

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE  
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
IEC STANDARD

Publication 68-2-28  
Deuxième édition — Second edition  
1980

---

**Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique**

Deuxième partie: Essais

**Guide pour les essais de chaleur humide**

---

**Basic environmental testing procedures**

Part 2 Tests

**Guidance for damp heat tests**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale  
1, rue de Varembe  
Genève, Suisse

## Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V E I), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V E I peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V E I, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera :

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique ;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I E V), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I E V will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I E V or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology ;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE  
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
IEC STANDARD

Publication 68-2-28  
Deuxième édition — Second edition  
1980

---

**Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique**

Deuxième partie - Essais  
**Guide pour les essais de chaleur humide**

---

**Basic environmental testing procedures**

Part 2 - Tests  
**Guidance for damp heat tests**

---

**Mots clés:** électrotechnique, essais de chaleur humide, propriétés, définitions, essais accélérés, production de l'humidité

**Key words:** electrical engineering, damp heat tests, properties, definitions, accelerated tests, production of humidity



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms sans l'accord écrit de l'éditeur

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means electronic or mechanical, including photocopying and microfilm without permission in writing from the publisher

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe  
Genève, Suisse

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	6
2 Influence de la chaleur humide	6
3 Définitions	8
4 Méthodes de production de l'humidité	8
5 Aspect physique de l'humidité	12
6 Accélération	12
7 Comparaison entre les essais continus et les essais cycliques	14
8 Influence de l'essai climatique sur les spécimens	16
ANNEXE A — Diagramme des effets de l'humidité	20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-28:1980

WithNorm

---

## CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1 Scope and object	7
2 Environmental influence of damp heat	7
3 Definitions	9
4 Procedures for the production of humidity	9
5 Physical appearance of humidity	13
6 Acceleration	13
7 Comparison of steady-state and cyclic tests	15
8 Influence of test environment on specimens	17
APPENDIX A — Humidity effects diagram	21

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-28:1980

Withdawn

---

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES  
ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE**

**Deuxième partie: Essais  
GUIDE POUR LES ESSAIS DE CHALEUR HUMIDE**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Sous-Comité 50B Essais climatiques, du Comité d'Etudes N° 50 de la CEI Essais climatiques et mécaniques

Elle remplace la première édition parue en 1968.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1976. A la suite de cette réunion, un nouveau projet, document 50B(Bureau Central)205, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1978.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication

Afrique du Sud (République d')	Hongrie
Allemagne	Italie
Australie	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Bésil	Pologne
Bulgarie	Roumanie
Corée (République Démocratique Populaire de)	Royaume-Uni
Corée (République de)	Suède
Danemark	Suisse
Egypte	Tchécoslovaquie
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme*

Publications n° 260: Encintes d'épreuve à humidité relative constante fonctionnant sans injection de vapeur

355: Une approche des problèmes posés par les essais accélérés en atmosphère corrosive

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES**

**Part 2: Tests**

**GUIDANCE FOR DAMP HEAT TESTS**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense
- 3) In order to promote international unification the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter

PREFACE

This publication has been prepared by Sub-Committee 50B Climatic Tests, of IEC Technical Committee No 50 Environmental Testing

It supersedes the first edition issued in 1968

A first draft was discussed at the meeting held in Stockholm in 1976. As a result of this meeting, a new draft, Document 50B(Central Office)205, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1978.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication

Australia	Korea (Democratic People's Republic of)
Austria	Korea (Republic of)
Brazil	Netherlands
Bulgaria	Norway
Czechoslovakia	Poland
Denmark	Romania
Egypt	South Africa (Republic of)
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom

*Other IEC publications quoted in this standard*

Publications Nos 260: Test Enclosures of Non injection Type for Constant Relative Humidity

355: An Appraisal of the Problems of Accelerated Testing for Atmospheric Corrosion

# ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE

## Deuxième partie: Essais

### GUIDE POUR LES ESSAIS DE CHALEUR HUMIDE

#### 1 Domaine d'application et objet

Ce guide rassemble des informations particulièrement nécessaires aux rédacteurs qui, lors de l'établissement d'une spécification particulière (par exemple des normes pour composants ou équipements) doivent faire le choix des essais appropriés et de leurs sévérités pour un produit particulier et éventuellement pour un type d'application donné.

Le but des essais de chaleur humide est de déterminer l'aptitude des matériels électriques à supporter les contraintes d'un milieu atmosphérique à forte humidité relative, avec ou sans condensation, et plus particulièrement de déterminer les variations des 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 (voir le paragraphe 8.3).

Ce guide doit être utilisé conjointement avec les parties de la Publication 68 de la CEI qui comportent des essais de chaleur humide, c'est-à-dire

62-2-3	Essai Ca	Essai continu de chaleur humide
68-2-4	Essai D	Essai accéléré de chaleur humide
68-2-30	Essai Db	Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures)
68-2-38	Essai Z/AD	Essai cyclique composite de température et d'humidité

#### 2 Influence de la chaleur humide

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

Des mesures de paramètres atmosphériques effectuées sur plusieurs années ont montré qu'une humidité relative  $\geq 95\%$  associée à une température  $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ne se présente pas en atmosphère normale durant de longues périodes, sauf dans des régions de climats extrêmes (telles que le golfe Persique). Dans les locaux de travail ou les ateliers, des températures  $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  peuvent régner mais sont, dans la plupart des cas, associées à une humidité relative plus basse que dans une atmosphère normale.

Des conditions particulières existent dans certaines salles humides de l'industrie chimique, dans les installations pour la métallurgie, les mines, les locaux d'électrolyse, les blanchisseries, etc., où la température peut s'élever jusqu'à  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , associée à une humidité relative de 100%, pendant de longues périodes.

Il peut cependant arriver que certains matériels 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 lorsqu'ils sont placés dans des enceintes telles que des véhicules, des tentes ou des carlingues d'avions, qui peuvent être intensément chauffées par rayonnement solaire et qui, par manque de ventilation, conservent l'humidité qui se développe en permanence à l'intérieur.

## BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

### Part 2: Tests

#### GUIDANCE FOR DAMP HEAT TESTS

---

##### 1 Scope and object

This guide includes the necessary information, especially for those experts who, when preparing a relevant specification (e.g. standards for components or equipment), have to select the appropriate tests and test severities for a particular product and possibly a given kind of application.

The object of damp heat tests is to determine the ability of electrotechnical products to withstand the stresses occurring in a climate of high relative humidity, with or without condensation, with special regard to variations of electrical and mechanical characteristics. Damp heat tests may also be applied to check the resistance of a specimen to some forms of corrosion attack (see Sub-clause 8.3).

This guide shall be used together with those parts of IEC Publication 68 which contain damp heat tests, i.e.

68-2-3	Test Ca	Damp heat, steady state
68-2-4	Test D	Accelerated damp heat
68-2-30	Test Db	Damp heat, cyclic (12+12-hour cycle)
68-2-38	Test Z/AD	Composite temperature/humidity cyclic test

##### 2 Environmental influence of damp heat

Temperature and relative humidity of the air, in varying combinations, are climatic factors which always act upon a product during storage, transport and operation.

Meteorological measurements made over many years have shown that a relative humidity  $\geq 95\%$  combined with a temperature  $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  does not occur in free air conditions over long periods, except in regions with extreme climates (e.g. Persian Gulf). In dwelling rooms and workshops temperatures of  $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  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 in the chemical industry, metallurgical plants, mines, electroplating plants, laundries, etc., where the temperature can reach as much as  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  combined with a relative humidity of 100% over long periods.

However, it is possible that certain equipment placed under particular conditions may be subjected to relative humidities of more than 95% at higher temperatures. In particular, 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 which may be developed will be retained permanently within the interior.

Dans les locaux ayant plusieurs sources de chaleur, les températures et les humidités relatives des différentes parties du local risquent de ne pas être homogènes

La pollution atmosphérique, importante dans un certain nombre d'endroits, peut renforcer les effets de l'atmosphère humide sur les produits. L'attention est attirée sur ce fait, à cause de son importance en général. Il n'y a cependant pas d'agents polluants dans les atmosphères humides utilisées pour les essais de chaleur humide. Pour déterminer l'influence des agents polluants, il convient de spécifier un essai approprié, par exemple la tenue en atmosphère corrosive ou le développement de moisissures.

### 3 Définitions

Les définitions suivantes sont applicables pour la présente publication

#### 3.1 Condensation

Précipitation de la 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 vapeur à l'état liquide.

#### 3.2 Adsorption

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

#### 3.3 Absorption

Accumulation des molécules d'eau à l'intérieur d'un matériau.

#### 3.4 Diffusion

Cheminement des molécules d'eau à travers un matériau, provoqué par la différence des pressions partielles.

*Note* — La diffusion est le résultat d'un équilibre des pressions partielles tandis que l'écoulement (tel qu'à travers des trous lorsque les dimensions de ces trous sont suffisamment importantes pour provoquer un écoulement visqueux ou laminaire) est toujours le résultat final d'un équilibre des pressions totales.

#### 3.5 Respiration

Echange d'air entre un espace creux et son environnement, produit par des variations de température.

### 4 Méthodes de production de l'humidité

#### 4.1 Généralités

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

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

#### 4.2 Pulvérisation de l'eau

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

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

Atmospheric pollution, which is found to a large extent in a number of places, 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 are to be investigated, a suitable test, for example corrosive atmospheres, mould growth, should be used

### 3 Definitions

For the purposes of this publication, the following definitions apply

#### 3.1 *Condensation*

The precipitation of water vapour on a surface when the surface temperature is lower than the dew-point temperature of the ambient air. The water is thereby transformed from the vapour to the liquid state of aggregation

#### 3.2 *Adsorption*

The adherence of water vapour molecules to a surface when the surface temperature is higher than the dew-point temperature

#### 3.3 *Absorption*

The accumulation of water molecules within a material

#### 3.4 *Diffusion*

The 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

#### 3.5 *Breathing*

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

### 4 Procedures for the production of humidity

#### 4.1 *General*

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

In the following sub-clauses, only the principal methods of generation of humidity are mentioned

#### 4.2 *Water spraying*

De-ionized water is atomized to very fine particles

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 de cette façon. L'injection directe de l'eau dans l'espace de travail doit en principe être évitée.

Ce procédé simple donne une rapide humidification et nécessite peu d'entretien. En particulier, quand l'injection directe est employée, de petites quantités d'aérosol risquent de subsister dans l'espace de travail, les variations rapides d'humidité peuvent être toutefois difficiles à régler (dépassements).

#### 4.3 *Injection de la 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 la vapeur est aisément dosable (valve à vapeur). Il peut se produire de la condensation sur les parties froides de la chambre. Les calories introduites peuvent demander un refroidissement supplémentaire pouvant entraîner des effets de déshumidification.

#### 4.4 *Volatilisation*

##### 4.4.1 *Dispositif à bulles*

L'air est insufflé à travers un récipient contenant de l'eau et est ainsi saturé de vapeur.

Ce procédé est simple. Pour un débit d'air constant, l'humidité est aisément réglable par variation de la température de l'eau. Si l'accroissement de l'humidité est produit par une augmentation de la température de l'eau, il peut se produire une élévation de la température dans l'espace de travail et un retard dû à la capacité thermique de l'eau. Les bulles de vapeur, en éclatant, peuvent produire une petite quantité d'aérosol.

##### 4.4.2 *Surface de volatilisation*

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, le ruissellement d'un jet d'eau sur une surface verticale avec un courant d'air circulant en sens inverse.

Dans ce système, la formation d'aérosol est minimisée. L'humidité est aisément réglable par variation de la température de l'eau. A cause de la capacité thermique de l'eau, il peut se produire un retard dans la variation de l'humidité.

#### 4.5 *Solutions aqueuses*

Une humidité relative définie est produite par des solutions aqueuses normalisées dans de petites chambres étanches à température constante. Des méthodes éprouvées avec des solutions de glycérine ou de sel sont décrites dans la Publication 260 de la CEI. Enceintes d'épreuve à humidité relative constante fonctionnant sans injection de vapeur.

C'est un procédé simple et sûr. Mais, en général, il n'est pas adapté à des spécimens dissipant de l'énergie ou à des spécimens absorbant de grandes quantités d'humidité.

Des particules de sel peuvent se déposer sur la surface des spécimens essayés dans des chambres mal étudiées. Dans certains cas, par exemple avec les sels d'ammonium, ces particules peuvent être dangereuses pour la santé et provoquer des corrosions sur les alliages de cuivre.

The aerosol produced in this way moistens the air stream before it enters into the working space of the chamber, the greater part of the droplets evaporating on the way. Direct water injection into the working space should be avoided.

This simple system gives rapid humidification and needs little maintenance. In particular, when using direct injection, small amounts of aerosol may remain in the working space, rapid changes of humidity may be difficult to control (overshoot).

#### 4.3 *Injection of water vapour*

Hot water vapour is blown into the working space of the chamber.

This simple system gives rapid humidification and it is easy to control the quantity of vapour (steam valve). Condensation on cooler parts of the chamber may occur. The heat input may necessitate additional cooling with possible de-humidification effects.

#### 4.4 *Volatilization*

##### 4.4.1 *Bubbling-through type*

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

This system is simple. At a fixed air flow, the humidity is easily 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 introduce a time lag due to the thermal capacity of the water. The bubbles may produce a small amount of aerosol when bursting.

##### 4.4.2 *Surface volatilization*

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, water-jet scrubbing over a vertical surface with the air stream in counter-current.

In this system, the generation of aerosols is minimized. The humidity is easily controlled by changing the water temperature. Due to the thermal capacity of the water a time lag in the change of humidity may occur.

#### 4.5 *Aqueous solutions*

A defined relative humidity is generated over standardized aqueous solutions in small sealed chambers at constant temperature. Proved methods with glycerine or salt solutions are described in IEC Publication 260 Test Enclosures of Non-injection Type for Constant Relative Humidity.

This is a simple and reliable system but, in general, it 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 poorly designed chambers. In some cases, for example with ammonium salts, these particles may be hazardous to health and may cause stress corrosion on copper alloys.

## 5 Aspect physique de l'humidité

### 5.1 Condensation

Le point de rosée dépend de la quantité de vapeur d'eau dans l'air. Le point de rosée, l'humidité absolue et la pression de vapeur sont directement liés.

La condensation se produit sur un spécimen lorsque la température, à la surface du spécimen introduit dans la chambre d'essai, est plus basse que celle du point de rosée de l'air de la chambre. Par conséquent, il peut être nécessaire de préchauffer le spécimen pour éviter la condensation.

Quand on désire obtenir une condensation sur le spécimen pendant la durée de l'épreuve, la température et l'humidité de l'air doivent croître assez rapidement pour qu'une différence entre la température du point de rosée et celle de la surface du spécimen soit obtenue.

Si le spécimen a une faible constante thermique, la condensation ne peut se produire que si la température 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 D et D<sub>h</sub>, il se peut que la condensation ne se produise pas sur de très petits spécimens.

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

En général, la condensation ne peut être détectée de façon certaine que par vérification visuelle. Cependant, cela n'est pas toujours réalisable, en particulier avec de petits objets ayant une surface rugueuse.

### 5.2 Adsorption

La quantité d'humidité qui peut adhérer à la surface dépend du type de matériau, de l'état de sa surface et de la pression de vapeur. Une estimation des effets dus à l'adsorption seule n'est pas aisée car les effets d'absorption qui se manifestent en même temps sont en général plus marqués.

### 5.3 Absorption

La quantité d'humidité qui sera absorbée dépend en grande partie de l'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 (voir le paragraphe 6.1).

### 5.4 Diffusion

Un exemple de diffusion qui se rencontre souvent en électronique est la pénétration de la vapeur d'eau à travers des encapsulations en matériau organique, par exemple dans un condensateur ou un semi-conducteur, ou à travers du mastic de scellement dans le boîtier.

## 6 Accélération

### 6.1 Généralités

Le but d'un essai est d'obtenir dans la mesure du possible les mêmes variations de caractéristiques que celles qui se produiraient dans l'environnement normal de fonctionnement. En général, un effet d'accélération est recherché, pour que de tels essais puissent être réalisés dans un temps plus court comparé aux conditions normales d'utilisation. Il faut cependant souligner que les différents processus de défaillance ont plus de chance de se produire avec ces conditions sévères qu'avec des conditions normales d'utilisation.

## 5 Physical appearance of humidity

### 5.1 *Condensation*

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

Condensation occurs on a specimen when introduced into a test chamber if its surface temperature is lower than the dew-point temperature of the chamber air. Therefore, it may be necessary to pre-heat the specimen if condensation is not wanted.

When condensation is wanted on the specimen during the conditioning period the temperature and the water content of the air must rise so fast that a difference between dew-point temperature and surface temperature is achieved.

If the specimen has a low thermal time constant, condensation occurs only if the 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 D and Db, condensation may not occur on very small specimens.

Small amounts of condensation may be found on the inner surface of casings subsequent to a fall in ambient temperature.

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

### 5.2 *Adsorption*

The amount of humidity that may adhere to the surface depends on the type of material, its surface structure and the vapour pressure. A separate evaluation of the adsorption effects is not easy because the effects on the simultaneously occurring absorption are usually more evident.

### 5.3 *Absorption*

The quantity of moisture which will be absorbed, depends largely on 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 (see Sub-clause 6.1).

### 5.4 *Diffusion*

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

## 6 Acceleration

### 6.1 *General*

The aim of a test is to obtain as far as possible the same changes of characteristics as would occur in the normal service environment. In general, an acceleration is aimed at, so that such tests can be made in a shorter time as compared with normal conditions of use. It must be emphasized, however, that different failure mechanisms may occur under these severe conditions than would occur under the normal conditions of use.

La sévérité de l'essai doit être 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

Quand la relation entre la vitesse de pénétration et la température est connue, l'accélération d'un essai de chaleur humide peut être réalisée par l'emploi d'une température plus élevée

Le cycle de température, comme celui qui est appliqué dans les essais du groupe D, n'a pas, en général, un effet accélérateur sur les processus d'absorption et de diffusion. Du fait que la vitesse de pénétration de la vapeur d'eau augmente en fonction de la température, l'absorption se produira plus lentement avec l'essai D si la valeur moyenne effective des deux niveaux de température est plus basse que la température d'épreuve de l'essai C

## 6.2 Facteur d'accélération

Il n'est pas possible de donner un facteur d'accélération applicable dans tous les cas pour les essais de chaleur humide. Si l'on désire connaître le facteur d'accélération, celui-ci ne peut être déterminé qu'empiriquement pour chaque produit particulier.

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

## 7 Comparaison entre les essais continus et les essais cycliques

### 7.1 Essai C : chaleur humide, essai continu

L'essai continu devrait toujours être utilisé dans le cas où l'adsorption ou l'absorption joue le rôle principal. Lorsque c'est la diffusion et non la respiration qui est mise en jeu, l'essai doit être soit l'essai continu, soit l'essai cyclique, selon le type de spécimen et son application.

Dans de nombreux cas, l'essai C est appliqué pour vérifier que les caractéristiques électriques exigées du diélectrique ne sont pas modifiées par une atmosphère humide ou déterminer si une encapsulation isolante peut garantir une protection suffisante.

Pour certains spécimens, les contraintes produites par un essai continu sont très semblables à celles qui sont produites par un essai cyclique (voir les paragraphes 6.1 et 7.2). Dans ces cas, les raisons d'ordre économique sont prépondérantes lors du choix de l'essai approprié.

### 7.2 Essai D : essai cyclique de chaleur humide

Les essais cycliques doivent être appliqués dans tous les cas où la condensation est importante ou lorsque la pénétration de la vapeur sera accélérée par l'effet de respiration.

Quand des infiltrations doivent être détectées dans les spécimens comportant des cavités, l'essai Q : Étanchéité, est utilisé de préférence.

Pour essayer les spécimens ne comportant pas de cavité, l'essai C est généralement la méthode appropriée. Cependant, lorsque la condensation est importante, l'essai D doit être appliqué.

En général, l'essai cyclique exige un matériel d'essai plus coûteux.

Lorsque les fissures dans une encapsulation ou dans un scellement doivent être dilatées par contrainte thermique, il est plus efficace d'utiliser une séquence d'essais appropriés ou un essai combiné qu'un essai cyclique de chaleur humide.

The severity of the test shall 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

The cycling of temperature as applied in the tests of group D 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 D, if the effective average value of the two temperature levels is lower than the conditioning temperature of Test C

## 6.2 *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

## 7 **Comparison of steady-state and cyclic tests**

### 7.1 *Test C Damp heat, steady state*

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

In many cases, Test C 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

For a number of specimens, the stresses produced by a steady-state test are very similar to those produced by a cyclic test (see Sub-clauses 6.1 and 7.2). In these cases, economic reasons should prevail when choosing the appropriate test

### 7.2 *Test D Damp heat, cyclic test*

Cyclic tests shall be applied in all the cases where condensation is important or when the penetration of vapour will be accelerated by the breathing effect

When leaks are to be detected in specimens which include hollow spaces, Test Q Sealing, should preferably be used

For the testing of solid specimens (without hollow spaces), Test C will normally be the appropriate method. However, when condensation is important, Test D shall be applied

In general, the cyclic test requires more expensive test equipment

When fissures in an encapsulation or in a seal are to be expanded by thermal stress, this can often be done more effectively by an appropriate test sequence or a composite test than with a damp heat cyclic test

### 7.3 Séquences d'essais et essais combinés

Une méthode éprouvée pour déterminer l'étanchéité des joints ou détecter les crevasses consiste à appliquer un ou plusieurs cycles de température. Dans la plupart des cas, il n'est cependant pas nécessaire de combiner la variation de température avec l'atmosphère humide, c'est-à-dire d'appliquer les deux conditions simultanément.

L'effet désiré peut être rendu plus sévère lorsque l'essai N Variations de température, est appliqué, suivi de l'essai C ou de l'essai D. L'effet sera aussi accru si l'essai d'humidité est immédiatement suivi de l'essai A Froid. Le grand écart de température de l'essai N produit une contrainte thermique beaucoup plus importante que l'essai D, dans lequel la vitesse de variation de la température est plutôt faible.

Un essai combiné 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 en verre cimentés, doivent être essayés. Un essai de ce type est spécifié dans la Publication 68-2-38 Essai Z/AD, 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, une température supérieure plus élevée et, en plus, un certain nombre d'excursions vers des températures en dessous de zéro. La respiration accélérée et le gel de l'eau emprisonnée dans les crevasses ou les fissures constituent l'effet essentiel de l'essai combiné.

Il est à souligner que l'essai Z/AD est plus coûteux à réaliser que les autres essais de chaleur humide et doit, en principe, être seulement utilisé lorsque les effets de dégradation ne peuvent pas être obtenus par les essais C et D, plus simples.

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

Il est à noter, cependant, que l'effet de 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 jonctions et les montages métalliques ou entre les joints et les fils de soudes.

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

## 8 Influence de l'essai climatique sur les spécimens

### 8.1 Variation des caractéristiques physiques

Dans une atmosphère humide, les caractéristiques mécaniques et optiques des matériaux peuvent varier.

*Exemples* variations dimensionnelles par gonflement, variation de caractéristiques de surface comme le coefficient de friction, variation de résistance, etc.

Pour mettre en évidence ces variations de caractéristiques, compte tenu de l'application, un essai continu ou cyclique est approprié, selon que la condensation est ou non requise.

### 7.3 Sequences of tests and composite tests

A proven method to determine the tightness of joints or to detect hairline cracks is to apply one or more temperature cycles. In most cases, however, it is not necessary to combine the temperature change with the humid atmosphere, i.e. to produce the two conditions simultaneously.

The desired effect can be made more stringent when Test N – Change of Temperature, is applied followed by Test C or Test D 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 D where the rate of change of temperature is rather slow.

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 Publication 68-2-38, 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.

It is emphasized that Test Z/AD is more expensive to carry out than the other damp heat tests and should only be used when the deterioration effects cannot be reproduced by the simpler Tests C and D.

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 shall be preferred for investigating these effects.

## 8 Influence of test environment on specimens

### 8.1 Change of physical characteristics

In a humid atmosphere, mechanical and optical characteristics of materials may change.

*Examples* dimensional changes by swelling, 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 should be required.

## 8.2 *Variation des caractéristiques électriques*

### 8.2.1 *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 de surface, l'augmentation de l'angle de pertes. Par ailleurs, des courants de fuite peuvent apparaître.

En général, l'essai D est appliqué dans ces cas-là. Si, pour une application donnée, la condensation n'est pas admise, l'essai C peut aussi bien être utilisé.

Dans certains cas, les spécimens doivent être mis en fonctionnement alimentés ou mesurés pendant l'épreuve. En général, les variations des caractéristiques électriques dues à l'humidité en surface se manifestent après quelques minutes.

### 8.2.2 *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 et que l'état d'équilibre est atteint seulement après plusieurs centaines ou même milliers d'heures, les durées d'épreuve choisies doivent être, en conséquence, longues. 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 C peut être dégradée au bout de six mois à cause de l'absorption ou de la diffusion d'une trop grande quantité d'humidité.

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

## 8.3 *Corrosion*

La plupart des types de corrosion ne peuvent se produire qu'en présence d'une quantité suffisante d'humidité. Une augmentation d'humidité ou de température accélère l'effet de corrosion, les plus importantes détériorations par la corrosion se produisent en général lors de condensations fréquentes avec réévaporation (voir également la Publication 355 de la CEI. Une approche des problèmes posés par les essais accélérés en atmosphère corrosive).

En général, les essais de chaleur humide ne devraient pas être utilisés pour la détermination des effets de corrosion, mais lorsque des substances étrangères sont déposées sur les surfaces métalliques, par exemple résidus de flux, ou autres, dus aux procédés de fabrication, poussière, empreintes de doigts, etc., elles peuvent produire ou favoriser les effets de corrosion en présence d'humidité.

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

## 8.2 *Change of electrical characteristics*

### 8.2.1 *With surface moisture*

If the surface of an insulating material is affected by condensation or by a certain amount of adsorbed humidity, certain electrical characteristics can change, such as decrease of surface resistance, increase of loss angle. Moreover, leakage currents can occur.

In general, Test D is applied in these cases. If, for a given application, condensation is excluded, Test C can be used as well.

In certain cases, the specimens have to be switched on loaded or measured during conditioning. In general, changes of electrical characteristics due to surface moisture become evident after some minutes.

### 8.2.2 *With penetrated moisture*

The moisture absorbed by an insulating material can cause a variation of a number 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 shall 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 C may have deteriorated after six months due to the absorption or diffusion of too high a quantity of moisture.

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.

## 8.3 *Corrosion*

Most kinds of corrosion can occur only when a sufficient amount of humidity is available. With increasing humidity or temperature the corroding effect is accelerated, the most severe deterioration by corrosion will in general occur when there is frequent condensation with re-evaporation (see also IEC Publication 355: An Appraisal of the Problems of Accelerated Testing for Atmospheric Corrosion).

In general, damp heat tests should not be used for determination of corrosion effects, but when foreign substances are deposited on metallic surfaces, for example flux residues, other residues of manufacturing processes, dirt, finger prints, 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 without pollutants.

## ANNEXE A

### DIAGRAMME DES EFFETS DE L'HUMIDITÉ

#### A1 Généralités

Le diagramme indique les phénomènes physiques fondamentaux créés 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 correspondants aux paramètres d'essai, indiqués ci-dessous, ont été placés dans les différentes «cases» du diagramme lorsque cela semblait approprié ou lorsqu'on a estimé que les connaissances actuellement acquises le justifiaient

- Temps (durée totale de l'épreuve)  $t$
- Température  $\theta$
- Variation de température  $\Delta\theta$
- Gradient de variation de température  $d\theta/dt$
- Humidité relative  $h_r$
- Humidité absolue  $h_a$
- Degré d'impuretés de l'atmosphère d'essai  $P_u$

#### A2 Notes explicatives

##### A2.1 Méthode d'entrée

La case intitulée «pénétration» placée dans la deuxième ligne du diagramme indique toute opération par laquelle l'humidité traverse un scellement insuffisamment étanche, tel que revêtements, réservoirs, tuyaux, tubes, etc

Cette «case» peut ne pas s'appliquer aux spécimens dans lesquels la surface extérieure est constituée par une partie du diélectrique ou de tout autre matériau fonctionnel du spécimen, l'humidité attaque alors directement le spécimen par un ou plusieurs des processus fondamentaux indiqués à la troisième ligne

##### A2.2 Phénomènes physiques

Voir l'article 5

##### A2.3 Effets

Voir l'article 8

##### A2.4 Exemples d'effets

La dernière ligne donne quelques exemples typiques de ces effets et il faut bien préciser que ces exemples ne sont pas les seuls qui puissent résulter de ces phénomènes physiques

Les «cases» de cette ligne ne devraient pas être considérées comme entièrement séparées puisque des 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 relations les plus évidentes, mais il y en a sans aucun doute bien d'autres