

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Environmental testing –

Part 3-1: Supporting documentation and guidance – Cold and dry heat tests

Essais d'environnement –

Partie 3-1: Documentation d'accompagnement et guide – Essais de froid et de chaleur sèche



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

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.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60068-3-1

Edition 2.0 2011-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Environmental testing –

Part 3-1: Supporting documentation and guidance – Cold and dry heat tests

Essais d'environnement –

Partie 3-1: Documentation d'accompagnement et guide – Essais de froid et de chaleur sèche

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

M

ICS 19.040

ISBN 978-2-88912-626-2

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Selection of test procedures	5
4.1 General background	5
4.1.1 General	5
4.1.2 Ambient temperature	6
4.1.3 Specimen temperatures.....	6
4.1.4 Specimens without heat dissipation	6
4.1.5 Specimens with heat dissipation	6
4.2 Mechanisms of heat transfer	6
4.2.1 Convection	6
4.2.2 Radiation	9
4.2.3 Thermal conduction	10
4.2.4 Forced air circulation	10
4.3 Test chambers	10
4.3.1 General	10
4.3.2 Methods of achieving the required conditions in the test chamber.....	11
4.4 Measurements.....	11
4.4.1 Temperature.....	11
4.4.2 Air velocity	11
Annex A (informative) Effect of airflow on chamber conditions and on surface temperatures of test specimens	12
Figure 1 – Experimental data on the effect of airflow on surface temperature of a wire- wound resistor – Radial airflow	7
Figure 2 – Experimental data on the effect of airflow on surface temperature of a wire- wound resistor – Axial airflow	8
Figure 3 – Temperature distribution on a cylinder with homogeneous heat generation in airflow of velocities 0,5, 1 and 2 m·s ⁻¹	9
Table 1 – Influence parameters when testing heat-dissipating specimens	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENVIRONMENTAL TESTING –

**Part 3-1: Supporting documentation and guidance –
Cold and dry heat tests**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60068-3-1 has been prepared by IEC technical committee 104: Environmental conditions, classification and methods of test.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1974, and constitutes a technical revision.

The main changes with regard to the previous edition are as follows:

- removal of guidance regarding thermal characteristics of chamber walls;
- revision of sections that address environmental chambers that do not use movement of air for temperature control.

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

FDIS	Report on voting
104/555/FDIS	104/558/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60068 series, under the general title *Environmental testing* can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

ENVIRONMENTAL TESTING –

Part 3-1: Supporting documentation and guidance – Cold and dry heat tests

1 Scope

This part of IEC 60068 provides guidance regarding the performance of cold and dry heat tests.

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 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

heat-dissipating specimen

specimen on which the hottest point on its surface, measured in free-air conditions and under the air pressure as specified in IEC 60068-1, is more than 5 K above the ambient temperature of the surrounding atmosphere after thermal stability has been reached

3.2

non heat-dissipating specimen

specimen that does not produce heat to a level that can affect the air temperature surrounding the specimen or those specimens located nearby

3.3

free-air conditions

conditions within an infinite space where the movement of the air is affected only by the heat-dissipating specimen

4 Selection of test procedures

4.1 General background

4.1.1 General

Specimen performance may be influenced or limited by the temperatures in which the specimen is operated. The level of influence may be affected by test gradients that exist within the test system (climatic or environmental chamber) and internal temperatures within

the specimen itself. In order to determine the level of influence that exists and to ensure that the specimen is designed appropriately, cold and/or dry heat tests are performed.

4.1.2 Ambient temperature

The maximum and minimum values of the ambient temperature where the specimen will be subjected to should be known. Preferred values for testing purposes are provided in IEC 60068-2-1 and/or IEC 60068-2-2.

Difficulties can arise due to the fact that heat transfer causes temperature variations in the area surrounding the specimen. Consequently, the affect from the transfer of heat to the ambient temperature of the surrounding atmosphere should be considered. Air flow related to spacing between specimens should also be considered when performing a test.

4.1.3 Specimen temperatures

The performance of the specimen can be affected by its own temperature in the case of heat-dissipating specimens. Because of this, when controlling the test environment, it may be necessary to measure the temperature of the specimen under test at different locations, both internally and externally.

4.1.4 Specimens without heat dissipation

If the ambient temperature is uniform and constant and there is no generation of heat within the specimen, heat will flow from the ambient atmosphere into the specimen if the ambient atmosphere is at a higher temperature. Conversely, heat will flow from the specimen into the ambient atmosphere if the specimen is at a higher temperature. This heat transfer will continue until the specimen has completely reached thermal equilibrium with the surrounding atmosphere. From that moment on, the heat transfer ceases and will not start again unless the ambient temperature changes.

4.1.5 Specimens with heat dissipation

If heat is generated within the specimen the temperature of the specimen will rise to a stabilization point above the ambient temperature. It follows that if a steady temperature is reached, heat will flow continuously from the specimen by convection, radiation, and/or conduction into the atmosphere whereby the specimen is cooled.

If more than one specimen is subjected to a dry heat test in the same chamber, it is necessary to ensure that all specimens are in the same ambient temperature and have identical mounting conditions. It has not, however, been found necessary to differentiate between testing of single specimens and multiple specimens when the cold test is being performed.

4.2 Mechanisms of heat transfer

4.2.1 Convection

Heat transfer through convection is an important factor when testing heat-dissipating specimens. The coefficient of heat transfer from the surface of the test specimen to the ambient air is affected by the velocity of the surrounding air. The greater the air velocity, the more efficient the heat transfer is. Therefore, the higher the air velocity, the lower the surface temperature of the test specimen will be with the same temperature of the ambient air. This effect is illustrated in Figures 1 and 2.

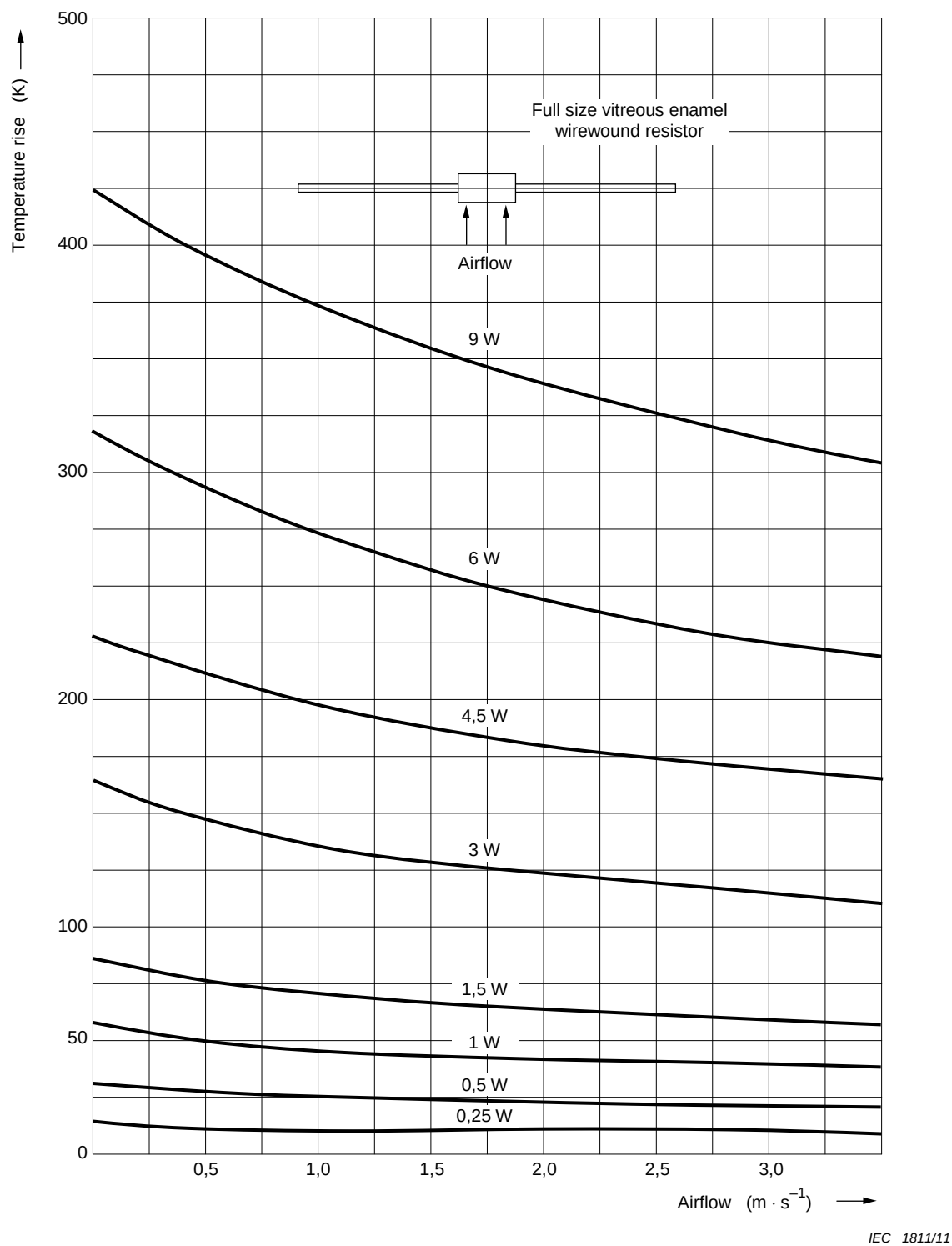


Figure 1 – Experimental data on the effect of airflow on surface temperature of a wire-wound resistor – Radial airflow

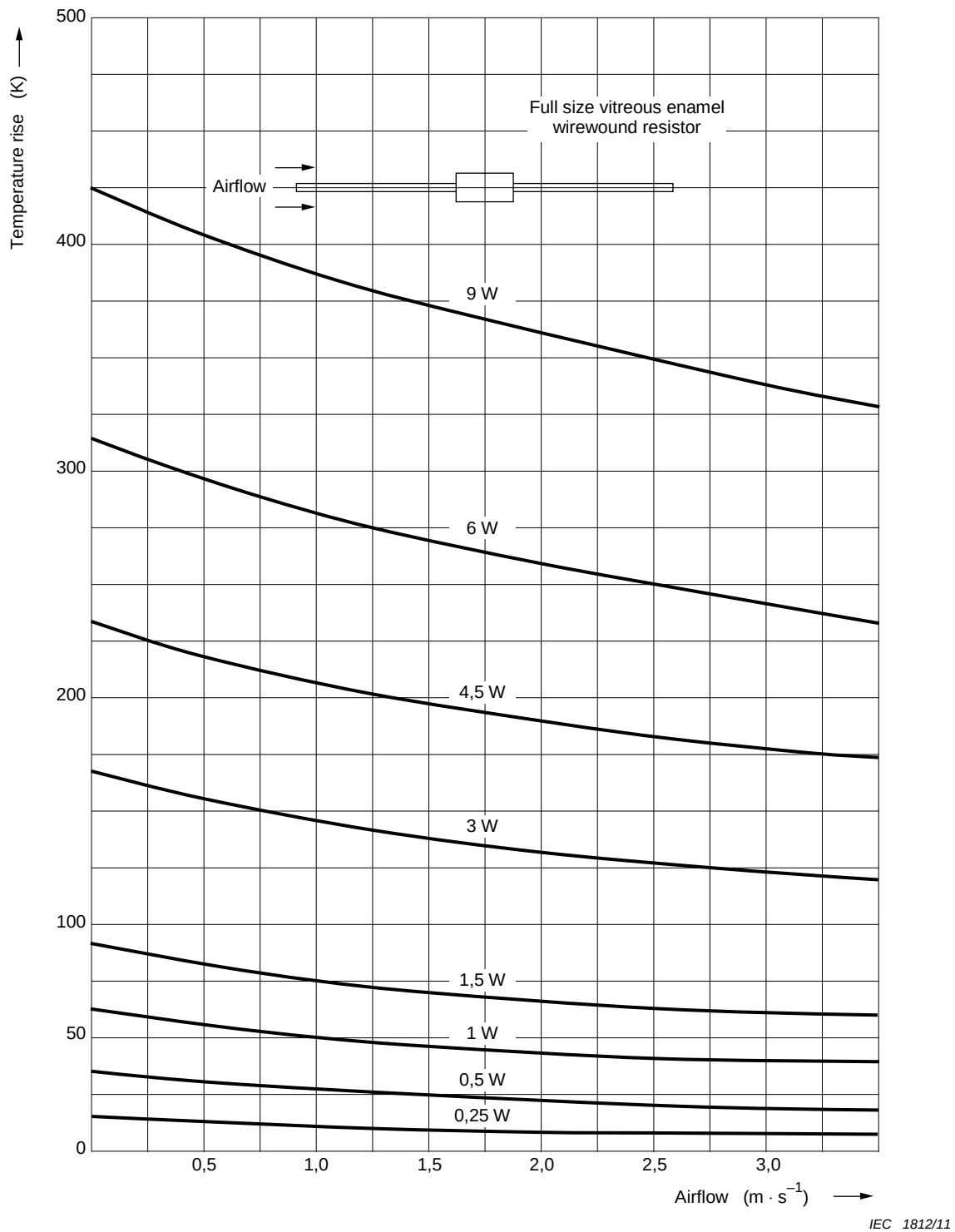
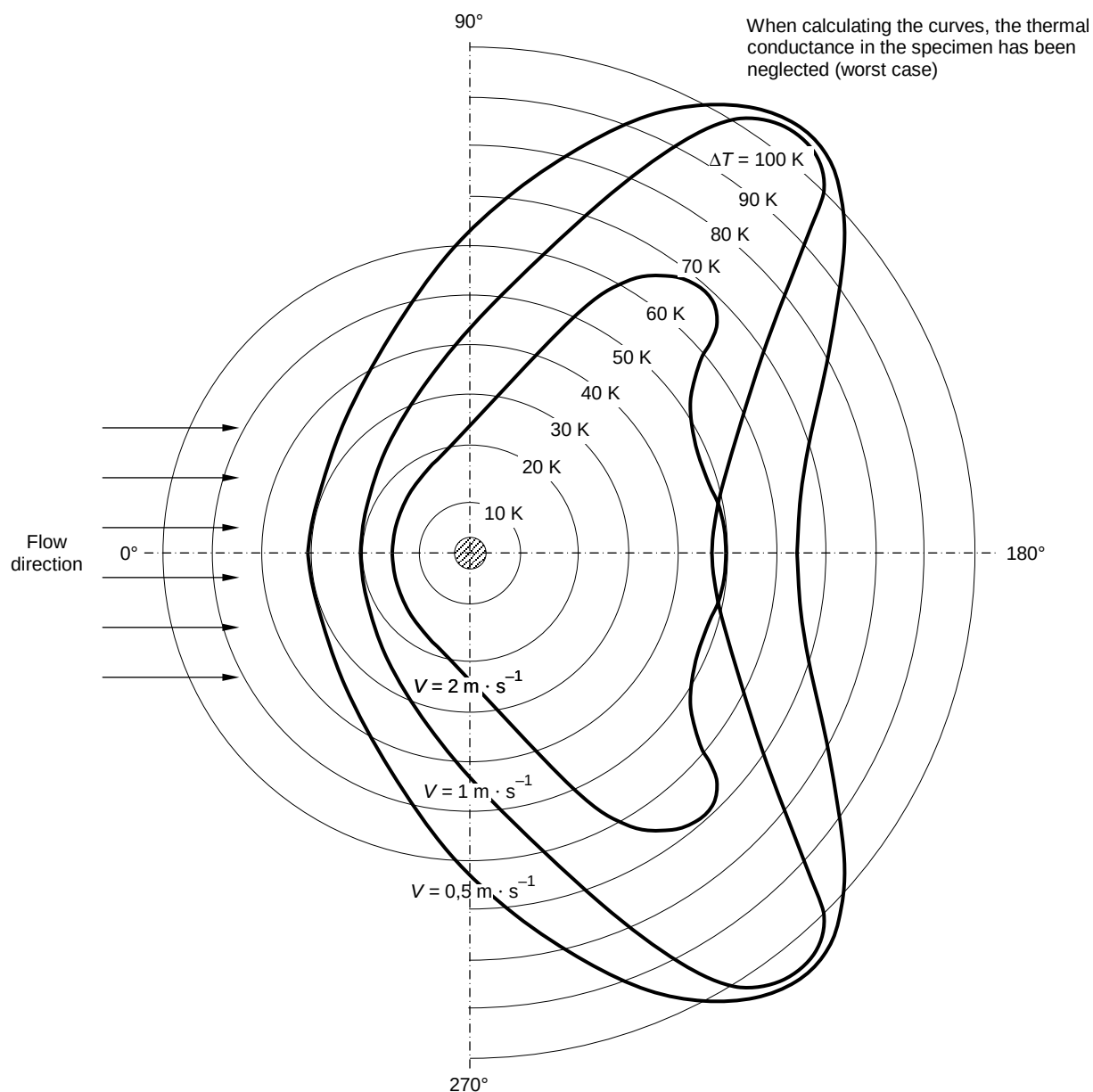


Figure 2 – Experimental data on the effect of airflow on surface temperature of a wire-wound resistor – Axial airflow

In addition to the influence on the surface temperature of the test specimen, the airflow within the chamber will also affect the temperature distribution over the surface of the specimen under test. This effect is illustrated in Figure 3.



ΔT is the rise in surface temperature of the specimen above ambient

V air velocity $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Air temperature 70 °C

Cylinder diameter 6 mm

Heat-dissipation per unit of surface area $1,5 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$

IEC 1813/11

Figure 3 – Temperature distribution on a cylinder with homogeneous heat generation in airflow of velocities 0,5, 1 and $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Therefore, when testing heat-dissipating specimens, the effects of air flow around or over the specimen should be known to ensure that the conditions approximate as close as possible typical free air conditions or those conditions expected when the specimen is in use.

4.2.2 Radiation

Heat transfer by thermal radiation cannot be neglected when test chamber conditions for testing of heat-dissipating specimens are discussed. In a "free air" condition, the heat transferred from the test specimen is absorbed by its surroundings.

4.2.3 Thermal conduction

Heat transfer by thermal conduction depends on the thermal characteristics of mounting and other connections. These should be known in advance of the test.

Many heat-dissipating specimens are intended to be mounted on heat sinks or other well-conducting elements, with the result that a certain amount of heat is effectively transferred through thermal conduction.

The relevant specification shall define the thermal characteristics of the mounting and these characteristics should be reproduced when the test is made.

If a specimen can be mounted in more than one manner with different values of thermal conduction, the mounting device with the lowest thermal conductivity for dry heat tests on a specimen with heat dissipation and the mounting device with the highest thermal conductivity for all the other tests (dry heat tests on specimens without heat dissipation, cold tests on specimens with or without heat dissipation) should be used.

4.2.4 Forced air circulation

To verify that the temperature at representative points on the surface of the test specimen are not unduly influenced by the air velocity used in the chamber, measurements should be made with the specimen inside the chamber, with the chamber operating at standard atmospheric conditions for measurement and tests (see IEC 60068-1). If the surface temperature at any point of the test specimen is not reduced by more than 5 K by the influence of the air circulation used in the chamber, the cooling effect of the forced air circulation may be ignored.

Where the reduction of surface temperature exceeds 5 K, the temperatures from a representative number of points on the surface of the test specimen should be measured in order to give a basis for calculation of the surface temperatures at the specified test conditions. These measurements should be carried out under those load conditions which are specified for the test temperature by the relevant specification.

For small temperature differences (<5 K) between the ambient temperature and surface temperature of the specimen, the surface temperature can be assumed to be the same when tested at different ambient temperatures.

The choice of representative points to be checked should be based on a detailed knowledge of the test specimen (thermal distribution, thermally critical points, etc.). A single chamber characterization may cover the chamber performance for a long series of the same type of tests with similar specimens, whereas in other cases a characterization may need to be made prior to each test for different types of specimens.

4.3 Test chambers

4.3.1 General

Even in very large chambers, the air circulation and temperature distribution around the test specimen will not be identical with actual free air conditions. It is not practical for testing purposes to try to reproduce free air conditions, but it is possible to simulate the effects of these conditions. Nevertheless, it is established by experimental results and test experience that a reasonably large chamber with low air flow through the work space will affect the temperature of the test specimen in approximately the same way as would free air conditions.

Table 1 shows the parameters of a test chamber that should be considered when testing heat-dissipating specimen.

Table 1 – Influence parameters when testing heat-dissipating specimens

Transfer mechanism	Convection		Radiation	Conduction
	Free air	Forced air circulation		
Chamber parameter	Chamber dimensions	Chamber dimensions, Air velocity	Emissivity of the chamber wall	Thermal characteristic of mounting

4.3.2 Methods of achieving the required conditions in the test chamber

4.3.2.1 Design of chambers for simulating the effect of free air condition

Heating and cooling components used to control the temperature of the working space should not be placed in the working space.

4.3.2.2 Design of chambers with forced air circulation

The airflow should be as uniform as possible, and should be directed in such a way to minimize the variation that would occur due to convection. The effects of airflow are given in more detail in Annex A.

4.4 Measurements

4.4.1 Temperature

Measurement of the temperature at various points on or in a specimen are recommended for tests involving heat-dissipating specimens in conditions other than "free air". The choice of representative points should be based on a detailed knowledge of the test specimen (thermal distribution, thermally critical points, etc.).

4.4.2 Air velocity

The velocity of the air in the test chamber should be known to ensure uniformity of conditions within the chamber in the case of testing multiple specimens in the same chamber. Measurements should be made based on the working space within the chamber and the size and shape of the test specimen.

Annex A (informative)

Effect of airflow on chamber conditions and on surface temperatures of test specimens

A.1 Calculation

Calculation of the effect of airflow on a specimen temperature and on temperature gradient in the chamber uses the following symbols, where:

- V is the air velocity ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$);
- $\lambda(V)$ is the heat transfer coefficient ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$);
- P is the quantity of heat transferred in unit time (W);
- F is the effective area of the heat-dissipating surface (m^2);
- t is the time (s);
- G is the mass of incoming or outgoing air per unit time ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$);
- C_p is the specific heat of air at constant pressure ($1\,000\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$);
- γ is the density of air ($1,29\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$);
- S is the cross-sectional area of chamber (m^2);
- T is the temperature (K).

A.2 Specimen temperature

The following equation expresses a specimen temperature:

$$T = \frac{1}{\lambda(V)} \times \frac{P}{F}$$

where

$$\lambda(V) = a + bV$$

$$a \cong 10$$

$$V < \frac{a}{b} < 3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Experimental results indicate that, at the low air velocities relevant to the tests, $b \cong 3$; b increases with increasing air velocity until at $3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $b \cong 8$.

If $V = 0,3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, the error in $T \leq 10\%$.

A.3 Gradient between incoming and outgoing air

The gradient between incoming and outgoing air is expressed as:

$$\Delta T_{\text{air}} = \frac{P}{C_p G}$$

Substituting numerical values for a cubic chamber of 0,5 m side with an airflow of 0,3 m·s⁻¹ and a power dissipation within the chamber of 100 W gives:

$$S = 0,25 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_{\text{air}} = \frac{100}{1000 \times 0,25 \times 0,3 \times 1,29} \text{ K} \cong 1 \text{ K}$$

Up to 100 W dissipation, there is little problem. At 1 kW, a chamber with a larger volume or higher air exchange should be considered.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application	17
2 Références normatives	17
3 Termes et définitions	17
4 Sélection des procédures d'essai	17
4.1 Contexte général	17
4.1.1 Généralités	17
4.1.2 Température ambiante	18
4.1.3 Températures des spécimens	18
4.1.4 Spécimens ne dissipant pas la chaleur	18
4.1.5 Spécimens dissipant la chaleur	18
4.2 Mécanismes de transfert de chaleur	18
4.2.1 Convection	18
4.2.2 Rayonnement	21
4.2.3 Conduction thermique	22
4.2.4 Circulation forcée de l'air	22
4.3 Chambres d'essai	22
4.3.1 Généralités	22
4.3.2 Méthodes permettant d'atteindre les conditions requises dans la chambre d'essai	23
4.4 Mesures	23
4.4.1 Température	23
4.4.2 Vitesse de l'air	23
Annexe A (informative) Effet de la circulation de l'air sur les conditions dans la chambre et sur les températures de surface des spécimens en essai	24
Figure 1 – Données expérimentales sur l'effet de la circulation d'air sur la température de surface d'une résistance bobinée – Circulation d'air selon une direction radiale	19
Figure 2 – Données expérimentales sur l'effet de la circulation d'air sur la température de surface d'une résistance bobinée – Circulation d'air selon une direction axiale	20
Figure 3 – Distribution de la température sur un cylindre avec une dissipation homogène de chaleur pour des vitesses de circulation d'air de 0,5, 1 et 2 m·s ⁻¹	21
Tableau 1 – Paramètres d'influence lors des essais de spécimens dissipant la chaleur	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

**Partie 3-1: Documentation d'accompagnement et guide –
Essais de froid et de chaleur sèche**

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.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60068-3-1 a été établie par le comité d'études 104 de la CEI: Conditions, classification et essais d'environnement.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1974, dont elle constitue une révision technique.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- retrait du guide concernant les caractéristiques thermiques des parois de la chambre;
- révision des sections traitant des chambres environnementales qui n'utilisent pas le mouvement de l'air pour le contrôle de la température.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
104/555/FDIS	104/558/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60068, publiées sous le titre général *Essais d'environnement*, est disponible sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 3-1: Documentation d'accompagnement et guide – Essais de froid et de chaleur sèche

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60068 fournit des lignes directrices relatives aux performances des essais de froid et de chaleur sèche.

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 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 60068-2-1, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

CEI 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

spécimen dissipant la chaleur

spécimen pour lequel la température du point le plus chaud de sa surface, mesurée à l'air libre et sous une pression atmosphérique spécifiée dans la CEI 60068-1, est supérieure de 5 K par rapport à la température ambiante de l'atmosphère environnante, après obtention de la stabilité thermique

3.2

spécimen ne dissipant pas la chaleur

spécimen qui ne produit pas de chaleur à un niveau susceptible d'affecter la température de l'air qui entoure le spécimen ou les spécimens situés à proximité

3.3

air libre

conditions dans un espace infini où le mouvement de l'air n'est affecté que par le spécimen dissipant la chaleur

4 Sélection des procédures d'essai

4.1 Contexte général

4.1.1 Généralités

Les performances du spécimen peuvent être influencées ou limitées par les températures auxquelles le spécimen fonctionne. Le niveau d'influence peut être affecté par les gradients

d'essai qui existent dans le système d'essai (chambre climatique ou environnementale) et par les températures internes du spécimen lui-même. Pour déterminer le niveau d'influence qui existe et s'assurer que le spécimen est conçu de façon appropriée, des essais de froid et/ou de chaleur sèche sont réalisés.

4.1.2 Température ambiante

Il convient que les valeurs maximales et minimales de la température ambiante auxquelles le spécimen sera soumis soient connues. Les valeurs préférentielles pour les essais sont fournies dans la CEI 60068-2-1 et/ou la CEI 60068-2-2.

Des difficultés peuvent apparaître du fait que le transfert de chaleur provoque des variations de températures dans la zone entourant le spécimen. Par conséquent, il convient de prendre en compte l'effet du transfert de chaleur à la température ambiante de l'atmosphère environnante. Il convient également que la circulation d'air liée à l'espacement entre les spécimens soit considérée pendant la réalisation d'un essai.

4.1.3 Températures des spécimens

Les performances des spécimens peuvent être affectées par leur propre température dans le cas de spécimens dissipant la chaleur. C'est pourquoi, lors du contrôle de l'environnement d'essai, il peut être nécessaire de mesurer la température en différents points à l'intérieur et à l'extérieur du spécimen soumis à l'essai.

4.1.4 Spécimens ne dissipant pas la chaleur

Si la température ambiante est uniforme et constante et qu'il n'y a pas de production de chaleur à l'intérieur du spécimen, un transfert de chaleur s'effectuera de l'atmosphère ambiante vers le spécimen si l'atmosphère ambiante est à une température supérieure à celui-ci. Inversement, un transfert de chaleur s'effectuera du spécimen vers l'atmosphère ambiante si le spécimen est à une température supérieure à celle-ci. Ce transfert de chaleur se poursuivra jusqu'à ce que le spécimen ait complètement atteint l'équilibre thermique avec l'atmosphère environnante. Le transfert de chaleur cessera alors à partir de cet instant, et ne se reproduira que si la température ambiante varie.

4.1.5 Spécimens dissipant la chaleur

S'il y a production de chaleur à l'intérieur du spécimen, la température du spécimen s'élèvera jusqu'à un point de stabilisation supérieur à la température ambiante. Il en résulte que, si une température stable est atteinte, la chaleur se dégagera en continu du spécimen par convection, rayonnement, et/ou conduction vers l'atmosphère, d'où le refroidissement du spécimen.

Si plusieurs spécimens sont soumis à un essai de chaleur sèche dans la même chambre, il est nécessaire de s'assurer que tous les spécimens sont placés à la même température ambiante et dans des conditions de montage identiques. Néanmoins, il ne s'est pas avéré nécessaire de distinguer l'essai d'un spécimen unique de l'essai de plusieurs spécimens lorsque l'essai de froid est effectué.

4.2 Mécanismes de transfert de chaleur

4.2.1 Convection

Le transfert de chaleur par convection est un facteur important lors de l'essai des spécimens dissipant la chaleur. Le coefficient du transfert de chaleur de la surface du spécimen en essai à l'air ambiant dépend de la vitesse de l'air environnant. Plus la vitesse de l'air est grande, plus le transfert de chaleur est efficace. Ainsi, pour une température de l'air ambiant donnée, la température de la surface du spécimen en essai sera d'autant plus faible que la vitesse de l'air sera plus élevée. Cet effet est mis en évidence par les Figures 1 et 2.

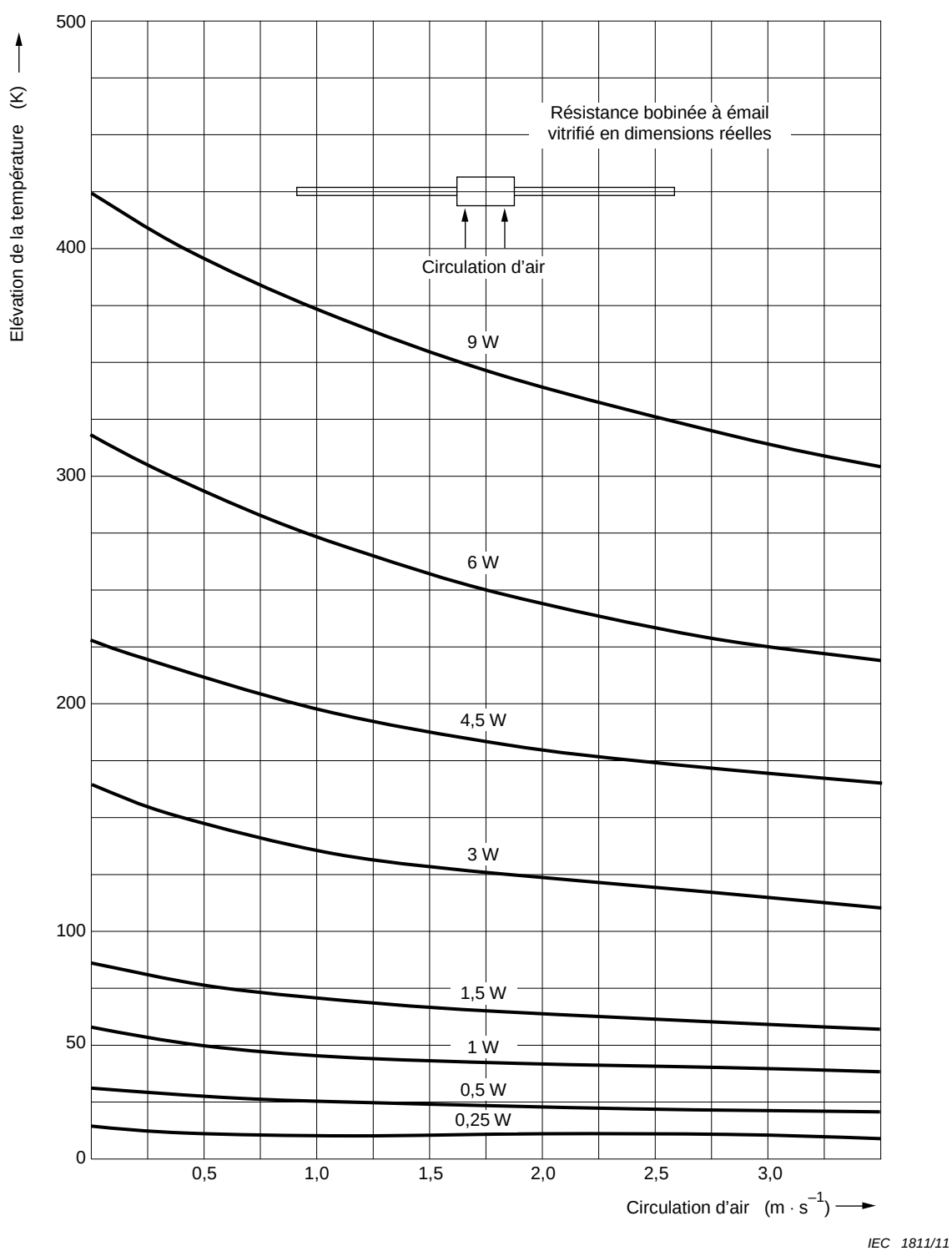


Figure 1 – Données expérimentales sur l'effet de la circulation d'air sur la température de surface d'une résistance bobinée – Circulation d'air selon une direction radiale

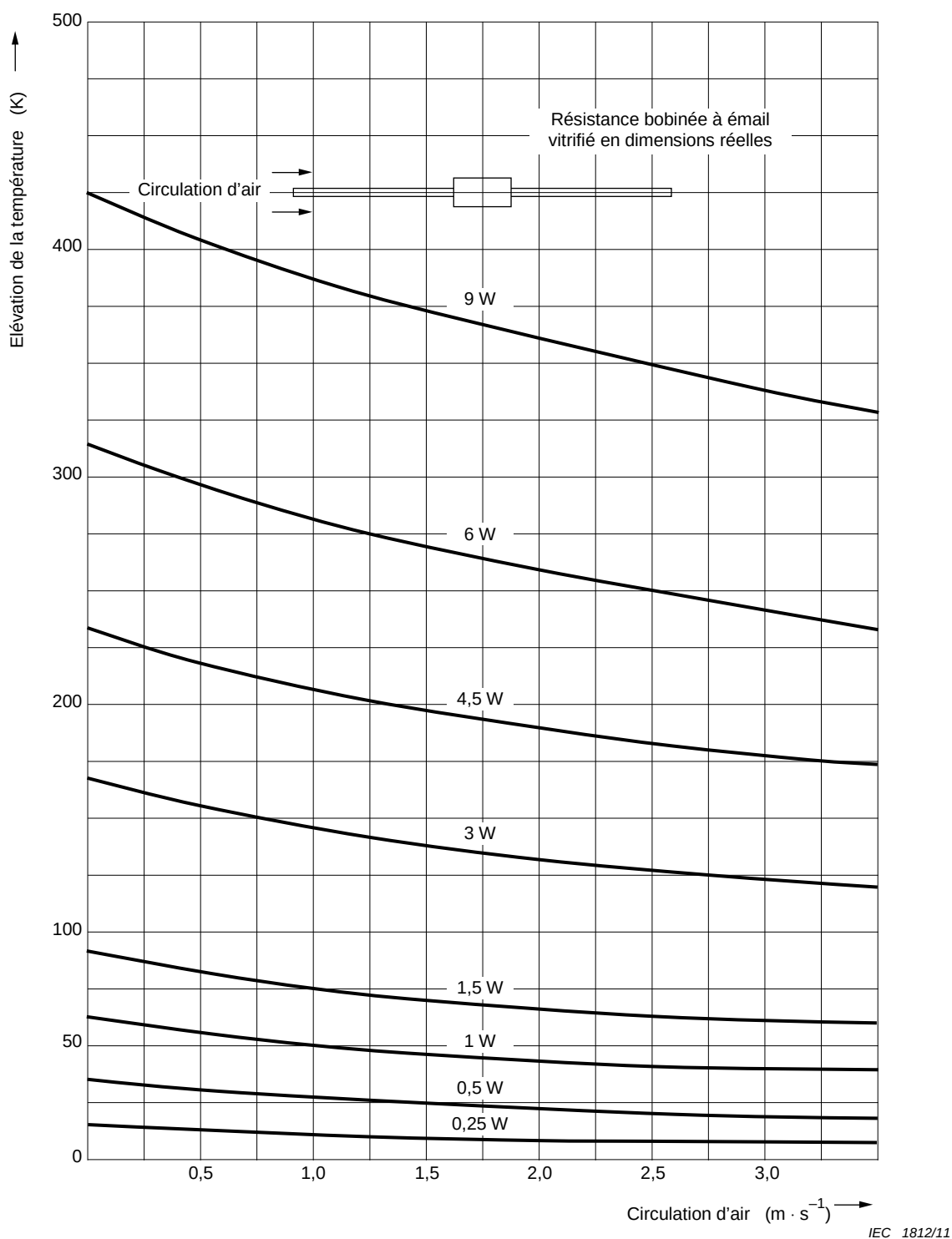
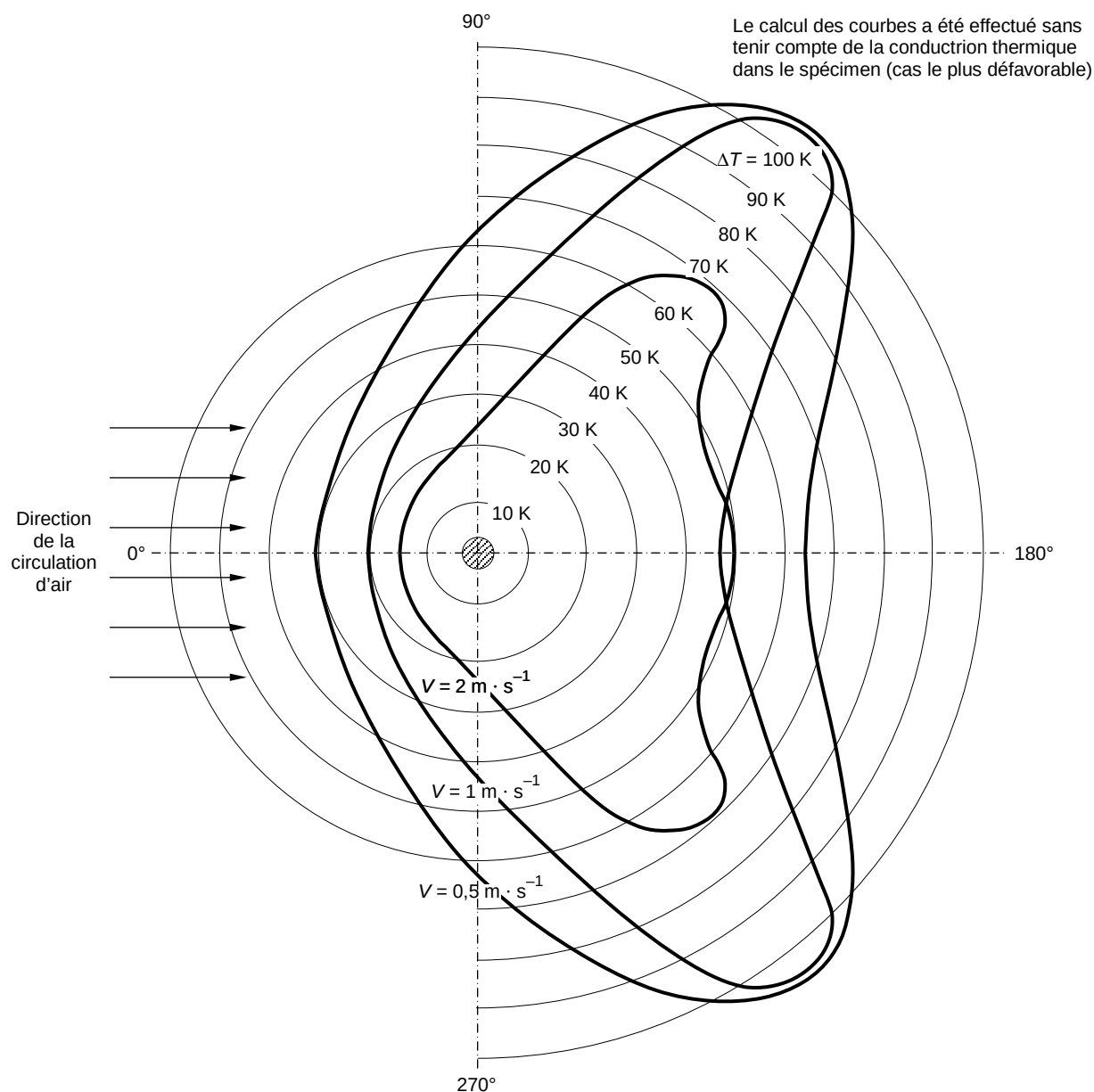


Figure 2 – Données expérimentales sur l'effet de la circulation d'air sur la température de surface d'une résistance bobinée – Circulation d'air selon une direction axiale

En plus de son influence sur la température de surface du spécimen en essai, la circulation d'air dans la chambre aura également une influence sur la distribution de la température sur la surface du spécimen en essai. Cet effet est illustré par la Figure 3.



ΔT est l'élévation de la température de surface du spécimen au-dessus de la température ambiante

V vitesse de l'air $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Température de l'air 70 °C

Diamètre du cylindre 6 mm

Dissipation de chaleur par unité de surface $1,5\text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$

IEC 1813/11

Figure 3 – Distribution de la température sur un cylindre avec une dissipation homogène de chaleur pour des vitesses de circulation d'air de 0,5, 1 et 2 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

C'est pourquoi, lors de l'essai des spécimens dissipant la chaleur, il convient de connaître les effets de la circulation d'air autour ou sur le spécimen, pour s'assurer que les conditions se rapprochent, autant que possible, des conditions d'air libre types ou des conditions attendues lorsque le spécimen fonctionne.

4.2.2 Rayonnement

Le transfert de chaleur par rayonnement thermique ne peut pas être négligé lorsque les conditions de la chambre d'essai pour l'essai des spécimens dissipant la chaleur sont

discutées. A « l'air libre », la chaleur émise par le spécimen en essai est absorbée par son environnement.

4.2.3 Conduction thermique

Le transfert de chaleur par conduction thermique dépend des caractéristiques thermiques de montage et autres connexions. Il convient de les connaître avant les essais.

Beaucoup de spécimens dissipant la chaleur sont destinés à être montés sur des dissipateurs thermiques ou sur d'autres éléments bons conducteurs, pour qu'une certaine partie de la chaleur soit effectivement transférée par conduction thermique.

La spécification particulière doit définir les caractéristiques thermiques du montage, et il convient de reproduire ces caractéristiques lors de la réalisation de l'essai.

Si un spécimen peut être monté de plusieurs façons avec différentes valeurs de conduction thermique, il convient d'utiliser le dispositif de montage qui a la conductivité thermique la plus basse pour les essais de chaleur sèche sur un spécimen dissipant la chaleur, et le dispositif de montage qui a la conductivité thermique la plus élevée pour tous les autres essais (essais de chaleur sèche sur des spécimens ne dissipant pas la chaleur, essais de froid sur des spécimens dissipant ou ne dissipant pas la chaleur).

4.2.4 Circulation forcée de l'air

Pour vérifier que la température des points représentatifs de la surface du spécimen en essai n'est pas perturbée par la vitesse de l'air dans la chambre, il convient de réaliser des mesures avec le spécimen à l'intérieur de la chambre, celle-ci étant en fonctionnement dans les conditions atmosphériques normalisées pour la mesure et les essais (voir CEI 60068-1). Si la température de surface en un point quelconque du spécimen en essai ne diminue pas de plus de 5 K par suite de l'influence de la circulation de l'air dans la chambre, le refroidissement dû à la circulation forcée de l'air peut être ignoré.

Lorsque la diminution de la température de surface est supérieure à 5 K, il convient de mesurer les températures d'un certain nombre de points représentatifs sur la surface du spécimen en essai pour donner une base de calcul des températures de surface aux conditions spécifiées pour l'essai. Il convient que ces mesures soient effectuées dans les conditions de charge prescrites dans la spécification particulière pour la température d'essai.

Pour des petits écarts de température (<5 K) entre la température ambiante et la température de surface du spécimen, on peut supposer que la température de surface sera la même lors d'essais à différentes températures ambiantes.

Il convient de baser le choix des points représentatifs à contrôler sur une connaissance détaillée du spécimen en essai (distribution thermique, points thermiquement critiques, etc.). Une caractérisation unique de la chambre peut couvrir les performances de la chambre pour une longue série du même type d'essais avec des spécimens similaires, alors que dans d'autres cas, il peut être nécessaire de réaliser une caractérisation avant chaque essai pour les différents types de spécimens.

4.3 Chambres d'essai

4.3.1 Généralités

Même dans des chambres de très grandes dimensions, la circulation d'air et la distribution de la température autour du spécimen en essai ne seront pas identiques à celles obtenues dans des conditions réelles d'air libre. Il n'est pas réalisable en pratique d'essayer de reproduire des conditions d'air libre pour les besoins de l'essai, mais il est possible de simuler les effets de ces conditions. Néanmoins, les résultats déjà obtenus et l'expérience montrent que les conditions dans une chambre de dimensions suffisantes avec une faible circulation d'air dans

l'espace de travail influencent la température du spécimen en essai à peu près comme les conditions d'air libre.

Le Tableau 1 donne les paramètres d'une chambre d'essai qu'il convient de prendre en compte lors des essais d'un spécimen dissipant la chaleur.

Tableau 1 – Paramètres d'influence lors des essais de spécimens dissipant la chaleur

Mécanisme de transfert	Convection		Rayonnement	Conduction
	Air libre	Circulation forcée de l'air		
Paramètre de la chambre	Dimensions de la chambre	Dimensions de la chambre, vitesse de l'air	Emissivité des parois de la chambre	Caractéristiques thermiques du montage

4.3.2 Méthodes permettant d'atteindre les conditions requises dans la chambre d'essai

4.3.2.1 Conception des chambres permettant de reproduire les effets des conditions d'air libre

Il convient de ne pas placer dans l'espace de travail les composants chauffants et refroidissants utilisés pour contrôler la température de cet espace.

4.3.2.2 Conception des chambres avec circulation forcée de l'air

Il convient que la circulation d'air soit aussi uniforme que possible et qu'elle soit dirigée de façon à minimiser les variations qui se produiraient à cause de la convection. Les effets de la circulation d'air sont détaillés en Annexe A.

4.4 Mesures

4.4.1 Température

Les mesures de température en différents points sur ou dans le spécimen sont recommandées pour les essais de spécimens dissipant la chaleur dans des conditions autres que celles de « l'air libre ». Il convient de baser le choix des points représentatifs sur une connaissance détaillée du spécimen en essai (distribution thermique, points thermiquement critiques, etc.).

4.4.2 Vitesse de l'air

Il convient de connaître la vitesse de l'air dans la chambre d'essai pour assurer des conditions uniformes à l'intérieur de la chambre dans le cas d'essais de plusieurs spécimens dans la même chambre. Il convient de lier les mesures à l'espace de travail dans la chambre ainsi qu'à la taille et la forme du spécimen en essai.

Annexe A (informative)

Effet de la circulation de l'air sur les conditions dans la chambre et sur les températures de surface des spécimens en essai

A.1 Calcul

Le calcul de l'effet de la circulation d'air sur la température du spécimen et sur le gradient de température dans la chambre utilise les symboles suivants, où:

- V est la vitesse de l'air ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$);
- $\lambda(V)$ est le coefficient du transfert de chaleur ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$);
- P est la quantité de chaleur transférée par unité de temps (W);
- F est la zone effective de dissipation (m^2);
- t est le temps (s);
- G est la masse d'air pénétrant ou sortant par unité de temps ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$);
- C_p est la capacité calorifique de l'air à pression constante ($1\,000\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$);
- γ est la masse volumique de l'air ($1,29\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$);
- S est la surface d'une section droite de la chambre (m^2);
- T est la température (K).

A.2 Température du spécimen

L'équation suivante exprime la température du spécimen:

$$T = \frac{1}{\lambda(V)} \times \frac{P}{F}$$

où

$$\lambda(V) = a + bV$$

$$a \cong 10$$

$$V < \frac{a}{b} < 3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Les résultats expérimentaux montrent que, pour des vitesses de l'air faibles correspondant à celles utilisées pour les essais, $b \cong 3$; b croît lorsque la vitesse de l'air croît jusqu'à $3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $b \cong 8$.

Si $V = 0,3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, l'erreur sur $T \leq 10\%$.

A.3 Gradient entre l'air pénétrant et l'air sortant

Le gradient entre l'air pénétrant et l'air sortant est exprimé comme suit:

$$\Delta T_{\text{air}} = \frac{P}{C_p G}$$

Les valeurs numériques pour une chambre cubique de 0,5 m d'arête avec une circulation d'air de $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et une dissipation à l'intérieur de la chambre de 100 W, sont les suivantes:

$$S = 0,25 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_{\text{air}} = \frac{100}{1000 \times 0,25 \times 0,3 \times 1,29} \text{ K} \cong 1 \text{ K}$$

Jusqu'à 100 W de dissipation, il y a peu de problèmes. A 1 kW, il convient de prendre en compte une chambre avec un volume plus grand ou un échange d'air plus élevé.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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