

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 68-2-28

Première édition — First edition

1968

**Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables
aux matériels électroniques et à leurs composants**

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

**Basic environmental testing procedures for electronic components and
electronic equipment**

**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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-28:1968

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 68-2-28

Première édition — First edition

1968

**Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables
aux matériels électroniques et à leurs composants**

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

**Basic environmental testing procedures for electronic components and
electronic equipment**

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



Droits de reproduction réservés — Copyright all rights reserved

Aucune partie de ce livre 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 book 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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES
ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE APPLICABLES AUX MATÉRIELS
ÉLECTRONIQUES ET A LEURS COMPOSANTS**

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

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but

PRÉFACE

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

Son but consiste à donner un guide pour l'essai C Chaleur humide (essai continu) Publication 68-2-3 de la CEI, et essai D Chaleur humide (essai cyclique) Publication 68-2-4 de la CEI

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Tokyo en 1965, à la suite de laquelle un nouveau projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1966

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

Afrique du Sud	Israël
Allemagne	Italie
Australie	Japon
Autriche	Norvège
Belgique	Pays-Bas
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES FOR ELECTRONIC
COMPONENTS AND ELECTRONIC EQUIPMENT**

Part 2: Tests
Guidance for damp heat tests

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit The National Committees pledge their influence towards that end

PREFACE

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

It intends to give guidance for Test C Damp Heat (Steady State) IEC Publication 68-2-3, and Test D Damp Heat (Cyclic) IEC Publication 68-2-4

A first draft was discussed at the meeting held in Tokyo in 1965, as a result of which a new draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1966

The following countries voted explicitly in favour of publication

Australia	Italy
Austria	Japan
Belgium	Netherlands
Canada	Norway
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Hungary	United Kingdom
Israel	United States of America

ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE APPLICABLES AUX MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES ET A LEURS COMPOSANTS

Deuxième partie : Essais Guide pour les essais de chaleur humide

1 Introduction

La Publication 68 de la CEI contient des méthodes d'essai pour les deux essais, continu et cyclique, de chaleur humide. Ces méthodes d'essai prévoient plusieurs sévérités exprimées par la température et la durée de l'épreuve. Cette recommandation a pour but de guider l'ingénieur d'essai et le rédacteur de spécification sur le type d'essai et la sévérité à spécifier pour des applications particulières.

Pour servir de base au choix des essais, cette recommandation passe en revue certaines données. Elle s'abstient de fournir des données météorologiques car elles ne procurent pas une base solide sur laquelle des conditions d'essai peuvent être déterminées. Elle discute les opérations physiques de base qui conduisent aux défaillances des spécimens soumis aux conditions d'humidité.

Ces opérations physiques peuvent conduire à requérir plus d'un essai de façon à rechercher dans des cas spécifiques tous les processus amenant les défaillances.

2 Combinaisons extrêmes d'humidité et de températures se produisant naturellement

Les matériels électroniques et leurs composants peuvent être soumis en service à des atmosphères chaudes et humides dont les caractéristiques dépendent des climats naturels ou accidentels dans lesquels les matériels sont placés.

Les matériels destinés à être utilisés à l'air libre en une région quelconque de la surface terrestre sont rarement soumis à des humidités relatives atteignant 100 % à des températures dépassant 30 °C. Les renseignements météorologiques disponibles montrent en effet que de tels climats ne se produisent qu'occasionnellement en certaines régions du monde.

Il peut cependant arriver que certains matériels placés dans des conditions particulières puissent être soumis à des humidités relatives de 100 % à des températures atteignant 55 °C. C'est le cas notamment lorsqu'ils se trouvent 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 leur intérieur. Les matériels ne sont généralement pas amenés à fonctionner dans de telles conditions mais peuvent y être stockés pendant un temps non négligeable.

3 Philosophie fondamentale

3.1 Conception et application d'un essai de chaleur humide

Dans la conception d'un essai de chaleur humide, il n'est pas possible de reproduire les conditions climatiques naturelles exactes puisque les conditions réelles ne sont généralement pas connues et même si elles l'étaient, la durée d'un essai les reproduisant serait prohibitive. C'est pourquoi les essais ont été établis d'une manière conventionnelle de façon à produire un certain degré d'accélération des phénomènes naturels.

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES FOR ELECTRONIC COMPONENTS AND ELECTRONIC EQUIPMENT

Part 2: Tests

Guidance for damp heat tests

1 Introduction

IEC Publication 68 contains test procedures for both steady state and cyclic type damp heat tests. The test procedures list several test severities in terms of durations and temperatures. This Recommendation is intended to give guidance to the test engineer and to the specification writer on which type of test, and which severity should be specified for particular applications.

To provide a foundation for the choice of tests, this Recommendation reviews certain data. It abstains from giving meteorological data as these do not provide a sound basis upon which test conditions can be determined. It discusses the basic physical processes which lead to failure of specimens under humid conditions.

These physical processes may mean that more than one test is required in order to investigate fully the mechanisms of failure in specific cases.

2 Naturally occurring extreme combinations of humidity and temperature

Electronic equipment and electronic components may be exposed to warm and humid atmospheres, the characteristics of which will depend upon the natural or artificially created climatic conditions to which the equipments are exposed.

Equipment intended to be used in free air in any particular region on the earth surface is rarely subjected to relative humidities approaching 100% at temperatures exceeding 30 °C. It appears in fact, from the available meteorological information, that such climatic conditions will only occur occasionally in certain parts of the world.

However, it is possible that certain equipments placed under particular conditions may be subjected to relative humidities of 100% at temperatures approaching 55 °C. 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, by reason of inadequate ventilation, any humidity which may be developed will be retained permanently within the interior. However, these conditions are not in general those for which the equipment is intended to be operated although they may apply for extended periods during storage.

3 Basic philosophy

3.1 *Design and application of a damp heat test*

In the design of a damp heat test, it is not possible to reproduce exactly the natural environment because the actual conditions are generally not known and, even if they were, the duration of a test reproducing such conditions would be prohibitive. For these reasons, the tests have been established in a conventional manner so as to produce a certain degree of acceleration of the natural events.

En général, l'essai de chaleur humide est appliqué d'une ou deux façons

- a) Un spécimen peut être soumis à une épreuve de durée spécifique de façon à déterminer les effets de la chaleur humide elle-même, de tels effets peuvent se manifester après une épreuve de courte durée ou de longue durée comme il sera discuté plus loin dans l'article 4
- b) L'épreuve de chaleur humide peut être utilisée dans une séquence d'essais où elle apparaît comme étant l'un des essais de la séquence qui comprend d'autres épreuves, telles que chocs, vibrations, haute et basse température ou basse pression. Dans ces conditions, l'essai de chaleur humide, tout en donnant des renseignements sur le comportement en chaleur humide en tant que telle, agit aussi comme un moyen de révéler des défauts qui peuvent s'être produits à la suite d'autres épreuves de la séquence

3.2 Degré d'accélération de l'essai

Le but d'un essai de laboratoire est d'obtenir le même type et le même degré de défaillance que ceux qui se produiraient en service normal, mais ce, dans un temps beaucoup plus court. Il peut donc être dit à cet égard que de tels essais sont accélérés vis-à-vis des conditions normales de service.

Il devrait être reconnu que l'on obtiendra un degré d'accélération considérable, en raison de la compression d'un grand nombre d'événements sévères qui se produisent en pratique dans une période de temps donnée. Il n'apparaît pas possible, toutefois, d'établir un facteur d'accélération global pour une séquence d'essai sans détailler le comportement de chaque type de spécimen en relation avec le processus de défaillance possible.

Il faut préciser que l'on n'obtiendra pas forcément une accélération en augmentant simplement la sévérité de l'essai par l'élévation soit de la température, soit de l'humidité relative ou des deux à la fois, au-delà de celles qui se produisent en pratique, car le résultat pourrait aussi bien être affecté par un processus qui ne se produirait pas dans les conditions naturelles ou normales.

Dans tous les cas, un essai de chaleur humide ne devrait pas être appliqué à une température supérieure à celle pour laquelle les matériaux ainsi que la technologie de construction des spécimens ont été conçus pour le fonctionnement ou le stockage du spécimen suivant le cas (c'est-à-dire la température maximale de l'essai de chaleur sèche).

Note — Le critère d'acceptation ou de defectuosité d'un spécimen devrait être défini par la spécification. Un défaut dans ce contexte ne signifie pas nécessairement un défaut catastrophique, mais peut consister simplement en une variation de certains des paramètres du spécimen provoqués par l'épreuve.

4 Processus de défaillance

4.1 Paramètres d'essai et symboles

Les paramètres qui définissent l'essai et qui peuvent affecter le type et le degré de défaillance sont indiqués ci-après, avec les symboles les désignant et utilisés dans les paragraphes suivants de cette recommandation.

— Temps (durée totale de l'épreuve)	t
— Température	θ
— 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	Pu

In general, the damp heat test is applied in one or two ways

- a) A specimen may be subjected to a test of a specific duration in order to determine the effects of the damp heat itself, such effects may be short term or long term as discussed further in Clause 4
- b) The damp heat environment may be utilized as part of a test sequence where the damp heat forms one type of a series of tests which includes such other environments as shock, vibration, high and low-temperature, and low pressure. In this instance, as well as providing information on the damp heat environment as such, the damp heat also acts as a means of revealing deterioration which may have occurred as a result of exposure to the other test environments in the sequence

3.2 Degree of acceleration of the test

The aim of a laboratory test is to obtain the same type and degree of failure as would occur in the normal service environment but in a much shorter period of time. It can be said therefore, that in this respect such tests are accelerated as compared with normal conditions of use.

It should be recognized that a considerable degree of acceleration will be achieved by reason of the compression of a greater number of severe events into a given time period than will occur in practice. It does not appear to be possible, however, to establish an over-all acceleration factor for a given test sequence without detailed evaluation of each individual type of specimen in relation to the possible mechanism of failure.

It must be pointed out that acceleration cannot necessarily be achieved merely by increasing the severity of the test by raising either the temperature or the relative humidity, or both, above that occurring in practice, since the results might well be affected by a mechanism which would not occur under the natural or normal conditions.

In any case, a damp heat test should not be applied at a temperature higher than that for which the materials and/or for which the construction of the specimens were designed either for operation or for storage (e.g. the maximum dry heat test temperature), whichever is appropriate.

Note -- The criteria for acceptance or failure of specimen should be defined by the relevant specification. Failure in this context does not necessarily mean a catastrophic failure, but may be merely a change in some of the parameters of the specimen as a result of the conditioning.

4 Failure mechanisms

4.1 Test parameters and symbols

The following parameters are those which define the test and which may affect the type and degree of failure, and for reference in later sub-clauses of this Recommendation are denoted by the appropriate symbols

— Time (total duration of test)	t
— Temperature	θ
— Change of temperature	$\Delta\theta$
— Rate of change of temperature	$d\theta/dt$
— Relative humidity	R H
— Absolute humidity	A H
— Degree of impurities present in the test atmosphere	Pu

4 2 Diagramme des effets de l'humidité

4 2 1 Généralités

Le diagramme, page 14, indique les opérations physiques fondamentales concernées par les essais d'humidité et fait état des liaisons existant entre ces opérations d'une part, les caractéristiques technologiques de construction des spécimens ou les matériaux qu'ils contiennent d'autre part, et entre ces derniers et les effets de l'essai

Les symboles correspondant aux paramètres d'essai indiqués au paragraphe 4 1 ont été placés dans différentes « cases » du diagramme s'il y avait lieu ou s'il était estimé que les connaissances actuellement acquises le justifiaient

4 2 2 Climat

Au sommet du diagramme, dans la ligne intitulée « climat », se trouve l'humidité ou la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère dans laquelle le spécimen est utilisé ou essayé

4 2 3 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, tels que des revêtements, des boîtiers, des tuyaux, des 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 dans la troisième ligne

4 2 4 Opérations physiques

L'absorption peut se produire à une humidité relative inférieure à 100 %. La condensation peut également se produire à des humidités relatives inférieures à 100 %, par exemple sur des surfaces contaminées. Le film d'eau produit peut alors, dans certains cas, réduire la vitesse de pénétration

La condensation peut se produire de deux façons différentes

- 1) Sur la surface extérieure du spécimen lorsque cette surface a une température inférieure à celle du point de rosée correspondant à l'atmosphère régnant à l'intérieur de la chambre, ce qui se produit par exemple lorsque la température de l'atmosphère de la chambre s'élève rapidement
- 2) Sur la surface interne du spécimen lorsque par suite des cycles successifs de variation de température, de l'humidité ayant pénétré à l'intérieur du spécimen, la même opération physique de condensation se produit

Cette entrée d'humidité est provoquée par l'établissement d'une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du spécimen à la suite d'un abaissement de la température de l'atmosphère de la chambre. A chaque cycle, de la vapeur d'eau dont la pression est supérieure à celle contenue dans le spécimen pénètre dans ce dernier jusqu'à ce que éventuellement la pression interne et, par conséquent, le point de rosée, s'élève au niveau produisant de la condensation sur la surface interne. Il en résulte alors une accumulation d'eau à l'intérieur du spécimen et cette accumulation est considérée, en tant que telle, comme étant l'effet produit

4 2 5 Effets

La ligne 4 fait évidemment suite à la ligne précédente, il devrait toutefois être noté que la condensation et l'adsorption peuvent toutes deux conduire à des variations de propriétés non mécaniques des spécimens, mais jamais à des variations de propriétés mécaniques

4.2 *The humidity/effects diagram*

4.2.1 *General*

The diagram on page 15 shows the basic physical processes concerned with humidity testing and shows the links between these processes, the constructional features or the materials of the specimen, and the effects of the test

Where applicable, or where there is felt to be sufficient knowledge at present available to justify it, symbols corresponding to the various test parameters listed in Sub-clause 4.1 have been inserted in the various “ boxes ”

4.2.2 *Environment*

At the top of the diagram in the line entitled “ Environment ”, is the humidity or water vapour in the atmosphere in which the specimen is used or tested

4.2.3 *Method of entry*

The box labelled, “ Breathing ”, in the second line of the diagram is intended to indicate any process by which moisture penetrates an imperfect seal such as coatings, containers, hoses, tubes, etc. For specimens in which the outer surface forms part of the dielectric or other functional material of the specimen, this “ box ” may not be applicable and the moisture would then attack the specimen directly by one or both of the basic mechanisms indicated on the third line

4.2.4 *Physical processes*

Absorption may take place at a relative humidity below 100 %. Condensation may occur at relative humidities below 100 %, e.g. on contaminated surfaces. A film of water can, in some cases, reduce the rate of penetration.

There are two ways in which condensation can arise

- 1) Whenever the external surface of the specimen is below the dew point within the damp heat chamber as for example, during a rapid rise in the chamber temperature
- 2) Condensation can occur on the internal surface of a specimen by the same physical process, but as a result of the entrance of damp air due to successive temperature cycles

The entrance of damp air is caused by the differential pressure between the inside and outside of the specimen by reason of the falling of the temperature of the air within the chamber. Each successive cycle allows water vapour at high vapour pressure to enter the specimen until eventually the internal vapour pressure, and hence the dew point, rises to the level where condensation on the internal surface occurs, resulting in the accumulation of water. This accumulation of water is considered to be a result in itself.

4.2.5 *Effects*

Line 4 follows fairly obviously from the previous line but it should be noted that the condensation and adsorption mechanisms can both lead to changes in the non-mechanical properties of the specimen although, in general, neither mechanism leads to changes in the mechanical properties

Les effets de la ligne 4 sont subdivisés dans la ligne 5, alors que la ligne 6 donne une subdivision supplémentaire des effets non électriques : effets volumétriques ou d'interface pour l'influence de l'absorption et effets de matériaux simples ou multiples pour l'influence de l'adsorption

4 2 6 Exemples d'effets

La dernière ligne donne quelques exemples typiques de ces effets et il devrait bien être précisé que ces exemples ne sont pas les seuls qui puissent résulter de ces opérations 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 volumique, d'angle de pertes, etc. C'est une des liaisons les plus évidentes mais il y en a sans aucun doute bien d'autres.

Beaucoup de ces « liaisons latérales » peuvent nécessiter un temps considérable pour être mises elles-mêmes en évidence par leurs effets sur des propriétés mesurables du spécimen et ce point doit être présent à l'esprit lorsque l'on décide de la durée de l'essai.

5 Guide pour le choix de la nature de l'essai

Un examen du diagramme montre que deux sortes d'essais sont nécessaires pour rechercher les défaillances spécifiques et/ou les effets produits, à savoir un essai cyclique et un essai à conditions permanentes (essai continu).

En étudiant les paramètres d'essai symbolisés dans le diagramme, il est évident que le phénomène d'absorption ne dépend pas d'une manière significative aussi bien de la variation que de la vitesse de variation de la température. Un essai cyclique n'a donc pas à être requis pour montrer l'un quelconque des exemples d'effets finals indiqués dans les cinq premières cases de la dernière ligne du diagramme et, de plus, il serait nécessaire qu'un essai cyclique soit beaucoup plus long qu'un essai continu effectué aux mêmes niveaux de température supérieure et d'humidité, en raison des interruptions des conditions de contrainte maximale se produisant dans l'essai cyclique.

Sur la droite du diagramme, on peut voir que la plupart des processus connus, par lesquels l'humidité entre à l'intérieur du boîtier du spécimen dépendent soit de la variation, soit de la vitesse de variation de la température ou des deux à la fois. De même, les opérations de condensation et d'adsorption dépendent d'un ou de ces deux paramètres à la fois, de sorte que les exemples d'effets finals indiqués dans les trois dernières cases de la dernière ligne dépendent de la vitesse de variation de température et il est nécessaire de requérir un essai cyclique.

Bien que l'on se soit rendu compte que beaucoup d'effets finals ne peuvent être obtenus ni recherchés séparément, et qu'il n'est pas possible de dire avec certitude que seuls les processus de défaillance indiqués dans le diagramme peuvent s'appliquer à des spécimens particuliers, l'utilisation du « Diagramme des effets » devrait, dans bien des cas, permettre un choix entre deux types d'essais : de chaleur humide, l'essai continu ou l'essai cyclique.

Il se peut également que pour certains types de spécimens les deux types d'essais soient nécessaires. Dans cette éventualité, il faudra prendre le plus grand soin, avant de décider de l'ordre dans lequel les essais seront effectués, de penser aux possibilités d'accélération indues et d'annihilation de l'un quelconque des processus de défaillance.

The results in line 4 are sub-divided in line 5, whilst in line 6 the non-electrical effects are further sub-divided into volumetric and interface effects for the absorption mechanism, and into single material and multiple material effects for the adsorption mechanism

4.2.6 *Examples of effects*

The last line lists typical examples of these effects but it must not be assumed 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 cross-links there are undoubtedly many others.

Again, many of these “cross-links” may require a considerable period of time to make themselves evident by their effects on measurable properties of the specimen, and this point shall be borne in mind when the duration of the test is being established.

5 **Kind of test and guidance for selection**

An examination of the diagram shows that two kinds of tests are necessary in order to investigate specific failure mechanisms and/or effects, namely damp heat cyclic and damp heat steady state tests.

If the test parameter symbols in the diagram are studied, it will be evident that the absorption mechanism is not significantly dependent upon either the change or the rate of change of temperature. A cyclic test is therefore not necessary to show up any of the examples of the final effect listed in the first five boxes in the bottom line of the diagram, and moreover, a cyclic test would probably need to be of considerably longer duration than a steady state test at the same upper temperature and humidity levels, due to the interruptions in the maximum stress conditions which occur in a cyclic test.

On the right-hand side of the diagram, it can be seen that most of the known mechanisms by which moisture enters the containers of a specimen are dependent either on the change, or on the rate of change of temperature or on both. Similarly, both the condensation and adsorption processes depend upon one or both of these parameters so that the examples of the final effects listed in the last three boxes on the last line are dependent on the rate of change of temperature and a cyclic type of test is required.

Whilst it is realized that many of the final effects cannot be obtained or investigated separately, and that it will not be possible to say with any certainty that only given mechanisms of failure will apply to particular specimens, the use of the effects diagram should in many cases enable a choice to be made between steady state and cyclic tests.

For certain specimens, it may be that both types of test are indicated and in this event the order in which the tests should be performed will require careful thought in order to avoid undue acceleration or inhibition of any of the failure processes.

6 Conclusions

Lorsqu'il est nécessaire de spécifier un essai de chaleur humide, les points suivants devraient être pris en considération pour décider du type d'essai à requérir et de sa sévérité

- 6 1 Il faut connaître la conception et la technologie de construction du spécimen à essayer, ainsi que les effets finals à rechercher et les étudier conjointement avec le diagramme
- 6 2 Les températures correspondant à la sévérité de l'essai doivent être liées aux limites conçues pour le fonctionnement ou le stockage du spécimen, suivant le cas
- 6 3 La durée de l'essai doit être déterminée en ayant présent à l'esprit que certains effets à longue durée, tels que les actions chimiques, peuvent nécessiter un temps considérable pour avoir une influence sensible sur une propriété du spécimen mesurable et que des matériels ou composants peuvent éventuellement faillir en service même s'ils ont apparemment satisfait à un essai de chaleur humide en laboratoire
- 6 4 Les essais de chaleur humide ne doivent pas être utilisés en tant qu'essais de corrosion bien qu'une corrosion se produisant au cours d'un essai de chaleur humide puisse être retenue pour déterminer si elle a eu, ou si elle aura par la suite, un effet quelconque sur la sécurité de fonctionnement du spécimen
- 6 5 Lorsque des effets de respiration doivent être déterminés, des mesures doivent être prises pour éviter la formation d'un film d'eau dû à la condensation parce que ceci réduirait le taux d'entrée d'air humide

6 Conclusions

When it is necessary that a damp heat test should be specified, the following points should be taken into consideration when deciding upon the type of test or its severities

- 6 1 A knowledge of the design and construction of the test specimen together with the final effects which are to be investigated is required and should be considered in conjunction with the diagram
- 6 2 The design limits of the specimen for operation or for storage as appropriate shall be related to the severity of the test in terms of temperature
- 6 3 The duration of the test should be determined by bearing in mind the fact that some of the long-term effects, such as chemical action, may require a considerable time to have any sensible effect on a property of the specimen, and specimens may eventually fail in service although they have apparently survived a damp heat test in the laboratory
- 6 4 Damp heat tests should not normally be used as corrosion tests although any corrosion which may occur during a damp heat test should be assessed in order to determine whether it has had, or is subsequently likely to have, any effect on the safety of operation of the specimen
- 6 5 Where breathing effects have to be determined, measures shall be taken to avoid the formation of a film of water due to condensation as this will reduce the rate of entrance of damp air

Climat	Humidité									
Méthode d'entrée	Directe									
Operations physiques	Pénétration		Adsorption et condensation		Condensation et accumulation					
	$\frac{d\theta}{dt}, \Delta\theta, H.A., t$		$\frac{d\theta}{dt}, H.R., t, Pu.$		$\frac{d\theta}{dt}, \Delta\theta, H.R., t, Pu.$					
Effets	Absorption		Variation des propriétés non mécaniques du specimen		Variation des propriétés non mécaniques du specimen		Effets électriques		Effets non électriques	
	$\theta, H.A., t$		$\theta, H.A., t$		$\theta, H.A., t$		$\frac{d\theta}{dt}, H.R., Pu.$		$\frac{d\theta}{dt}, H.R., t, Pu.$	
	Effets dimensionnels		Effets non dimensionnels		Effets électriques		Effets non électriques		Effets non électriques	
	$\theta, H.A., t$		$\theta, H.A., t$		$\theta, H.A., t$		$\frac{d\theta}{dt}, H.R., Pu.$		$\frac{d\theta}{dt}, H.R., t, Pu.$	
	Matériaux multiples		Matériau unique		Matériaux multiples		Matériau unique		Matériaux multiples	
Exemples d'effets	Friction		Variation de dureté		Resistivité transversale		Reaction chimique entre matériaux et humidité qui peut conduire à		Corrosion (Laminations magnétiques)	
	Perte d'étanchéité		Fissures		(resistances ou isolants)		Angle de perte diélectrique		Pertes d'adhésion	
					Constante diélectrique		Rigidité diélectrique			