1 790,3	1 779,3	1 768,4
0,032	1 768,4	1 757,7	1 747,1	1 736,7	1 726,3	1 716,1
0,033	1 716,1	1 706,0	1 696,0	1 686,2	1 676,5	1 666,8
0,034	1 666,8	1 657,3	1 647,9	1 638,6	1 629,5	1 620,4

TABLEAU BI (suite)

TABLE BI (continued)

% NaCl	0	2	4	6	8	10
0,035	1 620,4	1 611,4	1 602,5	1 593,7	1 585,0	1 576,5
0,036	1 576,5	1 568,0	1 559,6	1 551,3	1 543,0	1 534,9
0,037	1 534,9	1 526,9	1 518,9	1 511,0	1 503,2	1 495,5
0,038	1 495,5	1 487,9	1 480,3	1 472,9	1 465,5	1 458,2
0,039	1 458,2	1 450,9	1 443,7	1 436,6	1 429,6	1 422,6
0,040	1 422,6	1 415,7	1 408,9	1 402,1	1 395,5	1 388,8
0,041	1 388,8	1 382,3	1 375,8	1 369,3	1 362,9	1 356,6
0,042	1 356,6	1 350,4	1 344,2	1 338,0	1 331,9	1 325,9
0,043	1 325,9	1 319,9	1 314,0	1 308,1	1 302,3	1 296,6
0,044	1 296,6	1 290,9	1 285,2	1 279,6	1 274,0	1 268,5
0,045	1 268,5	1 263,1	1 257,6	1 252,3	1 247,0	1 241,7
0,046	1 241,7	1 236,5	1 231,3	1 226,1	1 221,0	1 216,0
0,047	1 216,0	1 211,0	1 206,0	1 201,1	1 196,2	1 191,3
0,048	1 191,3	1 186,5	1 181,8	1 177,0	1 172,4	1 167,7
0,049	1 167,7	1 163,1	1 158,5	1 154,0	1 149,5	1 145,0
0,050	1 145,0	1 140,6	1 136,2	1 131,8	1 127,5	1 123,2
0,051	1 123,2	1 118,9	1 114,7	1 110,5	1 106,3	1 102,2
0,052	1 102,2	1 098,1	1 094,0	1 090,0	1 086,0	1 082,0
0,053	1 082,0	1 078,0	1 074,1	1 070,2	1 066,4	1 062,5
0,054	1 062,5	1 058,7	1 054,9	1 051,2	1 047,5	1 043,8
0,055	1 043,8	1 040,1	1 036,4	1 032,8	1 029,2	1 025,7
0,056	1 025,7	1 022,1	1 018,6	1 015,1	1 011,6	1 008,2
0,057	1 008,2	1 004,8	1 001,4	998,0	994,6	991,3
0,058	991,3	988,0	984,7	981,5	978,2	975,0
0,059	975,0	971,8	968,6	965,5	962,4	959,2
0,060	959,2	956,2	953,1	950,0	947,0	944,0
0,061	944,0	941,0	938,0	935,1	932,1	929,2
0,062	929,2	926,3	923,4	920,6	917,7	914,9
0,063	914,9	912,1	909,3	906,5	903,8	901,1
0,064	901,1	898,3	895,6	892,9	890,3	887,6
0,065	887,6	885,0	882,4	879,7	877,2	874,6
0,066	874,6	872,0	869,5	866,9	864,4	861,9
0,067	861,9	859,4	857,0	854,5	852,1	849,6
0,068	849,6	847,3	844,8	842,4	840,1	837,7
0,069	837,7	835,4	833,0	830,7	828,4	826,1
0,070	826,1	823,8	821,6	819,3	817,1	814,9
0,071	814,9	812,6	810,4	808,2	806,1	803,9
0,072	803,9	801,7	799,6	797,5	795,3	793,2
0,073	793,2	791,1	789,0	787,0	784,9	782,9
0,074	782,9	780,8	778,8	776,8	774,8	772,8
0,075	772,8	770,8	768,8	766,8	764,9	762,9
0,076	762,9	761,0	759,0	757,1	755,2	753,3
0,077	753,3	751,4	749,6	747,7	745,8	744,0
0,078	744,0	742,1	740,3	738,5	736,7	734,9
0,079	734,9	733,1	731,3	729,5	727,7	726,0
0,080	726,0	724,2	722,5	720,8	719,0	717,3
0,081	717,3	715,6	713,9	712,2	710,5	708,9
0,082	708,9	707,2	705,5	703,9	702,2	700,6
0,083	700,6	699,0	697,4	695,7	694,1	692,5
0,084	692,5	690,9	689,4	687,8	686,2	684,7
0,085	684,7	683,1	681,6	680,0	678,5	677,0
0,086	677,0	675,5	673,9	672,4	670,9	669,4
0,087	669,4	668,0	666,5	665,0	663,6	662,1
0,088	662,1	660,6	659,2	657,8	656,3	654,9
0,089	654,9	653,5	652,1	650,7	649,3	647,9
0,090	647,9	646,5	645,1	643,7	642,4	641,0
0,091	641,0	639,6	638,3	637,0	635,6	634,3
0,092	634,3	632,9	631,6	630,3	629,0	627,7
0,093	627,7	626,4	625,1	623,8	622,5	621,2
0,094	621,2	620,0	618,7	617,4	616,2	614,9

TABLEAU BI (suite)

TABLE BI (continued)

% NaCl	0	2	4	6	8	10
0,095	614,9	613,7	612,4	611,2	610,0	608,7
0,096	608,7	607,5	606,3	605,1	603,9	602,7
0,097	602,7	601,5	600,3	599,1	597,9	596,8
0,098	596,8	595,6	594,4	593,2	592,1	590,9
0,099	590,9	589,8	588,6	587,5	586,4	585,2
0,10	585,24	574,16	563,51	553,26	543,38	533,85
0,11	533,85	524,66	515,79	507,22	498,94	490,93
0,12	490,93	483,18	475,68	468,41	461,37	454,54
0,13	454,54	447,91	441,48	435,23	429,17	423,27
0,14	423,27	417,54	411,96	406,54	401,26	396,12
0,15	396,12	391,11	386,23	381,48	376,84	372,32
0,16	372,32	367,90	363,60	359,39	355,29	351,27
0,17	351,27	347,36	343,52	339,78	336,12	332,54
0,18	332,54	329,03	325,60	322,25	318,96	315,74
0,19	315,74	312,59	309,50	306,47	303,51	300,60
0,20	300,60	297,75	294,95	292,21	289,52	286,88
0,21	286,88	284,29	281,74	279,25	276,79	274,39
0,22	274,39	272,02	269,69	267,41	265,17	262,96
0,23	262,96	260,79	258,66	256,56	254,50	252,47
0,24	252,47	250,48	248,51	246,58	244,68	242,81
0,25	242,81	240,97	239,15	237,37	235,61	233,88
0,26	233,88	232,17	230,49	228,83	227,20	225,60
0,27	225,60	224,01	222,45	220,91	219,39	217,89
0,28	217,89	216,42	214,96	213,53	212,11	210,72
0,29	210,72	209,34	207,98	206,64	205,31	204,01
0,30	204,01	202,72	201,45	200,19	198,95	197,72
0,31	197,72	196,52	195,32	194,14	192,98	191,83
0,32	191,83	190,69	189,57	188,46	187,36	186,28
0,33	186,28	185,21	184,15	183,11	182,08	181,05
0,34	181,05	180,05	179,05	178,06	177,09	176,12
0,35	176,12	175,17	174,22	173,29	172,37	171,46
0,36	171,46	170,56	169,66	168,78	167,91	167,04
0,37	167,04	166,19	165,34	164,50	163,67	162,85
0,38	162,85	162,04	161,24	160,44	159,66	158,88
0,39	158,88	158,10	157,34	156,58	155,84	155,09
0,40	155,09	154,36	153,63	152,91	152,20	151,49
0,41	151,49	150,79	150,10	149,41	148,73	148,06
0,42	148,06	147,39	146,73	146,08	145,43	144,78
0,43	144,78	144,15	143,52	142,89	142,27	141,65
0,44	141,65	141,05	140,44	139,84	139,25	138,66
0,45	138,66	138,08	137,50	136,93	136,36	135,80
0,46	135,80	135,24	134,68	134,14	133,59	133,05
0,47	133,05	132,52	131,98	131,46	130,94	130,42
0,48	130,42	129,90	129,39	128,89	128,39	127,89
0,49	127,89	127,40	126,91	126,42	125,94	125,46
0,50	125,46	124,99	124,52	124,05	123,59	123,13
0,51	123,13	122,67	122,22	121,77	121,32	120,88
0,52	120,88	120,44	120,00	119,57	119,14	118,72
0,53	118,72	118,29	117,87	117,46	117,04	116,63
0,54	116,63	116,22	115,82	115,42	115,02	114,62
0,55	114,62	114,23	113,84	113,45	113,06	112,68
0,56	112,68	112,30	111,92	111,55	111,18	110,81
0,57	110,81	110,44	110,08	109,72	109,36	109,00
0,58	109,00	108,65	108,29	107,94	107,60	107,25
0,59	107,25	106,91	106,57	106,23	105,89	105,56
0,60	105,56	105,23	104,90	104,57	104,25	103,92
0,61	103,92	103,60	103,28	102,97	102,65	102,34
0,62	102,34	102,03	101,72	101,41	101,11	100,80
0,63	100,80	100,50	100,20	99,90	99,61	99,31
0,64	99,31	99,02	98,73	98,44	98,16	97,87

TABLEAU BI (suite)

TABLE BI (continued)

% NaCl	0	2	4	6	8	10
0,65	97,87	97,59	97,31	97,03	96,75	96,47
0,66	96,47	96,20	95,92	95,65	95,38	95,11
0,67	95,11	94,84	94,58	94,32	94,05	93,79
0,68	93,79	93,53	93,28	93,02	92,76	92,51
0,69	92,51	92,26	92,01	91,76	91,51	91,26
0,70	91,26	91,02	90,78	90,53	90,29	90,05
0,71	90,05	89,82	89,58	89,34	89,11	88,88
0,72	88,88	88,64	88,41	88,18	87,96	87,73
0,73	87,73	87,50	87,28	87,06	86,84	86,61
0,74	86,61	86,40	86,18	85,96	85,74	85,53
0,75	85,53	85,32	85,10	84,89	84,68	84,47
0,76	84,47	84,26	84,06	83,85	83,64	83,44
0,77	83,44	83,24	83,04	82,83	82,63	82,44
0,78	82,44	82,24	82,04	81,85	81,65	81,46
0,79	81,46	81,26	81,07	80,88	80,69	80,50
0,80	80,50	80,31	80,13	79,94	79,75	79,57
0,81	79,57	79,39	79,20	79,02	78,84	78,66
0,82	78,66	78,48	78,30	78,13	77,95	77,77
0,83	77,77	77,60	77,42	77,25	77,08	76,91
0,84	76,91	76,74	76,57	76,40	76,23	76,06
0,85	76,06	75,89	75,73	75,56	75,40	75,23
0,86	75,23	75,07	74,91	74,75	74,59	74,43
0,87	74,43	74,27	74,11	73,95	73,79	73,64
0,88	73,64	73,48	73,33	73,17	73,02	72,86
0,89	72,86	72,71	72,56	72,41	72,26	72,11
0,90	72,11	71,96	71,81	71,66	71,52	71,37
0,91	71,37	71,23	71,08	70,94	70,79	70,65
0,92	70,65	70,51	70,36	70,22	70,08	69,94
0,93	69,94	69,80	69,66	69,53	69,39	69,25
0,94	69,25	69,11	68,98	68,84	68,71	68,57
0,95	68,57	68,44	68,31	68,17	68,04	67,91
0,96	67,91	67,78	67,65	67,52	67,39	67,26
0,97	67,26	67,13	67,00	66,88	66,75	66,62
0,98	66,62	66,50	66,37	66,25	66,12	66,00
0,99	66,00	65,88	65,75	65,63	65,51	65,39
1,0	65,387	64,162	63,056	61,988	60,955	59,956
1,1	59,956	58,989	58,053	57,146	56,267	55,414
1,2	55,414	54,587	53,785	53,005	52,249	51,513
1,3	51,513	50,798	50,103	49,427	48,769	48,128
1,4	48,128	47,504	46,896	46,304	45,727	45,164
1,5	45,164	44,615	44,080	43,557	43,047	42,548
1,6	42,548	42,062	41,586	41,122	40,667	40,223
1,7	40,223	39,789	39,364	38,949	38,542	38,144
1,8	38,144	37,754	37,373	36,999	36,633	36,274
1,9	36,274	35,922	35,577	35,239	34,908	34,583
2,0	34,583	34,264	33,951	33,644	33,342	33,046
2,1	33,046	32,756	32,471	32,191	31,915	31,645
2,2	31,645	31,379	31,118	30,862	30,610	30,362
2,3	30,362	30,118	29,878	29,642	29,410	29,182
2,4	29,182	28,958	28,737	28,519	28,305	28,095
2,5	28,095	27,887	27,683	27,482	27,284	27,089
2,6	27,089	26,896	26,707	26,520	26,337	26,155
2,7	26,155	25,977	25,801	25,627	25,456	25,288
2,8	25,288	25,121	24,957	24,795	24,636	24,478
2,9	24,478	24,323	24,170	24,019	23,869	23,722
3,0	23,722	23,577	23,433	23,292	23,152	23,014
3,1	23,014	22,878	22,743	22,610	22,479	22,349
3,2	22,349	22,221	22,095	21,970	21,846	21,725
3,3	21,725	21,604	21,485	21,367	21,251	21,136
3,4	21,136	21,022	20,910	20,799	20,689	20,581