

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
60068-3-4**

Première édition
First edition
2001-08

Essais d'environnement –

**Partie 3-4:
Documentation d'accompagnement et guide –
Essais de chaleur humide**

Environmental testing –

**Part 3-4:
Supporting documentation and guidance –
Damp heat tests**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60068-3-4:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplaçées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**

- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. Online information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
60068-3-4**

Première édition
First edition
2001-08

Essais d'environnement –

**Partie 3-4:
Documentation d'accompagnement et guide –
Essais de chaleur humide**

Environmental testing –

**Part 3-4:
Supporting documentation and guidance –
Damp heat tests**

© IEC 2001 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 Varembé 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

P

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
1 Domaine d'application	8
2 Définitions	8
3 Méthodes de production et régulation de l'humidité	10
3.1 Généralités.....	10
3.2 Pulvérisation de l'eau.....	10
3.3 Injection de vapeur d'eau.....	10
3.4 Type à saturation.....	10
3.5 Surface d'évaporation	10
3.6 Solutions aqueuses	12
3.7 Déshumidification	12
3.8 Régulation de l'humidité.....	12
4 Aspect physique des effets de l'humidité	12
4.1 Condensation	12
4.2 Adsorption	14
4.3 Absorption	14
4.4 Diffusion	14
5 Accélération.....	14
5.1 Généralités.....	14
5.2 Facteur d'accélération	16
6 Comparaison entre les essais continus et les essais cycliques	16
6.1 Essai C: Essai continu de chaleur humide	16
6.2 Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide	16
6.3 Séquences d'essais et essais composites	16
7 Influence d'un essai d'environnement sur les spécimens	18
7.1 Variations des caractéristiques physiques	18
7.2 Variations des caractéristiques électriques.....	18
7.3 Corrosion	20
Annexe A (informative) Diagramme des effets de l'humidité.....	22
Bibliographie	30
Figure A.1 – Phénomènes physiques intervenant dans les essais d'humidité	26

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	9
2 Definitions	9
3 Procedures for the production and control of humidity	11
3.1 General	11
3.2 Injection of water (spraying)	11
3.3 Injection of water vapour (steam)	11
3.4 Saturation type	11
3.5 Surface evaporation	11
3.6 Aqueous solutions	13
3.7 Dehumidification	13
3.8 Control of humidity	13
4 Physical appearance of the effects of humidity	13
4.1 Condensation	13
4.2 Adsorption	15
4.3 Absorption	15
4.4 Diffusion	15
5 Acceleration	15
5.1 General	15
5.2 Acceleration factor	17
6 Comparison of steady-state and cyclic tests	17
6.1 Test C: Damp heat, steady-state	17
6.2 Test Db: Damp heat, cyclic test	17
6.3 Sequences of tests and composite tests	17
7 Influence of test environment on specimens	19
7.1 Change of physical characteristics	19
7.2 Change of electrical characteristics	19
7.3 Corrosion	21
Annexe A (informative) Humidity effects diagram	23
Bibliography	31
Figure A.1 – Physical processes involved in humidity testing	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT -

Partie 3-4: Documentation d'accompagnement et guide -
Essais de chaleur humide

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60068-3-4 a été établie par le comité d'études 104 de la CEI: Conditions, classification et essais d'environnement.

Cette première édition de la CEI 60068-3-4 annule et remplace la troisième édition de la CEI 60068-2-28, publiée en 1990, dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
104/208/FDIS	104/215/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 3.

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENVIRONMENTAL TESTING –**Part 3-4: Supporting documentation and guidance –
Damp heat tests****FOREWORD**

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60068-3-4 has been prepared by IEC Technical Committee 104: Environmental conditions, classification and methods of test.

This first edition of IEC 60068-3-4 replaces and cancels the third edition of IEC 60068-2-28, published in 1990, of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
104/208/FDIS	104/215/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 3.

Annex A is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La température et l'humidité relative (HR) de l'air, combinées de façon variable, constituent des facteurs climatiques qui agissent sur un produit pendant son stockage, son transport et son fonctionnement.

Des mesures météorologiques effectuées sur plusieurs années ont montré qu'une humidité relative supérieure à 95 % associée à une température supérieure à 30 °C ne se présente pas en conditions normales à l'air libre durant de longues périodes, sauf dans des régions de climats extrêmes. Dans les locaux d'habitation ou les ateliers, des températures supérieures à 30 °C peuvent régner mais, dans la plupart des cas, elles sont associées à une humidité relative plus basse que dans une atmosphère normale.

Des conditions particulières existent par exemple dans certaines salles humides de l'industrie chimique, dans les installations pour la métallurgie, les mines, les locaux d'électrolyse, les blanchisseries où la température peut s'élever jusqu'à 45 °C, associée à une humidité relative allant jusqu'à la saturation, pendant de longues périodes.

Il peut cependant arriver que certains matériaux placés dans des conditions particulières puissent être soumis à des humidités relatives supérieures à 95 % avec des températures plus élevées. C'est le cas notamment lorsque le matériel est placé dans des enceintes telles que des véhicules, des tentes ou des carlingues d'avion; ces conditions peuvent conduire à un échauffement intense provoqué par le rayonnement solaire alors que, en raison d'une ventilation inadaptée, de l'humidité pouvant se développer sera maintenue en permanence à l'intérieur.

Dans des locaux ayant plusieurs sources de chaleur, les températures et les humidités relatives des différentes parties du local risquent de différer d'un point à l'autre.

La pollution atmosphérique peut renforcer les effets d'une atmosphère humide sur les produits. L'attention est attirée sur ce point, en raison de son importance en général, même s'il n'y a pas d'agents polluants dans les atmosphères utilisées pour les essais de chaleur humide. S'il est nécessaire de déterminer l'influence d'agents polluants, par exemple la corrosion et les moisissures, il convient d'utiliser un essai approprié issu de la CEI 60068-2.

INTRODUCTION

Temperature and relative humidity (RH) of the air, in varying combinations, are climatic factors which act upon a product during storage, transportation and operation.

Meteorological measurements made over many years have shown that a relative humidity >95 % combined with a temperature >30 °C does not occur in free air conditions over long periods, except in regions with extreme climates. In dwelling rooms and workshops temperatures of >30 °C may occur but in most cases are combined with a lower relative humidity than in the open air.

Special conditions exist in certain wet rooms for example, in the chemical industry, metallurgical plants, mines, electroplating plants and laundries, where the temperature can reach 45 °C combined with a relative humidity up to saturation over long periods.

Certain equipment placed under particular conditions may be subjected to relative humidities of more than 95 % at higher temperatures. This may happen when the equipment is placed in enclosures, such as vehicles, tents or aircraft cockpits, since this can result in intense heating through solar radiation while, because of inadequate ventilation, any humidity that may be developed will be retained permanently within the interior.

In rooms having several heat sources, temperatures and relative humidities may vary in different parts of the room.

Atmospheric pollution can intensify the effects of a damp climate on products. Attention is drawn to this fact because of its general importance, although pollutants are not contained in the atmospheres used for damp heat testing. If the effects of pollutants, for example corrosion and mould growth, are to be investigated, a suitable test from the IEC 60068-2 series should be used.

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT -

Partie 3-4 – Documentation d'accompagnement et guide – Essais de chaleur humide

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 60068 rassemble les informations nécessaires aux rédacteurs qui, lors de l'établissement d'une spécification particulière telles que des normes pour les composants ou les matériels, choisissent les essais appropriés et leurs sévérités pour un produit particulier et, dans certain cas, pour des types d'application donnés.

Le but de ces essais de chaleur humide est de déterminer l'aptitude des produits à supporter les contraintes d'un environnement à forte humidité relative, avec ou sans condensation, et plus particulièrement de déterminer les variations de leurs caractéristiques électriques et mécaniques. Les essais de chaleur humide peuvent aussi être appliqués en vue de vérifier la résistance d'un spécimen à certaines formes d'attaque par corrosion.

2 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60068, les définitions suivantes s'appliquent.

2.1

condensation

précipitation de vapeur d'eau sur une surface dont la température est plus basse que celle du point de rosée de l'air ambiant. L'eau est, de ce fait, transformée de l'état de vapeur à l'état liquide

2.2

adsorption

adhérence de molécules de vapeur d'eau à une surface dont la température est plus élevée que celle du point de rosée

2.3

absorption

accumulation des molécules d'eau à l'intérieur d'un matériau

2.4

diffusion

cheminement des molécules d'eau à travers un matériau, provoqué par une différence des pressions partielles

NOTE La diffusion entraîne un équilibre des pressions partielles, tandis que l'écoulement (tel qu'à travers des fuites lorsque celles-ci sont suffisamment importantes pour provoquer un écoulement visqueux ou laminaire) finit toujours par entraîner un équilibre des pressions totales.

2.5

respiration

échange d'air entre une cavité et son environnement, produit par une variation de la température

ENVIRONMENTAL TESTING –**Part 3-4: Supporting documentation and guidance –
Damp heat tests****1 Scope**

This part of IEC 60068 provides the necessary information to assist in preparing relevant specifications, such as standards for components or equipment, in order to select appropriate tests and test severities for specific products and, in some cases, specific types of application.

The object of damp heat tests is to determine the ability of products to withstand the stresses occurring in a high relative humidity environment, with or without condensation, and with special regard to variations of electrical and mechanical characteristics. Damp heat tests may also be utilized to check the resistance of a specimen to some forms of corrosion attack.

2 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60068, the following definitions apply.

2.1**condensation**

precipitation of water vapour on a surface when the surface temperature is lower than the dewpoint temperature of the ambient air whereby water is transformed from vapour to the liquid state of aggregation

2.2**adsorption**

adherence of water vapour molecules to a surface when the surface temperature is higher than the dewpoint temperature

2.3**absorption**

accumulation of water molecules within a material

2.4**diffusion**

transportation of water molecules through a material, produced by a partial pressure difference

NOTE Diffusion results in a balance of partial pressures, whilst flow (such as through leaks, when the dimensions of such leaks are great enough to provide viscous or laminar flow) always finally results in the balance of the total pressures.

2.5**breathing**

exchange of air between a hollow space and its surroundings, produced by changes of temperature

3 Méthodes de production et régulation de l'humidité

3.1 Généralités

Il existe un grand nombre de chambres d'essais en humidité équipées de différents systèmes de production et de contrôle d'humidité.

Il convient d'utiliser de l'eau distillée ou déionisée. Il convient que cette eau ait un pH compris entre 6,0 et 7,2 et une résistivité minimale égale à 0,05 MΩ.cm.

Il convient que tout l'intérieur de la chambre soit nettoyé.

Dans les paragraphes suivants, seuls les principaux procédés de production de l'humidité sont mentionnés.

3.2 Pulvérisation de l'eau

L'eau est pulvérisée sous forme de très fines particules ou gouttelettes.

L'aérosol ainsi produit humidifie le courant d'air avant son introduction dans l'espace de travail de la chambre; la majeure partie des gouttelettes s'évapore au cours du processus. Des petites gouttelettes d'eau peuvent rester en suspension dans le flux d'air.

Il faut éviter l'injection directe de l'eau dans l'espace de travail.

Ce procédé simple donne une humidification rapide et nécessite peu d'entretien.

3.3 Injection de vapeur d'eau

La vapeur d'eau chaude est insufflée dans l'espace de travail de la chambre.

Ce procédé simple donne une humidification rapide et il est plus facile à entretenir (valve à vapeur). Cependant les calories introduites qui en résultent peuvent demander un refroidissement supplémentaire pouvant entraîner des effets de déshumidification.

3.4 Type à saturation

L'air est insufflé dans un récipient contenant de l'eau, il devient alors saturé de vapeur.

Pour un débit d'air donné, l'humidité est facile à contrôler en faisant varier la température de l'eau. Si l'on réalise une augmentation de l'humidification en augmentant la température de l'eau, cela peut provoquer une élévation de la température dans l'espace de travail et, en raison de la capacité thermique de l'eau, le temps de réponse sera plus long. Cela peut demander un refroidissement supplémentaire pouvant entraîner des effets de déshumidification.

Si des bulles se créent, elles peuvent produire un peu d'aérosol lors de leur éclatement.

3.5 Surface d'évaporation

L'air est humidifié en passant sur une grande surface d'eau. Diverses méthodes sont utilisées, par exemple le passage répété d'un courant d'air sur de l'eau calme ou le ruissellement d'un jet d'eau sur une surface verticale avec un courant d'air circulant en sens inverse.

3 Procedures for the production and control of humidity

3.1 General

There are a great number of humidity test chambers available, equipped with different methods of humidity generation and of humidity control.

Distilled or deionized water should be used. The water should have a pH value between 6,0 and 7,2 and a minimum resistivity of 0,05 MΩ.cm.

All internal parts of the chamber should be maintained in a clean condition.

In the following subclauses, only the principal methods of generation of humidity are mentioned.

3.2 Injection of water (spraying)

Water is atomized to very fine particles or droplets.

The spray produced in this way moistens the air stream before it enters the working space, the greater part of the droplets evaporating on the way. Small droplets of water may remain in the airflow.

Direct water injection into the working space must be avoided.

This simple system gives rapid humidification and requires little maintenance.

3.3 Injection of water vapour (steam)

Evaporated water (steam) is blown into the working space of the chamber.

This system gives rapid humidification, and is easier maintained (steam valve). However, the resultant heat input may necessitate additional cooling with possible dehumidification effects.

3.4 Saturation type

Air is blown through a vessel containing water, thus becoming saturated with vapour.

At a fixed airflow, the humidity is controlled by changing the water temperature. If an increase of humidification is produced by increasing the water temperature, this may cause a temperature rise in the working space and, due to the thermal capacity of the water, the response time may be longer. This may necessitate additional cooling with possible dehumidification effects.

If bubbles occur they may produce a small amount of spray when bursting.

3.5 Surface evaporation

The air is humidified by passing it over a large surface area of water. Different methods are used, for example repeated air flow over standing water or water-jet scrubbing over a vertical surface with the air stream in counter current.

Dans ce système, la formation d'aérosol est minimisée. L'humidité est facile à régler en faisant varier la température de l'eau. En raison de la capacité thermique de l'eau, il peut y avoir un temps de réponse plus long.

3.6 Solutions aqueuses

Une humidité relative donnée est produite par des solutions aqueuses salines normalisées dans des petites chambres étanches à température constante. Ce système n'est pas approprié pour les spécimens dissipateurs d'énergie ou pour les spécimens absorbant de grandes quantités d'humidité.

Des particules de sel peuvent se déposer à la surface des spécimens essayés. Dans certains cas, par exemple avec les sels d'ammonium, ces particules peuvent être dangereuses pour la santé et provoquer une corrosion dans certains matériaux.

3.7 Déshumidification

Pour contrôler l'humidité, différentes méthodes de déshumidification sont utilisées, y compris les surfaces froides, l'injection d'air sec, les dessiccateurs, etc.

3.8 Régulation de l'humidité

Les dimensions de la chambre, l'humidificateur et le temps de réponse des capteurs de température/d'humidité ont une grande importance sur la précision du système de régulation d'humidité. Les performances de l'étuve peuvent se dégrader, et par conséquent la précision est affectée par la qualité de la maintenance.

4 Aspect physique des effets de l'humidité

4.1 Condensation

La température du point de rosée dépend de la quantité de vapeur d'eau existant dans l'air. Il existe une relation directe entre le point de rosée, l'humidité absolue et la pression de vapeur.

Quand on introduit un spécimen dans la chambre d'essai, de la condensation peut se produire si sa température en surface est plus basse que celle du point de rosée de l'air de la chambre. Il peut être nécessaire de préchauffer le spécimen si la condensation n'est pas souhaitée.

Quand on désire obtenir une condensation sur le spécimen pendant la durée du conditionnement, la température et l'humidité de l'air doivent croître de façon que la température du point de rosée de l'air devienne supérieure à la température de surface du spécimen.

Si le spécimen a une faible constante de temps thermique, la condensation ne peut se produire que si la température du point de rosée de l'air augmente très rapidement, ou si l'humidité relative est très proche de 100 %. Avec la vitesse d'élévation de la température prescrite pour les essais Db, il se peut que de la condensation ne se produise pas sur de très petits spécimens.

Une condensation, liée à la chute de la température ambiante, peut être constatée sur la surface interne des boîtiers.

En général, la condensation peut habituellement être détectée par vérification visuelle, même si cela n'est pas toujours possible, en particulier pour de petits objets ayant une surface rugueuse.

In this system, the spray is minimized. The humidity is controlled by changing the water temperature. Due to the thermal capacity of the water, the response time may be longer.

3.6 Aqueous solutions

Relative humidity is generated over standardized aqueous solutions of salts in small sealed chambers at constant temperature. This system is not appropriate for heat-dissipating specimens or for specimens absorbing large quantities of moisture.

Salt particles may be deposited on the surface of the test specimens. In some cases, for example with ammonium salts, these particles may be hazardous to health and may cause stress corrosion in some materials.

3.7 Dehumidification

In order to control humidity, various dehumidification methods are used, including cold surfaces, injection of dry air, desiccants etc.

3.8 Control of humidity

The size of the chamber, the humidifier and the response time of temperature/humidity sensors have important influences on the possible uncertainties of the humidity control system. The chamber performance can degrade, and therefore uncertainty is affected by the quality of maintenance.

4 Physical appearance of the effects of humidity

4.1 Condensation

The dewpoint temperature depends on the content of water vapour in the air. A direct relationship exists between dewpoint, absolute humidity and vapour pressure.

When introducing a specimen into a test chamber condensation may occur if its surface temperature is lower than the dewpoint temperature of the chamber air. It may be necessary to pre-heat the specimen if condensation has to be prevented.

When condensation is required on the specimen during the conditioning period, the temperature and the water content of the air shall be raised so that the dewpoint temperature of the air becomes higher than the surface temperature of the specimen.

If the specimen has a low thermal time constant, condensation occurs only if the dewpoint temperature of the air increases very rapidly, or if the relative humidity is very close to 100 %. With the rate of temperature rise prescribed for tests Db, condensation may not occur on very small specimens.

Condensation may occur on the inner surface of casings subsequent to a fall in ambient temperature.

In general, condensation can usually be detected by visual inspection, however, this is not always possible, especially with small objects having a rough surface.

4.2 Adsorption

La quantité d'humidité qui peut adhérer à la surface dépend du type de matériau, de la structure de sa surface, de la pression de vapeur et de la température. Une estimation distincte des effets dus à l'adsorption est difficile en raison des effets habituels d'absorption qui sont plus marqués.

4.3 Absorption

La quantité d'humidité qui sera absorbée dépend du matériau, de la pression de vapeur, de la température et de la quantité d'eau contenue dans l'air ambiant. Le processus d'absorption se déroule de façon continue jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. La vitesse de pénétration des molécules d'eau augmente avec la température.

4.4 Diffusion

Un exemple de diffusion fréquemment rencontré pour les composants électroniques est la pénétration de vapeur d'eau au travers des encapsulations faites en matériaux organiques, par exemple dans un condensateur ou un dispositif à semi-conducteur, ou à travers le composé utilisé pour fermer l'enveloppe.

5 Accélération

5.1 Généralités

Le but d'un essai accéléré est d'obtenir, dans la mesure du possible, les mêmes variations de caractéristiques que celles qui se produiraient dans l'environnement normal de fonctionnement, mais en un temps plus court. Différents processus de défaillance peuvent se produire pour des conditions plus sévères que celles qui pourraient exister en conditions normales d'utilisation.

Il convient que la sévérité de l'essai soit choisie en tenant compte des conditions extrêmes de service et de stockage pour lesquelles un produit est fabriqué.

Alors que le temps requis pour les processus de condensation et d'adsorption est en général plutôt court, des temps beaucoup plus longs (jusqu'à plusieurs milliers d'heures) peuvent être nécessaires pour les processus d'absorption et de diffusion avant qu'un état d'équilibre soit atteint.

Si l'on connaît la relation entre la vitesse de pénétration et la température, l'accélération d'un essai de chaleur humide peut être réalisée en utilisant une température plus élevée.

Une certaine accélération complémentaire peut être obtenue en utilisant une tension de polarisation (voir essais Cx et Cy).

Le cycle de températures tel qu'il s'applique pour les essais Db n'a en général pas d'effet d'accélération pour les processus d'absorption et de diffusion. Du fait que la vitesse de pénétration de la vapeur d'eau augmente avec l'élévation de la température, l'absorption se produira plus lentement avec l'essai Db si la valeur moyenne réelle des deux niveaux de température est inférieure à la température d'épreuve de l'essai C.

4.2 Adsorption

The amount of humidity that may adhere to the surface depends on the type of material, its surface structure, the vapour pressure and the temperature. Separate evaluation of the effects of adsorption is difficult due to the usual effects of absorption being more evident.

4.3 Absorption

The quantity of moisture which will be absorbed, depends on the material, the vapour pressure, the temperature and the water content of the ambient air. The absorbing process proceeds steadily until equilibrium is established. The speed of penetration of the water molecules increases with the temperature.

4.4 Diffusion

An example of diffusion, which is frequently found in electronic components, is the penetration of water vapour through encapsulations of organic material, for example into a capacitor or semiconductor device, or through the sealing compound into the casing.

5 Acceleration

5.1 General

The aim of an accelerated test is to obtain as far as possible the same changes of characteristics as would occur in the normal service environment but in a much shorter time. Different failure mechanisms may occur under severe conditions than would occur under normal conditions of use.

The severity of the test should be chosen taking into account the limiting conditions of service and storage for which a product is constructed.

While the time required for condensation and adsorption processes is in general rather short, much longer periods of time (up to several thousand hours) may be needed for absorption and diffusion processes until the equilibrium state is reached.

When the relationship between penetration speed and temperature is known, acceleration of a damp-heat test may be achieved by using a higher temperature.

Some additional acceleration may be achieved by the use of bias voltage (see tests Cx and Cy).

The cycling of temperature as applied in the Db tests has, in general no accelerating effect on the absorption and diffusion processes. In view of the fact that the speed of penetration of water vapour increases with rising temperature, the absorption will proceed more slowly with test Db if the effective average value of the two temperature levels is lower than the test temperature of test C.

5.2 Facteur d'accélération

Il n'est pas possible de donner un facteur d'accélération valable dans tous les cas pour les essais de chaleur humide. Si l'on souhaite connaître le facteur d'accélération, il peut seulement être déterminé de manière empirique pour chaque produit particulier.

Pour des essais comparatifs, un haut degré d'accélération peut être utile et il peut être envisagé si le mécanisme de défaillance est le même pour tous les spécimens.

6 Comparaison entre les essais continus et les essais cycliques

6.1 Essai C: Essai continu de chaleur humide

Il convient d'utiliser les essais continus lorsque l'adsorption, l'absorption ou la diffusion jouent le rôle principal. Lorsque la diffusion et non la respiration sont en cause, il convient appliquer soit l'essai continu soit l'essai cyclique selon le type de spécimen et son application.

Dans beaucoup de cas, l'essai Cab est appliqué pour déterminer si les caractéristiques électriques requises du diélectrique demeurent inchangées dans une atmosphère humide ou si une encapsulation isolante peut garantir une protection suffisante.

Une autre méthode d'essai pour vérifier les effets de diffusion peut être réalisée par l'utilisation des essais Cx ou Cy.

Pour un certain nombre de spécimens, les contraintes produites par l'essai continu peuvent être très similaires à celles produites par un essai cyclique. Dans ces cas, des raisons d'économie de temps peuvent déterminer le choix de l'essai approprié.

6.2 Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide

Quand un essai cyclique de chaleur humide est approprié, l'essai Db peut être utilisé pour tous les types de spécimens. Il convient d'appliquer les essais cycliques dans tous les cas où les effets de la condensation, ou de la pénétration et de l'accumulation de vapeur d'eau sous l'action de la respiration sont importants.

Il est préférable d'appliquer la variante 1 dans tous les cas où les effets d'absorption, ou de la pénétration et de l'accumulation de vapeur d'eau sous l'action de la respiration sont importants.

La variante 2 requiert un matériel d'essai moins sophistiqué et peut être utilisée si ces effets sont de moindre importance.

L'essai d'étanchéité Q peut rapidement déceler des fuites qui pourraient permettre la respiration. Cependant, il ne peut pas reproduire les effets d'un essai cyclique d'humidité.

6.3 Séquences d'essais et essais composites

Un exemple du besoin en séquences d'essais ou d'essais composites pourrait être celui de déterminer l'étanchéité ou la détection de fines craquelures par l'application d'un ou de plusieurs cycles de températures. Il n'est cependant pas nécessaire, en général, de combiner les cycles de températures avec des cycles d'humidité.

L'effet désiré peut être rendu plus sévère lorsque l'essai N (Variation de température) est appliqué et qu'il est suivi du plus approprié des essais C ou Db. L'effet sera aussi accru si l'essai d'humidité est immédiatement suivi de l'essai A (Froid). Le grand écart de température avec l'essai N produit une contrainte thermique beaucoup plus importante que l'essai Db dans lequel la vitesse de variation de la température est plutôt faible.

5.2 Acceleration factor

It is not possible to give a generally valid acceleration factor for damp-heat tests. If it is desired to know the acceleration factor, it can only be determined empirically for each particular product.

For comparative tests, a high degree of acceleration may be useful and admissible if the failure mechanism does not change for the different specimens.

6 Comparison of steady-state and cyclic tests

6.1 Test C: Damp heat, steady-state

The steady-state test should be used where adsorption, absorption or diffusion plays the main part. When diffusion but not breathing is involved, either the steady-state or the cyclic test should be applied depending on the type of specimen and its application.

In many cases, test Cab is applied to determine whether the required electrical characteristics of the dielectric are maintained in the humid atmosphere or whether an insulating encapsulation can guarantee sufficient protection.

An alternate test method for investigating the effects of diffusion can be achieved by the use of test Cx or Cy.

For some of specimens, the stresses produced by a steady-state test may be similar to those produced by a cyclic test. In such cases, time constraints may determine the selection of the appropriate test.

6.2 Test Db: Damp heat, cyclic test

When a cyclic damp heat test is appropriate, test Db may be used for all types of specimens. Cyclic tests should be applied in all cases where the effects of condensation, or of the ingress and accumulation of water vapour by breathing, are important.

Variant 1 is preferred in cases where the effects of absorption, or of the ingress and accumulation of water vapour by breathing are important.

Variant 2 requires less sophisticated test equipment and can be used in cases where these effects are of minor importance.

Test Q, sealing, can quickly detect leaks which may permit breathing. However, it cannot reproduce the effects of a cyclic humidity test.

6.3 Sequences of tests and composite tests

An example of the need for a sequence or composite test would be the determination of joint tightness or crack detection by the application of one or more temperature cycles. It is not generally necessary to combine temperature cycles with humidity.

The desired effect can be made more stringent when test N: change of temperature, is applied followed by test C or test Db as appropriate. The effect will also be enhanced if the humidity test is immediately followed by test A: Cold. The large temperature difference with test N produces a much greater thermal stress than test Db where the rate of change of temperature is rather slow.

Un essai composite comportant plusieurs cycles de chaleur humide et un cycle de froid est recommandé lorsque des spécimens composés de différents matériaux et comportant des joints, spécialement les spécimens ayant des joints en verre cimenté, sont à essayer. Un essai de ce type (Essai Z/AD) est spécifié; il diffère des autres essais cycliques de chaleur humide par sa plus grande efficacité due à un plus grand nombre de variations de température dans un temps donné, à une température supérieure plus élevée et à un nombre supplémentaire d'excursions vers des températures en dessous de zéro. La respiration accélérée et l'effet du gel de l'eau emprisonnée dans les craquelures ou les fissures constituent les effets essentiels de l'essai composite.

L'introduction des cycles froids entre les cycles d'humidité est destinée à geler l'eau qui peut avoir été retenue dans les défectuosités et, par dilatation due au gel, à transformer ces défectuosités en défauts plus rapidement que cela ne se produirait au cours d'un fonctionnement normal.

Il est à noter, cependant, que l'effet du gel ne se produira que si les dimensions des fissures sont suffisamment grandes pour permettre la pénétration d'une certaine quantité d'eau comme c'est normalement le cas dans les fissures entre les joints d'étanchéité et les assemblages métalliques ou entre les joints d'étanchéité et les fils de sortie.

Pour les petites craquelures ou les matériaux poreux, par exemple dans une encapsulation en matière plastique, l'effet d'absorption prédominera et il convient de préférence de choisir un essai continu de chaleur humide pour mettre en évidence ces effets.

7 Influence d'un essai d'environnement sur les spécimens

7.1 Variations des caractéristiques physiques

Dans une atmosphère humide, les caractéristiques mécaniques et optiques des matériaux peuvent varier, par exemple: dilatation du matériau, variation des caractéristiques de la surface comme le coefficient de friction, variation de la résistance, etc.

Pour déterminer ces variations de caractéristiques, cela dépend de l'application, si un essai continu ou cyclique convient, et si la condensation est requise ou non.

7.2 Variations des caractéristiques électriques

7.2.1 Avec l'humidité de surface

Si la surface d'un matériau isolant est affectée par la condensation ou par une certaine quantité d'humidité adsorbée, certaines caractéristiques électriques peuvent varier, comme la diminution de la résistance superficielle, l'augmentation de l'angle de pertes (pour les capacités/inductances, en courant alternatif). Des courants de fuites peuvent également apparaître.

En général, l'essai Db est appliqué dans ces cas-là. Si la condensation est exclue, l'essai Cab peut être utilisé en remplacement.

Dans certains cas, les spécimens doivent être allumés, chargés ou mesurés pendant l'épreuve.

En général, les variations des caractéristiques électriques dues à l'humidité en surface se manifestent après quelques minutes.

A composite test consisting of several damp heat cycles and a cold cycle is recommended when specimens composed of different materials and including joints, especially specimens including cemented glass joints, are to be tested. Such a test is specified in test Z/AD and differs from other cyclic damp heat tests in that it derives its added effectiveness from a greater number of temperature variations in a given time, a higher upper temperature and the addition of a number of excursions to sub-zero temperatures. The accelerated breathing and the effect of the freezing of trapped water in cracks or fissures are the essential effects of the composite test.

The introduction of cold cycles between the humidity cycles is intended to freeze water which may have been retained in any defects and by expansion due to freezing, to convert such defects into faults more rapidly than would occur during normal life.

It is emphasized, however, that the freezing effect will occur only if the fissure dimensions are large enough to allow the penetration of a coherent mass of water, as is normally the case in fissures between seals and metal assemblies or between seals and wire terminations.

For small hairline cracks or porous materials, for example in plastic encapsulation, the absorption effect will prevail and a steady-state, damp heat test should be preferred for investigating these effects.

7 Influence of test environment on specimens

7.1 Change of physical characteristics

Mechanical and optical characteristics of materials may change in humid atmospheres, e.g. material expansion, variation of surface characteristics such as the coefficient of friction, change of strength, etc.

To determine such changes of characteristics, it depends on the application whether a steady-state or a cyclic test is appropriate, and whether or not condensation is required.

7.2 Change of electrical characteristics

7.2.1 With surface moisture

If the surface of an insulating material is affected by condensation or by a certain amount of adsorbed moisture, certain electrical characteristics can change, such as decrease of surface resistance, increase of loss angle (for capacities/inductance with alternating current). Leakage currents can also occur.

In general, test Db is applied in such cases. If, condensation is excluded, test Cab can be used instead.

In certain cases, specimens are required to be switched on, loaded or measured during conditioning.

In general, changes of electrical characteristics due to surface moisture will become evident after a few minutes.

7.2.2 Avec pénétration d'humidité

L'humidité absorbée par un matériau isolant peut provoquer la variation d'un certain nombre de caractéristiques électriques, comme la diminution de la rigidité diélectrique, la diminution de la résistance d'isolement, l'augmentation de l'angle de pertes, l'augmentation de la capacité.

Puisque les processus d'absorption et de diffusion se produisent sur de longues périodes de temps et que l'équilibre est atteint seulement après plusieurs centaines ou même milliers d'heures, il convient de choisir en conséquence de longues durées de conditionnement. L'extrapolation des résultats de l'essai n'est possible que si la relation avec le temps est connue. Ainsi, par exemple, une encapsulation en matière plastique qui semble avoir une tenue satisfaisante après 56 jours d'exposition à l'essai Cab peut se dégrader sur une période plus longue à cause de l'absorption et/ou de la diffusion d'une trop grande quantité d'humidité.

L'évaluation de l'influence de l'humidité ayant pénétré peut se révéler problématique lorsque les parties fonctionnelles de l'encapsulation sont une protection supplémentaire contre l'humidité, assurée par exemple, par la passivation des semi-conducteurs, par l'inclusion d'agents desséchants, etc.

7.3 Corrosion

La corrosion ne peut se produire qu'en présence d'une quantité suffisante d'humidité. Avec une augmentation d'humidité ou de température l'effet de corrosion est accéléré; les détériorations les plus importantes par la corrosion se produiront au cours de cycles répétés de condensation suivie d'évaporation.

Il convient de ne pas utiliser les essais de chaleur humide pour la détermination des effets de corrosion. Toutefois, si des substances étrangères sont déposées sur des surfaces métalliques, par exemple des résidus de flux, ou d'autres résidus liés aux procédés de fabrication, des poussières, des empreintes de doigts, etc., celles-ci peuvent produire ou favoriser la corrosion en présence d'humidité.

Les joints entre différents métaux ou entre un métal et un matériau non métallique peuvent être à l'origine de corrosion en présence de condensation ou d'humidité relative élevée.

Cela peut être augmenté par l'utilisation de tension de polarisation (voir les essais Cx et Cy).

7.2.2 With penetrated moisture

Moisture absorbed by an insulating material may cause a variation of electrical characteristics, such as decrease of electric strength, decrease of insulation resistance, increase of loss angle, increase of capacitance.

Since the absorption and diffusion processes occur over long periods of time and the equilibrium state is reached only after some hundreds or even thousands of hours, long conditioning times should be chosen accordingly. The extrapolation of test results is only possible if the time dependency is known. As an example, plastic encapsulation which appears satisfactory after 56 days of exposure to test Cab may deteriorate over a longer period due to absorption/diffusion of high moisture quantity.

The evaluation of the influence of absorbed moisture may become problematic when the functional parts in the encapsulation are additionally protected against humidity, for example by the passivation of semiconductors, by enclosing drying agents, etc.

7.3 Corrosion

Corrosion can occur when a sufficient amount of moisture is available. With increasing humidity or temperature the corrosive effect is accelerated; severe deterioration by corrosion will occur when there is frequent condensation with re-evaporation.

Damp heat tests should not be used for determination of corrosion effects. When foreign substances are deposited on metallic surfaces, for example flux residues, or other residues of manufacturing processes, dirt, fingerprints, etc., these may produce or promote corrosion in the presence of humidity.

Joints between different metals or between metal and a non-metallic material can be a source of corrosion when condensation or a high relative humidity is present.

This can be enhanced by the use of bias voltage (see tests Cx and Cy).

Annexe A

(informative)

Diagramme des effets de l'humidité

A.1 Généralités

Le diagramme ci-après indique les phénomènes physiques impliqués par les essais d'humidité et montre les relations entre ces phénomènes, les caractéristiques technologiques de construction des spécimens ou les matériaux qu'ils contiennent et les effets de l'essai.

Les symboles ci-dessous correspondant aux différents paramètres d'essai ont été placés dans les «cases» du diagramme lorsque cela semblait approprié.

Temps (durée totale de l'épreuve)	t
Température	θ
Différence de température	$\Delta\theta$
Vitesse de variation de température	$d\theta/dt$
Humidité relative	RH
Différence d'humidité relative	Δ (RH)
Humidité absolue	AH
Degré d'impuretés de l'atmosphère d'essai	Pu

A.2 Notes explicatives

A.2.1 Pénétration d'eau

La distinction faite entre les mécanismes de pénétration dans les matériaux et ceux dus à des fuites dans les boîtiers est décrite ci-dessous:

- Dans les matériaux, la pénétration est due à une «diffusion en masse», c'est-à-dire à un mouvement de molécules d'eau isolées à travers des vides moléculaires existant dans les solides. Ce mécanisme donne naissance au phénomène d'«absorption». La diffusion en masse peut permettre à des molécules d'eau d'atteindre des parties sensibles d'un dispositif entouré de matériaux protecteurs (par exemple le film résistant d'une résistance à couche noyée dans un enrobage plastique). Par le même processus, les molécules d'eau peuvent atteindre les cavités internes des boîtiers.
- La pénétration à travers les fuites est due à la pénétration de l'eau ou au mouvement de la vapeur d'eau qui est présente dans l'air contenu dans les espaces par lesquels se font les fuites, ou dans les boîtiers et à travers les joints d'étanchéité. On distingue trois types de mécanismes principaux:

- diffusion: le mouvement des molécules d'eau est dû à un gradient de concentration du gaz dans ces espaces de fuite, indépendamment d'un réel courant d'air macroscopique,
- écoulement: les molécules d'eau sont drainées à travers les fuites par écoulement de l'air;
- respiration: pour cette norme, la signification accordée au mot «respiration» est la vapeur d'eau s'écoulant le long des fuites sous l'action des fluctuations dans les écarts des pressions totales ou partielles le long des fuites par exemple, à cause des fluctuations de température.

NOTE La distinction entre les mécanismes de pénétration à travers les fuites est quelque peu arbitraire; en fait, il y a une transition continue entre diffusion et écoulement, et ce dernier peut être une conséquence de la respiration.

Annex A

(informative)

Humidity effects diagram

A.1 General

The following diagram shows the physical processes involved in humidity testing and the links between these processes, the constructional features of the materials or the specimen and the effects of the test.

Symbols corresponding to the various test parameters listed below have been inserted in the various "boxes" of the diagram as appropriate.

Time (total duration of conditioning)	t
Temperature	θ
Difference of temperature	$\Delta\theta$
Rate of change of temperature	$d\theta/dt$
Relative humidity	RH
Difference of relative humidity	Δ (RH)
Absolute humidity	AH
Degree of impurities present in the test atmosphere	P_u

A.2 Explanatory notes

A.2.1 Water penetration

The difference between the mechanisms of penetration in materials and those occurring through leaks in enclosures is described as follows:

- In materials, penetration is due to "bulk diffusion" i.e. a movement of single water molecules through molecular voids existing in solids. This mechanism gives rise to the phenomenon of "absorption". Bulk diffusion can allow water molecules to reach sensitive parts of a device surrounded by protective materials (e.g. to the resistive film of a film resistor embedded in a plastic envelope). By the same process, water molecules can reach internal cavities in enclosures.
- Penetration through leaks is due to water ingress or water vapour movement in or along the air filling leakage channels, enclosures or through seals. The three main mechanisms are:
 - diffusion: the movement of water molecules is due to a concentration gradient in the leak, independently from any macroscopic flow of the air;
 - flow: water molecules are drawn through the leak with the airflow;
 - breathing: for the purpose of this standard, breathing is considered to be when water vapour flows along the leak due to fluctuation of the difference in total or partial pressure along the leak, for example, due to temperature fluctuations.

NOTE The discrimination between the mechanisms of penetration through leaks is somewhat arbitrary; in fact there is a continuous transition between diffusion and flow, and flow can be a consequence of breathing.

A.2.2 Phénomènes physiques

Voir l'article 5.

A.2.3 Effets

Voir l'article 8.

A.2.4 Exemples d'effets

La dernière ligne du diagramme qui suit donne quelques exemples typiques de ces effets. Elle n'implique pas que les exemples cités soient nécessairement ceux qui peuvent résulter de ces phénomènes physiques.

Il convient de ne pas considérer les «cases» de cette ligne comme entièrement séparées puisque les interactions entre ces divers effets sont à la fois possibles et probables.

Cela est mentionné dans la quatrième case à partir de la gauche où des réactions chimiques entre l'humidité et les matériaux peuvent, comme il est indiqué, conduire à des variations de résistivité transversale, d'angle de pertes, etc. C'est une des interactions les plus évidentes, mais il y en a sans aucun doute bien d'autres.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-3-4:2001

A.2.2 Physical process

See clause 5.

A.2.3 Effects

See clause 8.

A.2.4 Examples of effects

The last line in the following diagram lists typical examples of these effects. It is not implied that the examples quoted are necessarily the only ones which can result from these physical processes.

The “boxes” in this line should not be considered as being completely separate since interaction between the various effects is both possible and probable.

This is indicated in the fourth box from the left, where chemical reactions between materials and moisture are indicated as possibly leading to changes in volume resistivity, loss angle, etc. and whilst this is one of the more obvious interactions, there are many others.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-3-4:2001