

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
749**

Deuxième édition
Second edition
1996-10

**Dispositifs à semiconducteurs –
Essais mécaniques et climatiques**

**Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 749: 1996

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

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

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV 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 publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
749

Deuxième édition
Second edition
1996-10

**Dispositifs à semiconducteurs –
Essais mécaniques et climatiques**

**Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods**

© CEI 1996 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 3, rue de Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
 CHAPITRE 1: GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Termes, définitions et symboles littéraux.....	10
4 Conditions atmosphériques normales.....	10
5 Examen visuel externe et vérification des dimensions.....	12
6 Mesures électriques.....	14
 CHAPITRE 2: ESSAIS MÉCANIQUES	
1 Robustesse des sorties.....	18
1.1 Traction.....	18
1.2 Pliage.....	18
1.3 Torsion.....	18
1.4 Couple.....	18
2 Soudure	20
2.1 Soudabilité	20
2.2 Résistance à la chaleur de soudage.....	22
2.3 Résistance des CMS en boîtier plastique à l'effet combiné de l'humidité et de la chaleur de soudage.....	22
3 Vibrations (sinusoïdales).....	36
4 Chocs.....	38
5 Accélération constante	38
6 Essai de robustesse des contacts soudés	40
6.1 Généralités.....	40
6.2 Méthodes A et B	40
6.3 Méthode C.....	42
6.4 Méthode D.....	44
6.5 Méthodes E et F	46
6.6 Renseignements que doit fournir la spécification particulière	48
7 Essai de résistance de la pastille au cisaillement.....	50

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
CHAPTER 1: GENERAL	
Clause	
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions and letter symbols.....	11
4 Standard atmospheric conditions	11
5 External visual examination and verification of dimensions.....	13
6 Electrical measurements	15
CHAPTER 2: MECHANICAL TEST METHODS	
1 Robustness of terminations	19
1.1 Tensile	19
1.2 Bending	19
1.3 Torsion.....	19
1.4 Torque	19
2 Soldering.....	21
2.1 Solderability.....	21
2.2 Resistance to soldering heat.....	23
2.3 Resistance of plastic encapsulated SMDs to the combined effect of moisture and soldering heat.....	23
3 Vibration (sinusoidal).....	37
4 Shock.....	39
5 Acceleration, steady state.....	39
6 Bond strength test	41
6.1 General.....	41
6.2 Methods A and B	41
6.3 Method C.....	43
6.4 Method D.....	45
6.5 Methods E and F	47
6.6 Information to be given in the relevant specification	49
7 Die shear strength test	51

CHAPITRE 3: ESSAIS CLIMATIQUES

Articles

1	Variations de température.....	56
1.1	Variations rapides de température: méthode des deux chambres.....	56
1.2	Variations rapides de température: méthode des deux bains	56
2	Stockage (à haute température).....	58
3	Basse pression atmosphérique	58
4A	Essai continu de chaleur humide.....	58
4B	Essai continu, accéléré, de chaleur humide.....	60
4C	Essai continu, fortement accéléré, de chaleur humide	64
5	Étanchéité	70
5.1	Essai à la bombe	70
5.2	Détection des microfuites: méthode au krypton radioactif.....	70
5.3	Détection des microfuites: essai de fuite de gaz au spectrographe de masse.....	74
5.4	Fuites franches, méthode de détection électronique des vapeurs de perfluorocarbone	74
6	Brouillard salin	80
7	Essai d'intermittence thermique	80
8	Mesure de la teneur en humidité interne par spectrométrie de masse	84

CHAPITRE 4: ESSAIS DIVERS

1	Essais d'inflammabilité des dispositifs à encapsulation plastique	88
1.1	Inflammabilité (cas d'une cause interne d'inflammation)	88
1.2	Inflammabilité (cas d'une cause extérieure d'inflammation).....	88
2	Tenue du marquage	88
Annexe A – Guide		92

CHAPTER 3: CLIMATIC TEST METHODS

Clause

1	Change of temperature.....	57
1.1	Rapid change of temperature: two-chamber method.....	57
1.2	Rapid change of temperature: two-fluid-bath method.....	57
2	Storage (at high temperature).....	59
3	Low air pressure.....	59
4A	Damp heat, steady state.....	59
4B	Damp heat, steady state, accelerated.....	61
4C	Damp heat, steady state, highly accelerated.....	65
5	Sealing.....	71
5.1	Bomb pressure test.....	71
5.2	Fine leak detection: radioactive krypton method.....	71
5.3	Fine leak detection: tracer gas method with mass spectrometer.....	75
5.4	Gross leak, perfluorocarbon vapour method using electronic detection apparatus.....	75
6	Salt mist.....	81
7	Thermal intermittence test.....	81
8	Internal moisture content measurement by mass spectrometry method.....	85

CHAPTER 4: MISCELLANEOUS TEST METHODS

1	Flammability tests of plastic-encapsulated devices.....	89
1.1	Flammability (internally induced).....	89
1.2	Flammability (externally induced).....	89
2	Permanence of marking.....	89
Annex A	– Guidance.....	93

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – Essais mécaniques et climatiques

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, 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 présente norme a été préparée par le comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1984, l'amendement 1 (1991) et l'amendement 2 (1993); elle constitue une révision technique.

Le texte de la présente norme est issu de la première édition, de l'amendement 1, de l'amendement 2 et des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/1394/FDIS	47/1402/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES – Mechanical and climatic test methods

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 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.

This standard has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1984, amendment 1 (1991) and amendment 2 (1993); it constitutes a technical revision.

The text of this standard is based on the first edition, amendment 1 and amendment 2 and on the following documents:

FDIS	Report on voting
47/1394/FDIS	47/1402/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – Essais mécaniques et climatiques

CHAPITRE 1: GÉNÉRALITÉS

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale donne la liste des méthodes d'essais applicables aux dispositifs à semiconducteurs (dispositifs discrets et circuits intégrés), parmi lesquelles on peut effectuer un choix. Toutefois, des méthodes d'essais supplémentaires peuvent être nécessaires pour les dispositifs n'ayant pas de cavité interne.

NOTE – Un dispositif n'ayant pas de cavité interne est un dispositif dans lequel le matériau d'encapsulation est en contact direct avec toutes les surfaces exposées de l'élément actif et dans lequel aucun espace vide n'est laissé au cours de sa fabrication.

Cette norme a tenu compte, dans la mesure du possible, de la CEI 68.

L'objet de la présente norme est d'établir des méthodes d'essais préférées et uniformes avec des valeurs préférentielles pour les niveaux de contraintes, afin d'apprécier les propriétés mécaniques et climatiques des dispositifs à semiconducteurs.

Au cas où il y aurait contradiction entre cette norme et une spécification particulière, cette dernière prévaudrait.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour cette Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur cette Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 68-1: 1988, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 68-2-3: 1985, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ca: Essai continu de chaleur humide*

CEI 68-2-6: 1995, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 68-2-7: 1983, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ga et guide: Accélération constante*

CEI 68-2-11: 1981, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

CEI 68-2-13: 1983, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai M: Basse pression atmosphérique*

CEI 68-2-14: 1984, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai N: Variations de température*

SEMICONDUCTOR DEVICES – Mechanical and climatic test methods

CHAPTER 1: GENERAL

1 Scope and object

This International Standard lists test methods applicable to semiconductor devices (discrete devices and integrated circuits) from which a selection may be made. However, additional test methods may be required for non-cavity devices.

NOTE – A non-cavity device is a device in which enclosing or encapsulating material is in intimate contact with all exposed surfaces of the active element, and no void space is included in the device design.

This standard has taken into account, wherever possible, IEC 68.

The object of this standard is to establish uniform preferred test methods with preferred values for stress levels for judging the environmental properties of semiconductor devices.

In case of contradiction between this standard and a relevant specification, the latter shall govern.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 68-1: 1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 68-2-3: 1985, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ca: Damp heat, steady state*

IEC 68-2-6: 1995, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc and guidance: Vibration (sinusoidal)*

IEC 68-2-7: 1983, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ga and guidance: Acceleration, steady state*

IEC 68-2-11: 1981, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ka: Salt mist*

IEC 68-2-13: 1983, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test M: Low air pressure*

IEC 68-2-14: 1984, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*

CEI 68-2-17: 1994, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Q: Etanchéité*

CEI 68-2-20: 1979, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai T: Soudure*

CEI 68-2-21: 1983, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de fixation*

CEI 68-2-45: 1980, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai XA et guide: Immersion dans les solvants de nettoyage*

CEI 68-2-47: 1982, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Fixation de composants, matériels et autres articles pour essais dynamiques tels que chocs (Ea), secousses (Eb), vibrations (Fc et Fd) et accélération constante (Ga) et guide*

CEI 68-2-48: 1982, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Guide sur l'utilisation des essais de la Publication 68 de la CEI pour simuler les effets du stockage*

CEI 653: 1979, *Considérations générales sur le nettoyage aux ultrasons*

CEI 695-2-2: 1991, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2: Méthodes d'essai – Section 2: Essai au brûleur-aiguille*

CEI 747-1: 1983, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets et circuits intégrés – Première partie: Généralités*

CEI 748-1: 1984, *Dispositifs à semiconducteurs – Circuits intégrés – Première partie: Généralités*

3 Termes, définitions et symboles littéraux

Se référer à la CEI 68, à la CEI 747 et à la CEI 748.

4 Conditions atmosphériques normales

Référence: CEI 68-1.

Sauf spécification contraire, toutes les épreuves et les reprises doivent être effectuées dans les conditions atmosphériques normales d'essai, comme elles sont définies en 5.3 de la CEI 68-1:

température:	comprise entre 15 °C et 35 °C;
humidité relative:	comprise entre 45 % et 75 %, s'il y a lieu;
pression atmosphérique:	comprise entre 86 kPa et 106 kPa (860 mbar et 1060 mbar).

Mais toutes les mesures électriques et les reprises suivies de mesures doivent être effectuées dans les conditions atmosphériques suivantes:

température:	(25 ± 5) °C
humidité relative:	comprise entre 45 % et 75 %, s'il y a lieu;
pression atmosphérique:	comprise entre 86 kPa et 106 kPa (860 mbar et 1060 mbar).

IEC 68-2-17: 1994, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 68-2-20: 1979, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test T: Soldering*

IEC 68-2-21: 1983, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 68-2-45: 1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*

IEC 68-2-47: 1982, *Environmental testing – Part 2: Tests – Mounting of components, equipment and other articles for dynamic tests including shock (Ea), bump (Eb), vibration (Fc and Fd) and steady-state acceleration (Ga) and guidance*

IEC 68-2-48: 1982, *Environmental testing – Part 2: Tests – Guidance on the application of the tests of IEC Publication 68 to simulate the effects of storage*

IEC 653: 1979, *General considerations on ultrasonic cleaning*

IEC 695-2-2: 1991, *Fire hazard testing – Part 2: Test methods – Section 2: Needle-flame test*

IEC 747-1: 1983, *Semiconductor devices – Discrete devices and integrated circuits – Part 1: General*

IEC 748-1: 1984, *Semiconductor devices. Integrated circuits – Part 1: General*

3 Terms, definitions and letter symbols

Reference is made to IEC 68, IEC 747 and IEC 748.

4 Standard atmospheric conditions

Reference: IEC 68-1

Unless otherwise specified, all tests and recoveries shall be carried out under standard atmospheric conditions for testing, as defined in IEC 68-1, subclause 5.3:

temperature:	15 °C to 35 °C;
relative humidity:	45 % to 75 %, where appropriate;
air pressure:	86 kPa to 106 kPa (860 mbar to 1060 mbar).

All electrical measurements, as well as recoveries followed by measurements, shall, however, be carried out under the atmospheric conditions:

temperature:	(25 ± 5) °C;
relative humidity:	45 % to 75 %, where appropriate;
air pressure:	86 kPa to 106 kPa (860 mbar to 1060 mbar).

Les essais d'arbitrage doivent être effectués dans les conditions atmosphériques suivantes:

- température: $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$
- humidité relative: comprise entre 48 % et 52 %;
- pression atmosphérique: comprise entre 86 kPa et 106 kPa (860 mbar et 1060 mbar).

Avant d'effectuer les mesures, les spécimens doivent être laissés au repos jusqu'à ce que l'équilibre de température soit atteint. La température ambiante pendant les mesures doit être notée dans le compte rendu d'essais.

Pendant la mesure, les spécimens ne doivent pas être exposés aux courants d'air, à une lumière vive ou à d'autres causes qui pourraient provoquer une erreur.

5 Examen visuel externe et vérification des dimensions

5.1 Examen visuel externe

5.1.1 But

Vérifier que l'aspect physique des matériaux, la conception, la construction, les marquages et l'exécution du dispositif sont conformes à la spécification particulière applicable.

5.1.2 Domaine d'application

Cet essai est destiné à l'inspection de sortie du fabricant ou à l'inspection d'entrée de l'utilisateur. Lorsque c'est nécessaire, il faut spécifier les exigences supplémentaires relatives aux systèmes optiques des dispositifs optoélectroniques.

5.1.3 Définition

Eclat: vide dans la matière d'encapsulation dû à une cassure non intentionnelle.

5.1.4 Matériel d'essai

Le matériel utilisé pour cet essai doit être capable de démontrer la conformité du dispositif aux exigences applicables, ce qui peut inclure un équipement optique avec un grossissement compris entre 3x et 10x et un champ relativement grand et accessible tel qu'une loupe circulaire à éclairage.

5.1.5 Méthode d'essai

Examiner le dispositif sous un grossissement compris entre 3x et 10x (sauf indication contraire) et avec un champ suffisamment grand pour contenir tout le dispositif, conformément aux exigences de la spécification applicable et aux critères définis en 5.1.6. Lorsque l'adhérence de matériaux étrangers est concernée, les dispositifs peuvent être soumis (par aspiration ou soufflage) à un jet d'air propre filtré (ionisé s'il s'agit de dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques) de vitesse inférieure à 27 m/s, puis réinspectés.

5.1.6 Critères de défauts

Un dispositif est considéré comme défectueux s'il présente un des défauts suivants:

5.1.6.1 Conception du dispositif, identification des sorties, marquages (contenu, emplacement et lisibilité), matériaux, construction et exécution non conformes à la spécification applicable.

Referee tests shall be carried out under the following standard atmospheric conditions:

temperature:	(25 ± 1) °C;
relative humidity:	48 % to 52 %;
air pressure:	86 kPa to 106 kPa (860 mbar to 1060 mbar).

Before the measurements are made, the specimens shall be stored until temperature equilibrium is reached. The ambient temperature during the measurements shall be stated in the test report.

During measurement, the specimens shall not be exposed to draughts, illumination or other influences likely to cause error.

5 External visual examination and verification of dimensions

5.1 External visual examination

5.1.1 Purpose

To verify that the physical appearance of the materials, design, construction, markings and workmanship of the device are in accordance with the applicable detail specification.

5.1.2 Scope

This test is intended for the outgoing inspection from the device manufacturer's facility or as an incoming user inspection. Additional requirements for the optical systems of optoelectronic devices need to be specified where applicable.

5.1.3 Definition

Chip out: a void in the package material caused by an unintentional breakage.

5.1.4 Test apparatus

Apparatus used in this test shall be capable of demonstrating device conformance to the applicable requirements, which may include optical equipment capable of magnification between 3× and 10× and a relatively large and accessible field of view such as an illuminated ring magnifier.

5.1.5 Test method

The device shall be examined under a magnification of between 3× and 10× (unless otherwise specified) with a field of view sufficiently large to contain the entire device in accordance with the requirements of the applicable specification and the criteria listed in 5.1.6. Where adherence of foreign material is in question, devices may be subjected to a clean filtered air (ionized if devices are electrostatic sensitive) stream (suction or expulsion) of 27 m/s maximum, and reinspected.

5.1.6 Defect criteria

Devices shall be considered defective if they exhibit any of the following:

5.1.6.1 Device design, termination identification, markings (content, placement, and legibility), materials, construction, and workmanship not in accordance with the applicable specification.

5.1.6.2 Défauts ou dégradation résultant de la fabrication, des manipulations ou de l'essai, et notamment:

- a) Boîtier cassé, vides ou fêlures dans le boîtier. Des fêlures, rayures, ouvertures, bulles et autres défauts sur la surface du boîtier ne sont pas des causes de rejet sauf s'ils affectent les performances du dispositif ou d'autres critères décrits ici tels que le marquage, la finition, etc.
- b) Tout éclat dont une dimension dépasse 1,5 mm dans n'importe quelle direction en surface ou dont la profondeur est supérieure à 0,2 mm, sauf spécification contraire, par exemple pour les très petits boîtiers.
- c) Tout éclat qui rend visible soit le verre de scellement (non visible auparavant), soit tout matériau interne, tel que grille de connexion ou couche conductrice, qui, par conception, n'est pas destiné à être exposé.

5.1.6.3 Marque visible de corrosion, contamination ou fêlure, connexions cassées, scellements fêlés (sauf les ménisques de verre), placage défectueux (décollement, écaillage ou boursoufflement) ou endommagé. Une décoloration du revêtement n'est pas une cause de rejet sauf s'il y a évidence d'écaillage, de trous ou de corrosion. Si les boîtiers sont de très petite taille, la spécification applicable peut requérir des exigences plus strictes.

5.1.6.4 Connexions qui ne sont pas intactes ou alignées dans leur emplacement normal, ou exemptes de courbures brusques ou non spécifiées, ou (dans le cas des connexions plates) exemptes de torsion en dehors du plan normal des connexions.

5.1.6.5 Connexions qui ne sont pas exemptes de matériaux étrangers tels que peinture ou autres dépôts adhérents.

5.1.7 Renseignements à donner dans la spécification applicable

Les points suivants doivent être spécifiés dans le document applicable:

- a) Exigences de marquage ainsi que l'identification de la connexion ou de la broche (voir 5.1.6.1).
- b) Exigences visuelles détaillées spécifiées sur les dessins.
- c) Dimensions des éclats, si elles diffèrent des dimensions données en 5.1.6.2 b).

5.2 Vérification des dimensions

On doit vérifier les dimensions indiquées dans la spécification particulière.

6 Mesures électriques

6.1 Pour les essais climatiques et mécaniques, les caractéristiques à vérifier doivent être choisies parmi celles du chapitre «Réception et fiabilité» de la partie applicable de la CEI 747 ou de la CEI 748; elles sont spécifiées pour chaque catégorie de dispositifs.

6.2 Conditions de mesure: voir le tableau «Conditions pour les essais d'endurance» au chapitre «Réception et fiabilité» de la partie applicable de la CEI 747 ou de la CEI 748.

6.3 Mesures initiales

Si l'on ne retient comme critères que la limite supérieure de la spécification et/ou sa limite inférieure, on laisse à la discrétion du fabricant de déterminer si l'on doit faire ou non des mesures initiales. Mais des mesures initiales doivent être effectuées si l'on utilise la valeur initiale d'un dispositif individuel comme critère.

5.1.6.2 Defects or damage resulting from manufacturing, handling, or testing, including the following:

- a) Broken packages, voids or cracks in the packages. Cracks, scratches, openings, bubbles and other defects on the surface shall not be cause for failure unless they affect the performance of the package or violate other criteria stated herein, such as markings, finish, etc.
- b) Any chip out dimension that exceeds 1,5 mm in any direction on the surface or has a depth which exceeds 0,2 mm, unless otherwise specified, for example for very small packages.
- c) Any chip out that exposes either sealing glass (not exposed prior to the chip out) or any internal material such as lead frame or conductive layer, that is not intended to be exposed by design.

5.1.6.3 Visible evidence of corrosion, contamination or breakage, broken leads, cracked seals (except glass meniscus), defective (peeling, flaking, or blistering) or damaged plating. Discoloration of the finish shall not be cause for failure unless there is evidence of flaking, pitting, or corrosion. In the case of very small packages, more stringent requirements may be called for in the relevant specification.

5.1.6.4 Leads that are not intact, or aligned in their normal location, or free of sharp or unspecified lead bends, or (for ribbon leads) free of twist outside the normal lead plane.

5.1.6.5 Leads that are not free of foreign material such as paint or other adherent deposits.

5.1.7 *Information to be given in the relevant specification*

The following details shall be specified in the applicable document:

- a) Requirements for marking and the lead or pin identification (see 5.1.6.1).
- b) Detailed visual requirements specified in drawings.
- c) Chip out dimensions if other than those specified in 5.1.6.2 b).

5.2 *Verification of dimensions*

Dimensions given in the relevant specification shall be verified.

6 **Electrical measurements**

6.1 For environmental testing, the characteristics to be checked shall be selected from the chapter "Acceptance and reliability" of the relevant part of IEC 747 or IEC 748; they are specified for each device category.

6.2 Measurement conditions: see table "Conditions for the endurance tests" in the chapter "Acceptance and reliability" of the relevant part of IEC 747 or IEC 748.

6.3 *Initial measurements*

If upper specification limit and/or lower specification limit criteria are required only, it is left to the discretion of the manufacturer whether initial measurements are made or not. Initial measurements shall be made where individual values for an individual device are a criterion.

6.4 *Mesures devant être effectuées pendant l'essai climatique ou mécanique*

A indiquer, s'il y a lieu.

6.5 *Mesures finales*

Lorsque l'essai figure dans la spécification particulière en tant que partie d'une séquence (sous-groupe) d'essais, les mesures ne sont à faire qu'à la fin de la séquence. Pour certains essais, tels que la soudabilité ou la fatigue des sorties, des dispositifs présentant un défaut électrique peuvent être utilisés.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60749:1996

6.4 *Measurements monitored during environmental testing*

To be stated, where appropriate.

6.5 *Final measurements*

When the test is called for in the relevant specification as part of a sequence (sub-group) of tests, measurements are required only at the end of the sequence. For certain tests, such as solderability or lead fatigue, electrically defective devices may be used.

Withd 2021
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60749:1996

CHAPITRE 2: ESSAIS MÉCANIQUES

Le choix des essais appropriés dépend du type de dispositifs et du boîtier. Les essais applicables correspondants doivent être indiqués dans la spécification particulière.

1 Robustesse des sorties

Référence: CEI 68-2-21.

1.1 Traction

Cet essai est conforme à l'essai U_{a1} , avec les exigences spécifiques suivantes:

En 2.6, lire:

Après l'essai, faire un examen visuel sous grossissement $3\times$ à $10\times$.

Refuser le dispositif s'il y a fêlure (ailleurs que dans le ménisque), rétrécissement de la sortie ou déplacement de la sortie par rapport au cours du dispositif.

1.2 Pliage

Cet essai est conforme à l'essai U_b , avec les exigences spécifiques suivantes:

En 4.2, la méthode 2 est recommandée seulement pour les dispositifs enfichables (DIL) et similaires, dont la configuration du corps rend la méthode 1 difficile ou impossible à utiliser.

1.3 Torsion

Cet essai est conforme à l'essai U_c , avec les exigences spécifiques suivantes:

Méthode

On utilise soit la méthode A (sévérité 2), soit la méthode B.

Critères de défaillance

Lors de l'examen visuel qui suit la fin de l'épreuve, en utilisant un grossissement de $10\times$ à $20\times$, on considère comme défaut toute trace de fêlure autre que dans le ménisque du scellement, de rétrécissement de la sortie ou de déplacement de la sortie par rapport au corps du dispositif.

1.4 Couple

1.4.1 Essai de couple pour les embouts filetés

Cet essai est conforme à l'essai U_d , avec les exigences spécifiques suivantes:

Le dispositif est considéré comme défectueux si l'un des cas suivants se produit:

- l'embout fileté se brise ou s'allonge de plus d'un demi-pas;
- il y a manifestement un arrachement du filetage ou une déformation de l'embase;
- le dispositif ne satisfait pas aux mesures électriques après l'essai, s'il y a lieu.

CHAPTER 2: MECHANICAL TEST METHODS

The choice of the appropriate tests depends on the type of devices and of the encapsulation. The relevant specification shall state which tests are applicable.

1 Robustness of terminations

Reference: IEC 68-2-21.

1.1 Tensile

This test shall be in accordance with Test Ua₁, with the following specific requirements:

In 2.6, read:

After test, examine under 3× to 10× magnification.

The device shall be rejected if there is breakage (other than seal meniscus), loosening or relative motion between the lead or terminal and the device body.

1.2 Bending

This test shall be in accordance with Test Ub, with the following specific requirements:

In 4.2, Method 2 is recommended only for dual-in-line and similar packages, where the configuration of the body makes it difficult or impracticable to use Method 1.

1.3 Torsion

This test shall be in accordance with Test Uc, with the following specific requirements:

Method

Method A (severity 2) or Method B shall be used.

Failure criteria

When examining using 10× to 20× magnification after removal of the stress, any evidence of breakage, other than in the seal meniscus, loosening, or relative motion between the terminal lead and the device body shall be considered as a device failure.

1.4 Torque

1.4.1 Torque test for studs

This test shall be in accordance with Test Ud, with the following specific requirements:

The device shall be considered as a failure if any of the following occurs:

- the stud breaks or elongates more than one-half the thread pitch;
- there is evidence of thread stripping or deformation of the mounting seat;
- the device fails electrical measurements after test, if applicable.

1.4.2 Essai de couple pour les sorties – Nouvel essai (appelé Ud_2)

1.4.2.1 Objet

Cet essai a pour but de vérifier l'aptitude d'une sortie à résister à des torsions qui peuvent lui être appliquées au cours d'inspections ou de dépannages après montage dans un matériel.

1.4.2.2 Méthode d'essai

Le composant est fermement maintenu et on applique lentement à la sortie à essayer une torsion jusqu'à ce que l'angle de torsion soit de $30 \pm 10^\circ$, ou un couple jusqu'à une valeur spécifiée, l'application cessant dès que l'une de ces conditions est atteinte.

On remet alors la sortie dans sa position d'origine. Un couple de $1,4 \times 10^{-2} \pm 1,4 \times 10^{-3}$ N.m est appliqué à la sortie à une distance de $3,0 \pm 0,5$ mm à partir du corps ou à moins de 1 mm de l'extrémité de la sortie si elle fait moins de 3 mm.

Le couple est appliqué dans chaque sens.

Lorsqu'un composant a des sorties mises en forme près du corps, le couple peut être appliqué à $3,0 \pm 0,5$ mm à partir du point où la sortie est mise en forme.

1.4.2.3 Mesures finales

Après l'essai, faire un examen visuel sous grossissement de $3\times$ à $10\times$. Refuser le composant s'il y a évidence de cassure de la sortie, de rétrécissement de la sortie ou de déplacement de la sortie par rapport au corps.

1.4.2.4 Renseignements que doit fournir la spécification particulière

Sorties à essayer: nombre et choix.

2 Soudure

Référence: CEI 68-2-20.

2.1 Soudabilité

Cet essai est conforme à l'essai Ta, avec les exigences spécifiques suivantes:

- Vieillessement:

Lorsque la spécification particulière exige un vieillissement accéléré, le «vieillessement 1b» est préférable. Le vieillissement 3 peut être utilisé. Il ne faut pas utiliser les vieillissements 1a et 2.

- Retrait de mouillage (selon 4.9 de l'essai Ta):

Cet essai ne doit pas être considéré comme obligatoire sauf si la spécification particulière l'exige.

- Si la méthode 1 est choisie:

Les sorties sont soumises à la méthode du bain de soudure. Les sorties sont plongées dans le bain jusqu'à une distance inférieure à 1,5 mm, comptée à partir du plan de siège du composant, ou toute autre distance spécifiée dans la spécification particulière.

NOTE – Lorsque la distance d'immersion au plan de siège du composant est inférieure à 1,5 mm, d'autres critères de défaillance peuvent être envisagés et ils doivent être spécifiés.

1.4.2 Torque test for leads – New test (called Ud_2)

1.4.2.1 Object

To determine the ability of a termination to withstand twisting which may be applied during inspection or servicing after installation.

1.4.2.2 Test method

The component shall be held rigidly and a torque or twist shall be applied slowly to the termination being tested until the twist angle reaches $30 \pm 10^\circ$ or the specified torque is achieved, whichever condition occurs first.

The termination is then returned to its original position. A torque of $1,4 \times 10^{-2} \pm 1,4 \times 10^{-3}$ N·m shall be applied to the termination at a distance of $3,0 \pm 0,5$ mm from the body or within 1 mm from the end of the termination, if it is shorter than 3 mm.

The torque shall be applied in each direction.

When the component has terminations which are formed close to the body, the torque may be applied $3,0 \pm 0,5$ mm from the point where the terminations are formed.

1.4.2.3 Final measurements

After test, examine under $3\times$ to $10\times$ magnification. The component shall be rejected if there is any evidence of termination breakage, loosening or relative motion between the termination and the body.

1.4.2.4 Information to be given in the relevant specification

Number and selection of terminations to be tested.

2 Soldering

Reference: IEC 68-2-20.

2.1 Solderability

This test shall be in accordance with Test Ta, with the following specific requirements:

- Ageing:

Where accelerated ageing is required by the relevant specification, “ageing 1b” is preferred. Ageing 3 may be used. Ageing 1a and 2 shall not be used.

- Dewetting: (as per 4.9 of Test Ta):

This test shall not be considered mandatory except when it is required in the relevant specification.

- When Method 1 is selected:

Terminals are subjected to the solder-bath method. The terminals are immersed in the bath to within 1,5 mm or other distance, as specified in the relevant specification, from the seating plane of the component.

NOTE – When the immersion distance is closer than 1,5 mm to the seating plane of the device, then alternative failure criteria may apply and shall be specified.

- Si la méthode 2 est choisie:

Les sorties sont soumises à la méthode du fer à souder, en prenant la panne de forme A. La distance du fer à souder au corps du composant est celle qu'indique la spécification particulière; le temps d'application du fer à souder est de $3,5 \pm 0,5$ s.

- Si la méthode 3 est choisie:

Les sorties sont soumises à la méthode de la goutte de soudure. Elles sont essayées à un point situé à 5 ± 1 mm du corps du composant. Le fil doit être mouillé par la soudure en moins de 2,5 s.

Critère pour avoir un bon mouillage

Observée avec un grossissement de $10\times$, la surface après immersion doit être couverte d'un revêtement de soudure lisse et brillant, avec seulement des traces d'imperfections dispersées (environ 5 % de la surface), comme des piqûres d'aiguilles ou des surfaces non mouillées par la soudure. Ces imperfections ne doivent pas être localisées en un seul endroit.

2.2 Résistance à la chaleur de soudage

Cet essai est conforme à l'essai Tb, avec les exigences spécifiques suivantes:

Méthode

On utilise soit la méthode 1A avec un temps d'immersion de 10 ± 1 s, soit la méthode 1B.

2.3 Résistance des CMS en boîtier plastique à l'effet combiné de l'humidité et de la chaleur de soudage

2.3.1 Objet

Ce paragraphe propose une méthode d'essai destinée à garantir la résistance à la chaleur de soudage des composants pour montage en surface (CMS) en boîtier plastique. Cet essai est destructif.

2.3.2 Description générale

Les craquelures du boîtier et les défaillances électriques intervenant dans les CMS à boîtier plastique peuvent apparaître lorsque la chaleur de soudage augmente la pression de vapeur de l'humidité absorbée lors du stockage. Ces problèmes ont été évalués. Cette méthode d'essai consiste à évaluer la résistance à la chaleur des CMS après les avoir plongés dans un milieu simulant l'humidité absorbée lors du stockage en entrepôt ou dans un endroit sec.

2.3.3 Appareillage d'essai et matériaux

a) Chambre d'humidité

La chambre d'humidité doit créer un milieu respectant la température et l'humidité relatives définies au point c) de 2.3.4.

b) Appareillage de brasage par fusion

Les appareillages de brasage en phase vapeur et par fusion infrarouge doivent fournir des profils de températures conformes aux conditions de chaleur de soudage définies aux points d)1) et d)2) de 2.3.4.

Les réglages de l'appareillage de brasage par fusion doivent s'effectuer à l'aide des profils de température de la surface du boîtier pendant que le dispositif est soumis à la chaleur de soudage, mesurée comme l'indique la figure 1.

- When Method 2 is selected:

Terminals are subjected to the soldering-iron method, using the soldering-iron bit size A. The distance of the soldering-iron application from the body of the component shall be as specified in the relevant specification; the time of soldering-iron application shall be $3,5 \pm 0,5$ s.

- When Method 3 is selected:

Terminals are subjected to the solder globule method. The terminals are tested at a point 5 ± 1 mm from the body of the component. The wire shall be wetted with solder within 2,5 s.

Criteria for good wetting

When observed under $10\times$ magnification, the dipped surface shall be covered with a smooth and bright solder coating, with no more than traces (approximately 5 %) of scattered imperfections such as pin-holes or non-wetted areas. These imperfections shall not be concentrated in one area.

2.2 Resistance to soldering heat

This test shall be in accordance with Test Tb, with the following specific requirements:

Method

Methods 1A with an immersion time of 10 ± 1 s, or Method 1B shall be used.

2.3 Resistance of plastic encapsulated SMDs to the combined effect of moisture and soldering heat

2.3.1 Object

This subclause provides a test method for assessing the resistance to soldering heat of plastic encapsulated surface mounted devices (SMDs). This test is destructive.

2.3.2 General description

Package cracking and electrical failure in plastic encapsulated SMDs can result when soldering heat raises the vapour pressure of moisture which has been absorbed during storage. These problems are assessed. In this test method, SMDs are evaluated for heat resistance after being soaked in an environment which simulates moisture being absorbed while under storage in a warehouse or dry pack.

2.3.3 Test apparatus and materials

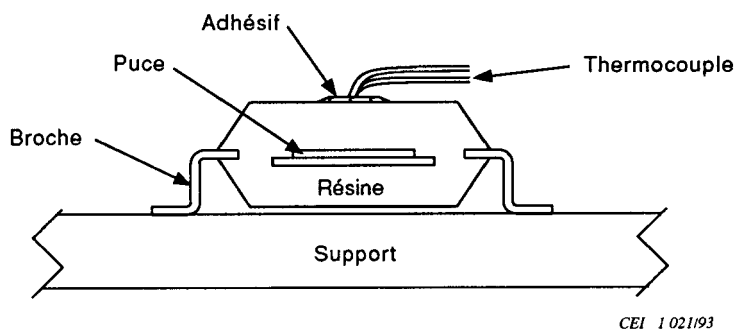
a) Humidity chamber

The humidity chamber shall provide an environment complying with the temperature and relative humidity defined in item c) of 2.3.4.

b) Reflow soldering apparatus

Vapour phase soldering apparatus and infrared reflow soldering apparatus shall provide temperature profiles complying with the conditions of soldering heat defined in items d)1) and d)2) of 2.3.4.

The settings of the reflow soldering apparatus shall be adjusted by temperature profiling of the surface of the package while it is undergoing the soldering heat process, measured as indicated in figure 1.



NOTE – Il convient que l'adhésif ait une bonne conductivité thermique

Figure 1 – Méthode de mesure du profil de température d'un spécimen

c) Support

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, on peut utiliser n'importe quel matériau de circuit tels que l'alumine, la fibre de verre epoxy ou polyimide ou du fil de fer. Monter le spécimen sur le circuit selon les méthodes habituelles et dans la position indiquée à la figure 1.

d) Bain de soudure

Le bain de soudure doit être conforme aux conditions de chaleur de soudage indiquées au point c) de 2.3.4.

e) Solvant pour brasage en phase vapeur

Utiliser du perfluorocarbène (de l'isobutène perfluoré).

f) Flux

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, le flux doit comprendre (en masse): 25 % de colophane, 75 % d'alcool isopropylique, selon les spécifications de l'annexe C de la CEI 68-2-20.

g) Soudage

On doit utiliser un soudage dont la composition figure dans l'annexe B de la CEI 68-2-20.

2.3.4 Exécution

a) Mesures initiales

1) Inspection visuelle

L'inspection visuelle s'effectue selon les indications de l'article 5, chapitre 1 de cette norme.

2) Mesures électriques

On effectue les essais électriques selon les exigences de la spécification applicable.

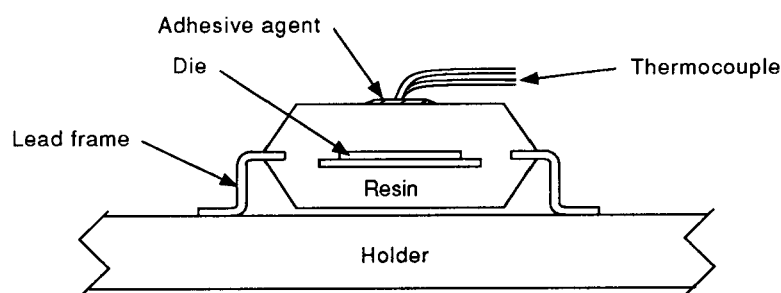
b) Préconditionnement

Porter le spécimen à la température de $125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ ou à la température maximale spécifiée, si celle-ci est plus basse.

NOTE – Le preconditionnement peut dépasser 6 h si la température est plus basse.

c) Immersion

Conformément à 2.3.6.1, l'immersion s'effectue à $85\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, l'humidité relative et le temps d'immersion étant sélectionnés dans le tableau 1.



IEC 1 021/93

NOTE – The adhesive agent should have a good thermal conductivity.

Figure 1 – Method of measuring the temperature profile of a specimen

c) Holder

Unless otherwise specified in the relevant specification, any board material, such as an alumina, epoxy fibreglass or polyimide, or a wire net may be used for the holder. The specimen shall be mounted on the board by the usual means and in a position as given in figure 1.

d) Solder bath

The solder bath shall comply with the condition of soldering heat given in item c) of 2.3.4.

e) Solvent for vapour phase soldering

Perfluorocarbon (perfluoroisobutylene) shall be used.

f) Flux

Unless otherwise specified in the relevant specification, the flux shall consist of 25 % by weight of colophony in 75 % by weight of isopropyl alcohol, both as specified in appendix C of IEC 68-2-20.

g) Solder

Solder of composition as specified in appendix B of IEC 68-2-20 shall be used.

2.3.4 Procedure

a) Initial measurements

1) Visual inspection

Visual inspection shall be performed as specified in clause 5 of chapter 1 of the present standard.

2) Electrical measurement

Electrical testing shall be performed as required by the relevant specification.

b) Preconditioning

The specimen shall be baked at $125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ or at its maximum rated temperature if this is lower.

NOTE –The preconditioning may need to be longer than 6 h if the temperature is lower.

c) Moisture soaking

In accordance with 2.3.6.1, the moisture soaking shall be performed at $85\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$; relative humidity and soaking time shall be selected from table 1.

Tableau 1

Méthode	Température °C	Humidité relative %	Temps d'immersion h
A	85 ± 2	30 ± 5	168 ± 24
B	85 ± 2	65 ± 5	168 ± 24
C	85 ± 2	85 ± 5	24 ± 2

d) Chaleur de soudage

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, le spécimen doit être soumis à la chaleur de soudage dans les 24 h suivant la fin de l'immersion.

Les méthodes et les conditions relatives à la chaleur de soudage doivent être sélectionnées parmi les points d)1) à d)3) de ce paragraphe selon la spécification applicable. Chaque essai, quelle que soit la méthode d'essai employée, doit comporter un cycle.

1) Méthode de chauffage par brasage en phase vapeur

i) Préparation

Monter le spécimen sur le support.

ii) Préchauffage

Sauf spécification contraire, préchauffer le spécimen à la température de 150 °C ± 10 °C pendant 1 min à 2 min dans l'appareillage de brasage en phase vapeur.

iii) Chauffage de la soudure

Augmenter la température du spécimen après préchauffage. Quand la température du spécimen atteint 215 °C ± 5 °C, le maintenir à cette température pendant 40 s ± 3 s (voir 2.3.8.1).

2) Méthode de chauffage par refusion infrarouge

i) Préparation

Monter le spécimen sur le support.

ii) Préchauffage

Sauf spécification contraire, préchauffer le spécimen à la température de 150 °C ± 10 °C pendant 1 min à 2 min dans l'appareillage de brasage par fusion à infrarouge.

iii) Chauffage de la soudure

Après avoir préchauffé le spécimen, augmenter sa température jusqu'à la température maximale de 240 °C et la diminuer ensuite pour atteindre la température ambiante (voir 2.3.8.2).

Après le préchauffage, la température du spécimen devra suivre les valeurs indiquées à la figure 9 de 2.3.8.2 sur les profils de températures.

3) Méthode de chauffage par bain de soudure

i) Immersion

Plonger les bornes du spécimen dans le flux à température ambiante.

ii) Nettoyage de la soudure

La surface de la soudure fondue doit être éliminée à l'aide d'une spatule en acier inoxydable ou en matériau équivalent.

iii) Immersion dans le bain de soudure (si applicable)

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, immerger le spécimen à 10 mm ± 5 mm de profondeur dans la soudure comme le montre la figure 2. La vitesse d'immersion et de retrait du spécimen doit être de 25 mm/s ± 2,5 mm/s. Conformément aux conditions réelles de soudage, la température et le temps d'immersion doivent être sélectionnés dans le tableau 2.

Table 1

Method	Temperature °C	Relative humidity %	Soaking time h
A	85 ± 2	30 ± 5	168 ± 24
B	85 ± 2	65 ± 5	168 ± 24
C	85 ± 2	85 ± 5	24 ± 2

d) Soldering heat

Unless otherwise specified in the relevant specification, the specimen shall be subjected to the soldering heat within 24 h of finishing the moisture soaking.

The method and condition of soldering heat shall be selected from items d)1) to d)3) of this subclause according to the relevant specification.

Each test, whichever method is chosen, shall consist of one cycle.

1) Method of heating by vapour phase soldering

i) Preparation

The specimen shall be mounted on the holder.

ii) Preheating

Unless otherwise specified, the specimen shall be preheated at a temperature of 150 °C ± 10 °C for 1 min to 2 min in the vapour phase soldering apparatus.

iii) Solder heating

The temperature of the specimen shall be raised after preheating.

When the temperature of the specimen has reached 215 °C ± 5 °C, it shall be maintained for 40 s ± 3 s (refer to 2.3.8.1).

2) Method of heating by infrared reflow soldering

i) Preparation

The specimen shall be mounted on the holder.

ii) Preheating

Unless otherwise specified, the specimen shall be preheated at a temperature of 150 °C ± 10 °C for 1 min to 2 min in the infrared reflow soldering apparatus.

iii) Solder heating

Following preheating, the temperature of the specimen shall be raised to 240 °C maximum and then lowered to room temperature (see 2.3.8.2).

Following preheating, the temperature of the specimen will follow the values as indicated in the profile given in figure 9 of 2.3.8.2.

3) Method of heating by solder bath

i) Dipping into flux

The terminations of the specimen shall be dipped into the flux at room temperature.

ii) Solder cleaning

The surface of the molten solder shall be wiped off with a spatula made of stainless steel or equivalent.

iii) Immersion in the solder bath (where applicable)

Unless otherwise specified in the relevant specification, the specimen shall be immersed to a depth of 10 mm ± 5 mm in the molten solder as shown in figure 2. The speed of immersion and withdrawal shall be 25 mm/s ± 2,5 mm/s. In accordance with the actual condition of soldering process, the temperature and the immersion time shall be selected from table 2.

iv) Retrait du flux résiduel

Après l'immersion du spécimen dans le bain de soudure, retirer le flux résiduel.

Tableau 2

Méthode	Température de la soudure fondue °C	Temps d'immersion s	Remarques
A	245 ± 5	5 ± 1	Vague simple
B	260 ± 5	5 ± 1	Vague simple
C	260 ± 5	10 ± 1	Vague double

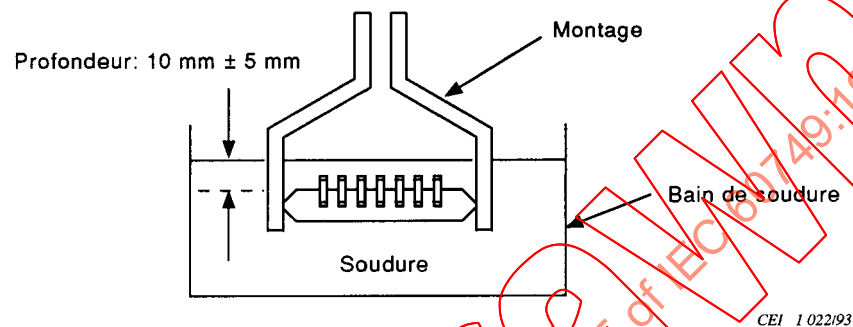


Figure 2 – Méthode d'immersion

e) Reprise

Si la reprise est spécifiée dans la spécification applicable, stocker le spécimen dans les conditions atmosphériques normales pendant la durée indiquée dans la spécification.

f) Mesures finales

1) Inspection visuelle

Effectuer l'inspection visuelle après l'essai selon les indications de l'article 5, chapitre I.

2) Mesures électriques

Réaliser les essais électriques selon les exigences de la spécification applicable.

2.3.5 Renseignements que doit fournir la spécification particulière

	Paragraphe
a) Matériau du support	point c) de 2.3.3
b) composition du flux	point f) de 2.3.3
c) critères de défaillance	points a) et f) de 2.3.4
d) préconditionnement	point b) de 2.3.4
e) immersion	point c) de 2.3.4
f) méthode et conditions de la chaleur de soudage	point d) de 2.3.4
g) profondeur et vitesse d'immersion et de retrait	point d)3) de 2.3.4
h) conditions de la reprise	point e) de 2.3.4

2.3.6 Description de l'immersion

2.3.6.1 Guide

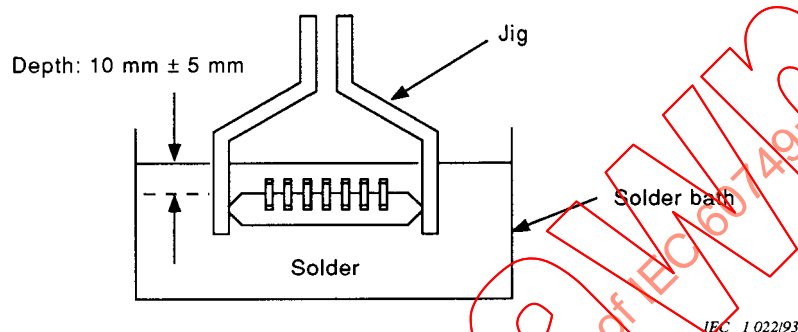
On utilise les méthodes A et B du tableau du point c) de 2.3.4 pour les essais de qualification des CMS et la méthode C pour les essais de réception des CMS.

iv) Removal of residual flux

After immersion into the solder bath, the residual flux shall be removed.

Table 2

Method	Temperature of molten solder °C	Immersion time s	Remarks
A	245 ± 5	5 ± 1	Single wave
B	260 ± 5	5 ± 1	Single wave
C	260 ± 5	10 ± 1	Double wave

**Figure 2 – Method of immersion**

e) Recovery

If recovery is specified in the relevant specification, the specimen shall be stored under standard atmospheric conditions for the time given in the specification.

f) Final measurements

1) Visual inspection

Visual inspection shall be performed after the test as specified in clause 5 of chapter I.

2) Electrical measurement

Electrical testing shall be performed as required by the relevant specification.

2.3.5 Information to be given in the relevant specification

	Subclause
a) Material of holder	item c) of 2.3.3
b) composition of flux	item f) of 2.3.3
c) failure criteria	items a) and f) of 2.3.4
d) preconditioning	item b) of 2.3.4
e) moisture soaking	item c) of 2.3.4
f) method and condition of soldering heat	item d) of 2.3.4
g) depth and speed of immersion and withdrawal	item d)3) of 2.3.4
h) recovery conditions	item e) of 2.3.4

2.3.6 Description of moisture soaking**2.3.6.1 Guidance for moisture soaking**

Method A and Method B in the table given in item c) of 2.3.4 are intended to be used for the purpose of qualification testing of SMDs, and Method C for acceptance testing of SMDs.

La méthode A est prévue pour les dispositifs à encapsulation sèche alors que la méthode B concerne les CMS à encapsulation non sèche, ayant été stockés dans les conditions atmosphériques normales d'essai.

Si les craquelures du boîtier sont dues à la chaleur de soudage à la suite des conditions d'immersion de la méthode B, il est recommandé de mettre les dispositifs sous encapsulation sèche ou de les stocker dans un milieu sec.

Si les craquelures sont dues à la chaleur de soudage à la suite des conditions d'immersion de la méthode A, il est recommandé de précurer les dispositifs avant de les souder sur circuit imprimé.

2.3.6.2 *Considérations à la base des conditions d'immersion*

La présence d'humidité à l'intérieur des boîtiers est due à la diffusion de vapeur d'eau sur la résine. On doit procéder à l'examen de la teneur en humidité de la résine car les craquelures du boîtier pendant le soudage se produisent au voisinage de l'embase ou de la puce. La figure 3 présente des exemples de caractéristiques pour l'immersion à 85 °C, 85 % d'humidité relative. Lorsque l'épaisseur de la résine de la surface arrière du boîtier à l'embase est de 1 mm, la figure 3 indique qu'il faut 168 h pour obtenir la saturation.

La saturation est nécessaire dans les essais de chaleur de soudage pour simuler un stockage de 3 ou 4 mois. La vitesse de diffusion de la vapeur d'eau sur la résine dépend uniquement de la température. Si l'on connaît l'épaisseur de la résine (définie à la figure 4), le temps mis par l'humidité pour arriver à saturation à 85 °C dépend de l'épaisseur de la résine, comme le montre la figure 5. Il semblerait que pour un CMS classique dont l'épaisseur de la résine est comprise entre 0,5 mm et 1,3 mm, un temps d'immersion de 168 h soit nécessaire.

La teneur en humidité saturée de la résine dépend de la température et de l'humidité relative comme le montre la figure 6. L'humidité relative nécessaire à l'immersion peut être déterminée par la figure 6, de façon à faire correspondre la teneur en humidité à 85 °C avec la teneur en humidité à température ambiante. Les conditions de l'immersion pour les essais de chaleur de soudage sont déterminées à la figure 6 comme l'indique le tableau 3.

La figure 7 représente la teneur en humidité de la résine au voisinage de l'embase ou de la puce dans les conditions d'immersion et les conditions réelles de stockage.

La teneur en humidité d'un dispositif (MCD) est souvent employée pour indiquer la teneur en humidité dans les CMS (voir 2.3.7). La mesure de la teneur en humidité d'un dispositif doit cependant être employée avec prudence pour les raisons suivantes.

- Si la teneur en humidité d'un dispositif ne varie pas, selon la différence de conditions de stockage du dispositif, la surface du dispositif contient beaucoup d'humidité, la partie interne du dispositif est sèche et inversement.
- Si la teneur en humidité de la résine ne varie pas, selon le taux de résine contenu dans le dispositif, la teneur en humidité du dispositif varie.

Method A is intended to be used for dry packed devices, whereas Method B is intended for use with non-dry packed SMDs which have been stored under standard atmospheric conditions for testing.

Where package cracking is generated by soldering heat after the moisture soaking condition of Method B, it is recommended that devices be dry packed or stored in a dry atmosphere.

If the cracking is generated by soldering heat after the moisture soaking condition of Method A, it is recommended that devices be pre-baked before being soldered on to the PCBs.

2.3.6.2 *Considerations on which the condition of moisture soaking is based*

The presence of moisture in packages is caused by diffusion of water vapour into the resin. The moisture content of the resin needs to be examined, since package cracking during soldering emanates from near the die pad or die.

Examples of characteristics for moisture soaking at 85 °C, 85 % relative humidity are shown in figure 3. In the case where the resin thickness from the back surface of the package to the die pad is 1 mm, figure 3 indicates that 168 h are needed for saturation to take place.

Saturation is needed for soldering heat tests in order to simulate storage of 3 or 4 months which occurs when SMDs are dry packed or warehoused. Diffusion speed of water vapour into resin depends only on temperature. Given the resin thickness as defined in figure 4, saturating moisture time at 85 °C depends on the resin thickness as shown in figure 5. It seems that for a normal SMD whose resin thickness is from 0,5 mm to 1,3 mm, 168 h of moisture soaking time are required.

The saturated moisture content of resin depends on temperature and relative humidity as shown in figure 6. The relative humidity required for moisture soaking can be determined by figure 6 so that the content of moisture at 85 °C can be made to correspond with the content of moisture at room temperature. Conditions of moisture soaking for soldering heat tests are determined by figure 6 as shown in table 3.

Figure 7 shows the moisture content in resin near to the die pad or die under conditions of moisture soaking and under actual storage conditions.

The moisture content of a device (MCD) is often used to provide an indication of moisture content in SMDs (see 2.3.7). Measurement of the MCD is, however, to be used carefully because of the following reasons.

- If the MCD is stable, according to the difference in the storage condition of the device, the surface of the device contains a lot of moisture, the inner part of the device is dry, and vice versa.
- If the moisture content of resin is stable, according to the ratio of resin in the device, the MCD varies.

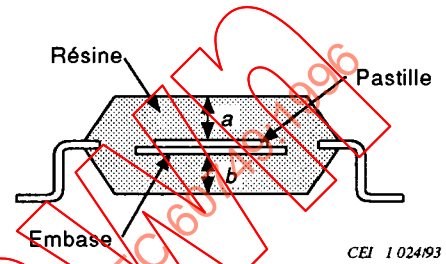
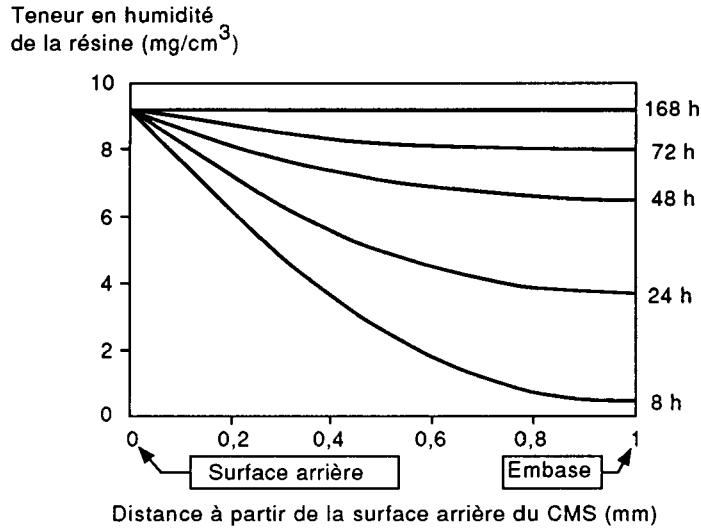


Figure 3 – Processus de diffusion de l'humidité à 85 °C, 85 % HR

Figure 4 – Définition de l'épaisseur de la résine

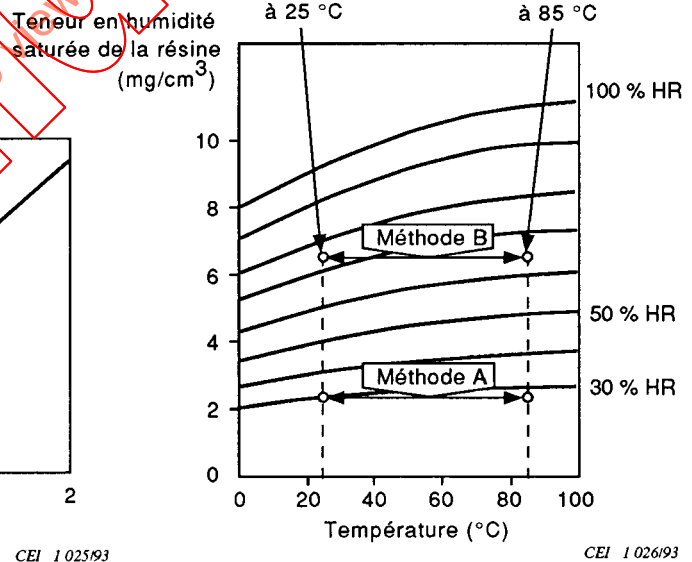
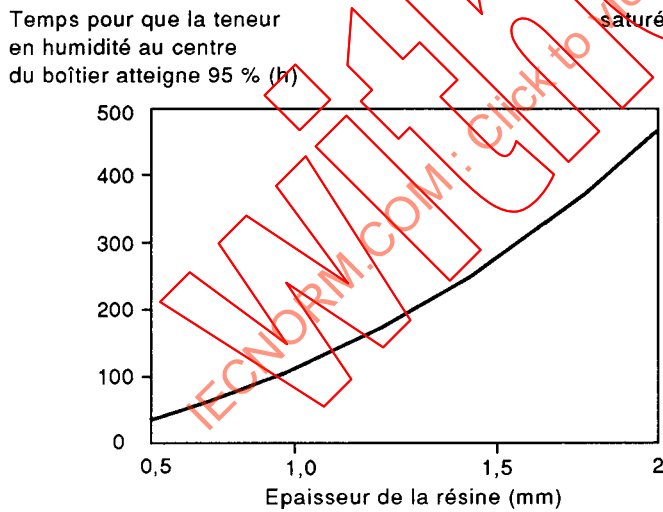
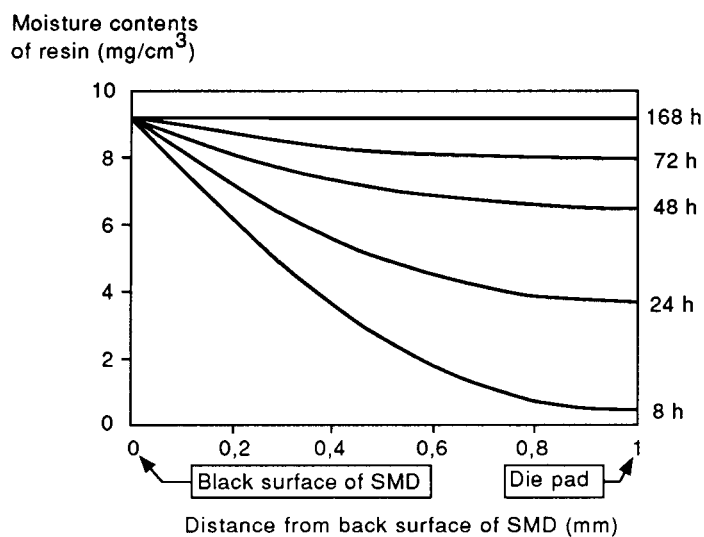
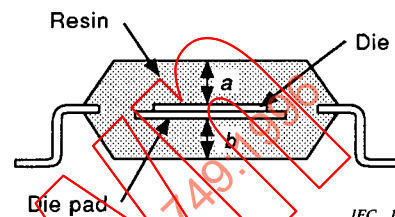


Figure 5 – Temps d'immersion jusqu'à saturation à 85 °C en fonction de l'épaisseur de la résine

Figure 6 – Teneur en humidité saturée de la résine en fonction de la température



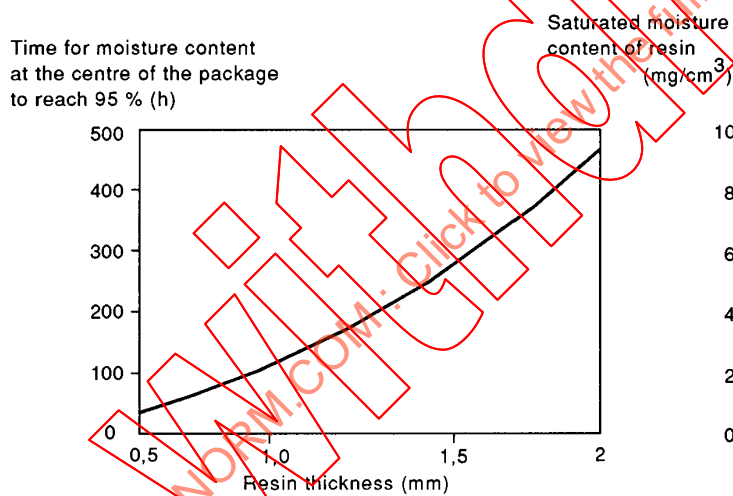
IEC 1 023/93



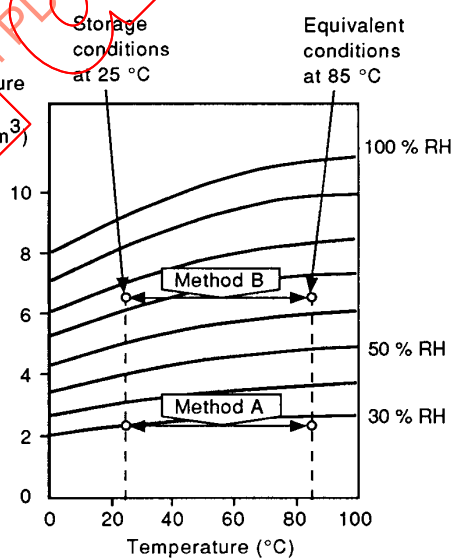
IEC 1 024/93

Figure 3 – Process of moisture diffusion at 85 °C, 85 % HR

Figure 4 – Definition of resin thickness



IEC 1 025/93



IEC 1 026/93

Figure 5 – Moisture soaking time to saturation at 85 °C as a function of resin thickness

Figure 6 – Temperature dependence of saturated moisture content of resin

Tableau 3 – Comparaison entre les conditions réelles de stockage et les conditions d'immersion équivalentes avant la chaleur de soudage

Méthode	Conditions réelles de stockage	Humidité relative de l'immersion à 85 °C %
A	25 °C typ., 20 ± 10 % HR	30 ± 5
B	25 °C typ., 60 ± 15 % HR	65 ± 5

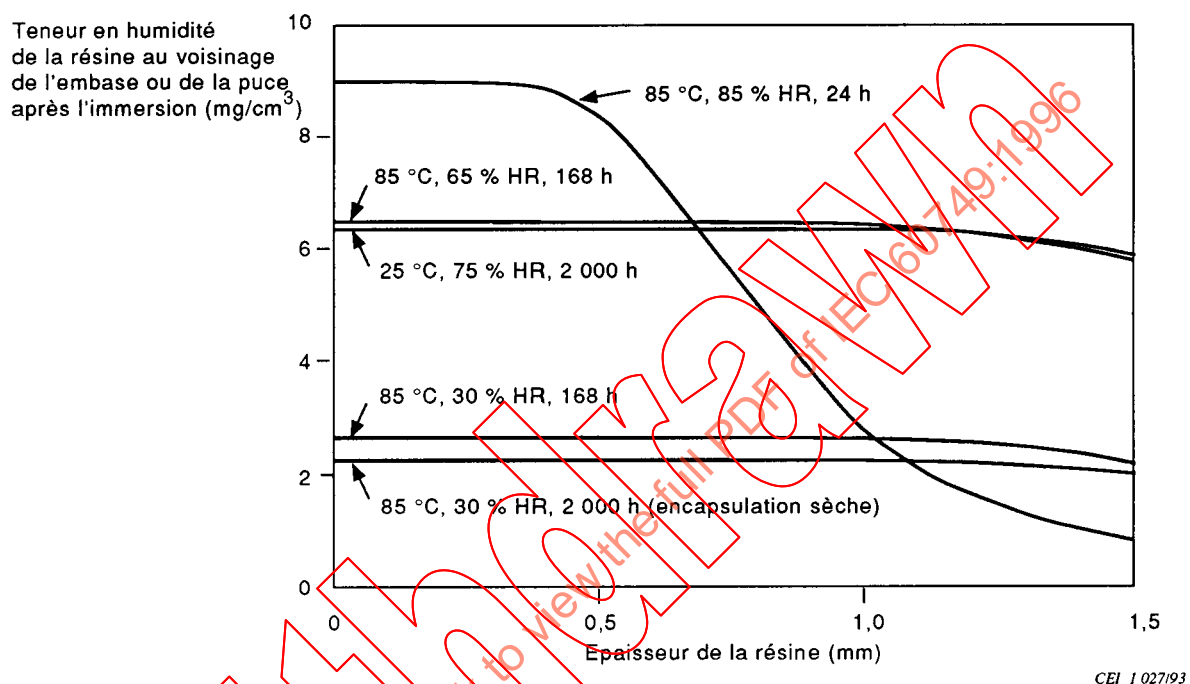


Figure 7 – Teneur en humidité de la résine au voisinage de l'embase ou de la puce en fonction de l'épaisseur de la résine soumise à différentes conditions d'immersion

Table 3 – Comparison of actual storage conditions and equivalent moisture soaking conditions before soldering heat

Method	Actual conditions of storage	Relative humidity for moisture soaking at 85 °C %
A	25 °C typ., 20 ± 10 % RH	30 ± 5
B	25 °C typ., 60 ± 15 % RH	65 ± 5

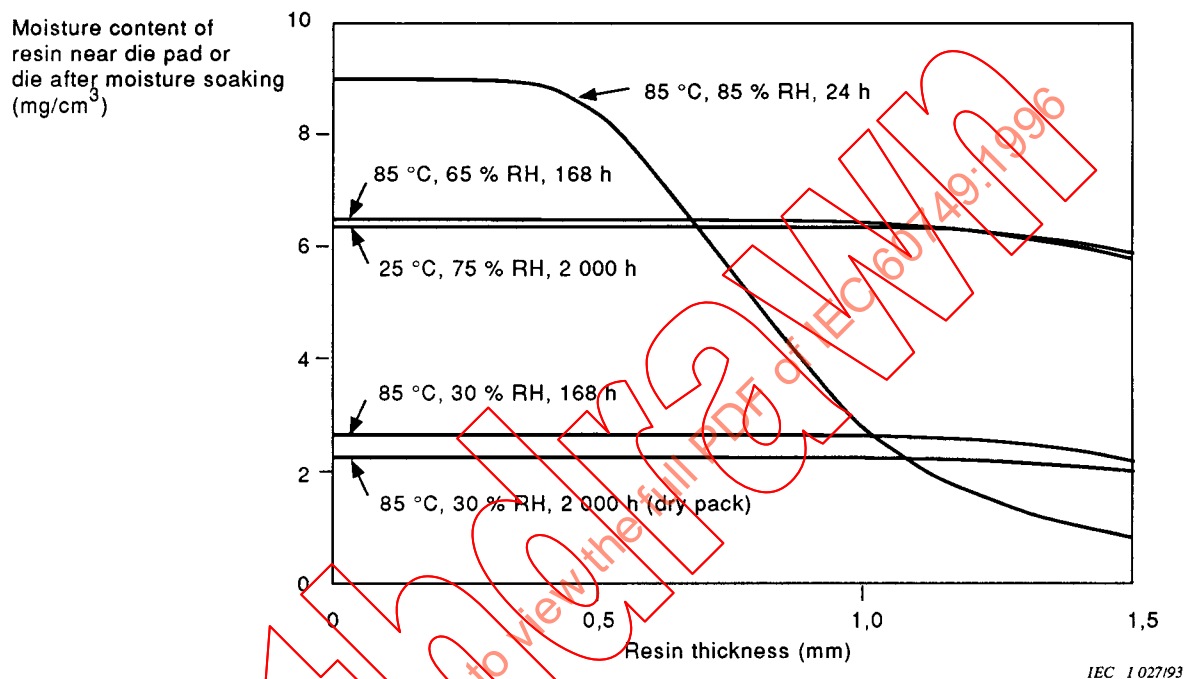


Figure 7 – Dependence of moisture content of resin near die pad or die on resin thickness under several soaking conditions

2.3.7 Mesure de la teneur en humidité

L'exécution de la mesure de la teneur en humidité d'un dispositif tel qu'un CMS s'effectue comme suit:

- Peser le dispositif avec une précision de 0,1 mg par dispositif (=x).
- Selon la valeur maximale de température de stockage autorisée dans la spécification applicable, faire sécher les dispositifs pendant 24 h à 150 °C ou pendant 48 h à 125 °C.
- Laisser refroidir le dispositif à température ambiante pendant 30 min ± 10 min.
- Peser à nouveau le dispositif (=y).
- Calculer la teneur en humidité du dispositif (MCD) à l'aide de l'équation suivante:

$$MCD = 100 \left(\frac{x - y}{y} \right) \%$$

2.3.8 Profils de température de la chaleur de soudage par refusion

2.3.8.1 Profil de température de brasage en phase vapeur

Le chauffage de soudure utilisant le brasage en phase vapeur doit être effectué selon le profil de température indiqué en figure 8.

2.3.8.2 Profil de température de refusion infrarouge

Le chauffage de soudure utilisant la refusion infrarouge doit être effectué selon le profil de température indiqué en figure 9.

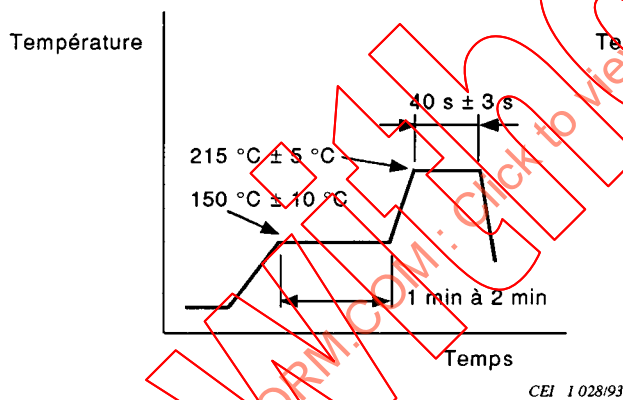


Figure 8 – Profil de température de brasage en phase vapeur

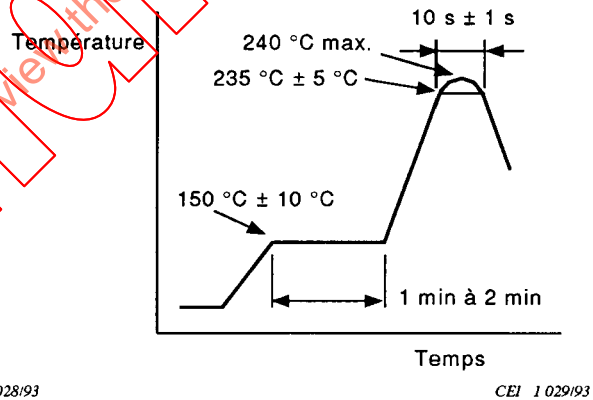


Figure 9 – Profil de température de refusion infrarouge

3 Vibrations (sinusoïdales)

Référence: CEI 68-2-6.

Cet essai est conforme à l'essai Fc, avec les exigences spécifiques suivantes:

- le corps et les connexions du dispositif doivent être parfaitement fixés pendant l'essai;
- endurance par balayage;
- accélération: 196 m/s² (20 g_n);
- gamme de fréquences: 100 Hz à 2000 Hz;
- nombre de cycles par axe: 15.

2.3.7 Procedure for moisture content measurement

A procedure for measuring the moisture content of a device such as an SMD is described.

- The device is weighed with an accuracy of 0,1 mg per device (=x).
- As permitted by the absolute maximum rating of storage temperature in the relevant specification, the device is dried for 24 h at 150 °C or 48 h at 125 °C.
- The device is allowed to cool down to room temperature for 30 min ± 10 min.
- The device is reweighed (=y).
- The moisture content of the device (=MCD) is calculated using the following equation:

$$\text{MCD} = 100 \left(\frac{x - y}{y} \right) \%$$

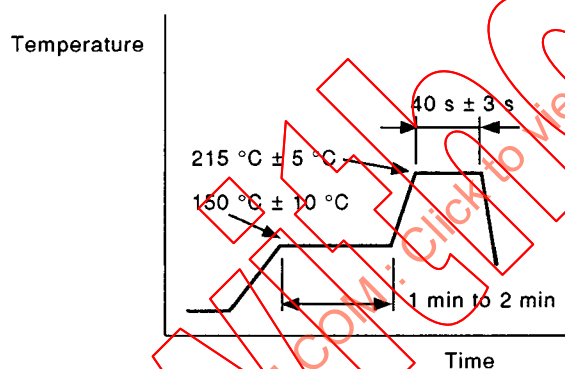
2.3.8 Temperature profiles of reflow soldering heat

2.3.8.1 Temperature profile of vapour phase soldering

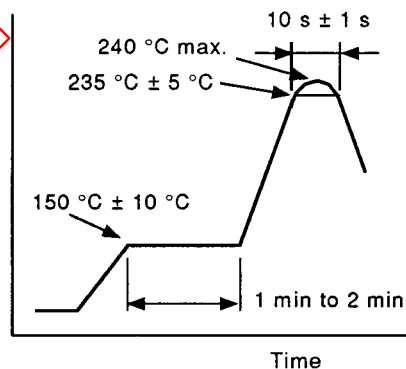
Solder heating using vapour phase soldering shall be performed according to the temperature profile shown in figure 8.

2.3.8.2 Temperature profile of infrared reflow soldering

Solder heating using infrared reflow soldering shall be performed according to the temperature profile shown in figure 9.



IEC 1 028/93



IEC 1 029/93

Figure 8 – Temperature profile of vapour phase soldering

Figure 9 – Temperature profile of infrared reflow soldering

3 Vibration (sinusoidal)

Reference: IEC 68-2-6.

This test shall be in accordance with test Fc, with the following specific requirements:

- the body and leads of the device shall be securely clamped during the test;
- endurance by sweeping;
- acceleration: 196 m/s² (20 g_n);
- frequency range: 100 Hz to 2000 Hz;
- number of cycles per axis: 15.

4 Chocs

Référence: CEI 68-2-27

Cet essai est conforme à l'essai Ea, avec les exigences spécifiques suivantes:

Les conditions doivent être choisies d'après le tableau 4 en tenant compte de la masse du composant et de sa construction interne.

Tableau 4

Amplitude de crête	Durée	Forme d'onde
14 700 m/s ² (1500 g _n)	0,5 ms	Demi-sinusoïde
4 900 m/s ² (500 g _n)	1,0 ms	Demi-sinusoïde
980 m/s ² (100 g _n)	6,0 ms	Demi-sinusoïde

Le dispositif est soumis à trois chocs successifs, dans les deux sens des trois axes trirectangulaires choisis de telle sorte que les imperfections aient toutes les chances d'être mises en évidence, soit 18 chocs au total (voir 5.2 de la CEI 68-2-27).

Le corps et les sorties du dispositif doivent être parfaitement fixés pendant l'essai.

5 Accélération constante

Référence: CEI 68-2-7.

Cet essai est conforme à l'essai Ga, avec les exigences spécifiques suivantes:

Montage

Conformément à l'article 4 de la CEI 68-2-47, en fixant le boîtier et en immobilisant les sorties.

Mode opératoire

Sauf indication contraire, l'accélération est appliquée pendant au moins 1 min suivant un axe choisi de façon que la force soit exercée dans une direction de traction par rapport à la pastille.

Sévérités

500 000 m/s ² (50 000 g _n)	Sévérité préférentielle
300 000 m/s ² (30 000 g _n)	
200 000 m/s ² (20 000 g _n)	
100 000 m/s ² (10 000 g _n)	
50 000 m/s ² (5 000 g _n)	

Renseignements que doit donner la spécification particulière

- l) sévérité;
- m) axes et sens de l'accélération.

4 Shock

Reference: IEC 68-2-27.

This test shall be in accordance with Test Ea, with the following specific requirements:

The conditions shall be selected from table 4, taking into consideration the mass of the device and its internal construction.

Table 4

Peak amplitude	Duration	Waveform
14 700 m/s ² (1500 g_n)	0,5 ms	Half-sine
4 900 m/s ² (500 g_n)	1,0 ms	Half-sine
980 m/s ² (100 g_n)	6,0 ms	Half-sine

The device shall be subjected to three successive shocks, in both directions of three mutually-perpendicular axes so chosen that faults are most likely to be revealed, i.e. a total of 18 shocks (see IEC 68-2-27, subclause 5.2).

The body and leads of the device shall be securely fastened during the test.

5 Acceleration, steady state

Reference: IEC 68-2-7.

This test shall be in accordance with Test Ga, with the following specific requirements:

Mounting

According to clause 4 of IEC 68-2-47 the case being clamped and the leads restrained.

Procedure

Unless otherwise specified, the acceleration shall be applied for at least 1 min along one axis so chosen that the force is exerted in a pull direction with respect to the die.

Severities

500 000 m/s ² (50 000 g_n)	
300 000 m/s ² (30 000 g_n)	Preferred severity
200 000 m/s ² (20 000 g_n)	
100 000 m/s ² (10 000 g_n)	
50 000 m/s ² (5 000 g_n)	

Information to be given in the relevant specification

- l) severity;
- m) axes and directions of acceleration.

6 Essai de robustesse des contacts soudés

6.1 Généralités

6.1.1 Objet

Mesurer la robustesse d'un contact soudé ou déterminer sa conformité à des exigences de robustesse spécifiées.

6.1.2 Description générale de l'essai

Six méthodes sont décrites ici, chacune ayant son domaine propre, à savoir:

- les méthodes A et B sont destinées à l'essai des contacts soudés internes d'un dispositif et consistent en une traction exercée directement sur le fil de connexion;
- la méthode C est destinée aux contacts soudés extérieurs au dispositif et consiste en une contrainte de décollement exercée entre la sortie ou la borne et la sortie ou le substrat;
- la méthode D est destinée aux contacts soudés internes et consiste en un effort tranchant appliqué entre une pastille et un substrat ou entre des connexions face à face de configuration similaire;
- les méthodes E et F sont destinées aux contacts soudés externes et consistent en une poussée ou une traction exercée entre une pastille et le substrat.

6.1.3 Description de l'appareillage d'essai (pour toutes les méthodes)

L'appareillage d'essai comprend un matériel approprié permettant d'appliquer la contrainte spécifiée au contact soudé, au fil de sortie ou à la borne comme requis dans la méthode d'essai spécifiée et un appareil de mesure étalonné donnant une indication, en newtons (N), de la contrainte appliquée au point où le défaut se produit; cet appareil de mesure doit pouvoir mesurer les contraintes jusqu'à et y compris 100 mN avec une précision de $\pm 2,5$ mN, les contraintes entre 100 mN et 500 mN avec une précision de ± 5 mN, et les contraintes dépassant 500 mN avec une précision de $\pm 2,5$ % de la valeur indiquée.

6.2 Méthodes A et B (voir également l'annexe A)

6.2.1 Domaine d'application

Cet essai est prévu pour les contacts soudés entre fil et pastille, fil et substrat ou fil et borne à l'intérieur de l'encapsulation de dispositifs à semiconducteurs dont les contacts soudés sont réalisés par soudure, thermocompression, ultrasons ou autres techniques similaires.

6.2.2 Description générale de l'essai

6.2.2.1 Méthode A: Traction du fil (appliquée séparément aux contacts soudés)

Couper le fil de connexion à la pastille ou au substrat de façon à pouvoir disposer de deux extrémités accessibles pour l'essai de traction. Dans le cas où le fil est court, il peut être nécessaire de couper le fil après d'une de ses extrémités de façon à pouvoir exercer la traction sur l'autre extrémité. Saisir le fil dans un dispositif adéquat et exercer une traction simple sur le fil ou sur le dispositif (le fil étant attaché) de telle façon que la force soit appliquée, à 5° près, suivant la normale à la surface de la pastille ou du substrat dans le cas d'une connexion en tête de clou ou, à 5° près, suivant une parallèle à la surface de la pastille ou du substrat dans le cas d'une connexion en point de suture.

6 Bond strength test

6.1 General

6.1.1 Object

To measure bond strength or determine compliance with specified bond strength requirements.

6.1.2 General description of the test

Six methods are described, each having its own purpose, that is:

- methods A and B are intended for testing internal bonds of a device by a direct pulling of the connecting wire;
- method C is intended for bonds external to the device and consists of a peeling stress exerted between the lead or terminal and the board or substrate;
- method D is intended for internal bonds and consists of a shear stress applied between a die and a substrate or similar face-bonded configurations;
- methods E and F are intended for external bonds and consist of a push-off or a pull-off stress exerted between a die and the substrate.

6.1.3 Description of the test apparatus (for all methods)

The apparatus for this test should consist of a suitable equipment for applying the specified stress on the bond, lead wire or terminals as required in the specified test method. A calibrated measurement and indication of the applied stress in Newtons (N) at the point of failure should be provided by equipment capable of measuring stresses up to and including 100 mN with an accuracy of $\pm 2,5$ mN, stresses between 100 mN and 500 mN with an accuracy of ± 5 mN, and stresses exceeding 500 mN with an accuracy of $\pm 2,5$ % of the indicated value.

6.2 Methods A and B (see also annex A)

6.2.1 Scope

This test is intended to be applied to the wire-to-die bond, wire-to-substrate bond, or the wire-to-terminal bond inside the package of wire-connected semiconductor devices bonded by soldering, thermocompression, ultrasonic and other related techniques.

6.2.2 General description of the test

6.2.2.1 Method A: Wire pull (applied to bonds separately)

The wire connecting the die or substrate should be cut so as to provide two ends accessible for a pull test. In the case of short wire runs, it may be necessary to cut the wire close to one termination in order to allow the pull test at the opposite termination. The wire should be gripped in a suitable device and simple pulling action applied to the wire or to the device (with the wire clamped) in such a manner that the force is applied within 5° of the parallel to the surface of the die or substrate in the case of a stitch bond.

6.2.2.2 *Méthode B: Traction du fil (appliquée à des contacts soudés simultanément)*

Passer un crochet sous le fil connectant la pastille ou le substrat à la borne, et exercer une traction sur le crochet, le dispositif étant immobilisé. Appliquer la force de traction approximativement au milieu du fil suivant une direction qui est à 5° près, celle de la normale à la surface de la pastille ou du substrat ou de la normale à la droite joignant les connexions.

6.2.2.3 Faire croître progressivement la force de traction jusqu'à rupture soit du fil, soit du contact soudé (point a) en 6.2.2.4) ou jusqu'à ce qu'une certaine force minimale ait été atteinte (point b) en 6.2.2.4).

6.2.2.4 *Critères de défaillance*

a) Pour décider de l'acceptation, noter la valeur de la force de traction pour laquelle il y a rupture du fil ou du contact soudé et la comparer aux valeurs données dans le tableau 5 (voir note).

b) Une autre méthode consiste à faire croître la force de traction jusqu'à la valeur minimale spécifiée (voir note). S'il n'y a eu rupture ni du fil ni du contact soudé, ce dernier est considéré comme ayant satisfait à l'essai.

NOTE – La force de traction doit être modifiée si nécessaire (par exemple pour la méthode B), en fonction des renseignements donnés dans l'annexe.

6.2.2.5 *Classification des défauts*

Quand cela est spécifié, classer comme suit les fils ou contacts soudés cassés:

- a) rupture du fil au point de réduction de section (réduction de section due au procédé de soudure du contact);
- b) rupture du fil ailleurs qu'en ce point;
- c) contact soudé défectueux sur la pastille (interface entre le fil et la métallisation);
- d) contact soudé défectueux sur le substrat (interface entre le fil et la métallisation), à une borne du boîtier, ou en tout autre point sur la pastille;
- e) métallisation décollée de la pastille;
- f) métallisation décollée du substrat ou d'une borne du boîtier;
- g) cassure de la pastille;
- h) cassure du substrat.

NOTE – La méthode B n'est pas recommandée pour mesurer la valeur absolue de la robustesse des contacts soudés (voir annexe A). On peut cependant l'utiliser pour éprouver la qualité des contacts soudés d'une manière comparative au cours des opérations de fabrication.

6.3 *Méthode C*

6.3.1 *Domaine d'application*

Cet essai est normalement prévu pour les contacts soudés extérieurs au boîtier du dispositif.

6.3.2 *Méthode C: Décollage de contact soudé*

Saisir ou fixer la sortie ou la borne et le boîtier du dispositif de façon à pouvoir exercer un effort de décollement, sous l'angle spécifié, entre la sortie ou la borne et le circuit ou le substrat. Sauf indication contraire, cet angle est de 90°.

6.3.3 Appliquer progressivement la force de traction jusqu'à ce que la sortie (ou la borne) ou le contact soudé cède (voir 6.3.4.1) ou que la force minimale (voir 6.3.4.2) ait été atteinte.

6.2.2.2 *Method B: Wire pull (applied to two bonds simultaneously)*

A hook should be inserted under the lead wire connecting the die or substrate to the terminal, and a pull applied to the hook with the device clamped. The pulling force is applied approximately in the middle of the wire in a direction within 5° of the normal to the die or substrate surface or normal to a straight line between the bonds.

6.2.2.3 The pulling force should be progressively increased until the wire or a bond breaks (item a) in 6.2.2.4) or until the minimum force has been reached (item b) in 6.2.2.4).

6.2.2.4 *Failure criteria*

- a) For determining acceptance, the value of the pulling force at which the wire or bond breaks should be recorded and compared with that given in table 5 (see note).
- b) As an alternative procedure, the pulling force is increased to the specified minimum value (see note). If neither the wire nor the bond is broken, the bond is considered to have passed the test.

NOTE – The pulling force should be modified where relevant (for example, for method B) by using the information given in the annex.

6.2.2.5 *Classification of failures*

When specified, broken wires or bonds should be classified as follows:

- a) wire break at neckdown point (reduction of section due to bonding process);
- b) wire break at a point other than neckdown;
- c) failure in bond (interface between wire and metallization) at the die;
- d) failure in bond (interface between wire and metallization) at substrate, package post or any point other than at the die;
- e) metallization lifted from the die;
- f) metallization lifted from the substrate or package post;
- g) fracture of the die;
- h) fracture of the substrate.

NOTE – Method B is not recommended for the purpose of measuring the absolute value of the bond strength (see annex A). However, it may be used for testing the bond quality on a comparative basis during the manufacturing process.

6.3 *Method C*

6.3.1 *Scope*

This test is normally intended to be applied to bonds external to the device package.

6.3.2 *Method C: Bond peel*

The lead or terminal and the device package should be gripped or clamped in such a manner that a peeling stress is exerted with the specified angle between the lead or terminal and the board or substrate. Unless otherwise specified, an angle of 90° should be used.

6.3.3 The pulling force should be progressively applied until the lead (or terminal) or the bond breaks (see 6.3.4.1) or until the minimum force has been reached (see 6.3.4.2).

6.3.4 Critères de défaillance

6.3.4.1 Pour décider de l'acceptation, noter la valeur de la force de traction pour laquelle le contact soudé a cédé, et la comparer aux valeurs données dans le tableau 5. Le résultat de l'essai n'est concluant que si le contact soudé lui-même a cédé en premier lors de l'application de la force de traction. Seuls les cas où le contact soudé a cédé doivent être considérés comme des défauts.

6.3.4.2 Une autre méthode consiste à faire croître la force de traction jusqu'à la valeur minimale spécifiée. S'il n'y a eu rupture ni de la sortie (ou de la borne) ni du contact soudé, ce dernier est considéré comme ayant satisfait à l'essai.

6.3.5 Classification des défauts

Quand cela est spécifié, classer comme suit les fils ou contacts soudés cassés:

- a) rupture de la sortie (ou de la borne) au point de déformation (région affectée par la soudure);
- b) rupture de la sortie (ou de la borne) en un point non affecté par l'opération de prise de soudure du contact;
- c) contact soudé défectueux à l'interface (dans la soudure ou en un point de l'interface entre la sortie (ou la borne) et le conducteur du circuit ou du substrat sur lequel le contact soudé a été réalisé);
- d) conducteur décollé du circuit ou du substrat;
- e) cassure dans le circuit ou dans le substrat.

6.4 Méthode D

6.4.1 Domaine d'application

Cet essai est normalement prévu pour les contacts soudés internes entre une pastille de semiconducteur et un substrat sur lequel elle est fixée par une de ses faces. On peut aussi l'utiliser pour essayer des contacts soudés entre un substrat et un support de transport ou un substrat secondaire sur lequel la pastille a été montée.

6.4.2 Méthode D: Essai du contact soudé au cisaillement (applicable aux dispositifs à surépaisseurs ou «flip chip»)

Amener en contact avec la pastille (ou le support) une pièce en forme de coin ou un outil approprié, en un point situé juste au-dessus du substrat primaire. Appliquer une force perpendiculairement à l'un des côtés de la pastille (ou du support) et parallèlement au substrat primaire, afin de faire céder le contact soudé par cisaillement.

6.4.3 Appliquer progressivement la force jusqu'à ce que les contacts soudés cèdent (voir 6.4.4.1) ou que la force minimale (voir 6.4.4.2) ait été atteinte.

6.4.4 Critères de défaillance

6.4.4.1 Pour décider de l'acceptation, noter la valeur de la force pour laquelle les contacts soudés ont cédé. Elle ne doit pas être inférieure à 50 mN multipliés par le nombre de contacts soudés. L'essai n'est concluant que si les contacts soudés eux-mêmes ont cédé les premiers lors de l'application de la force. Seuls les cas où le contact soudé a cédé doivent être considérés comme des défauts.

6.4.4.2 Une autre méthode consiste à faire croître la force jusqu'à 50 mN multipliés par le nombre de contacts soudés. S'il n'y a eu rupture ni des contacts soudés ni du substrat ou de la pastille, les contacts soudés sont considérés comme ayant satisfait à l'essai.

6.3.4 Failure criteria

6.3.4.1 For determining acceptance, the value of the pulling force at which the bond breaks should be recorded and compared with that given in table 5. The result of the test is valid only if the bond itself is the first to fail when the pulling force is applied. Only instances in which the bond itself breaks shall be counted as failures.

6.3.4.2 As an alternative procedure, the pulling force is increased to the specified minimum value. If neither the lead (or terminal) nor the bond is broken, the bond is considered to have passed the test.

6.3.5 Classification of failures

When specified, broken leads (or terminals) or bonds should be classified as follows:

- a) lead (or terminal) break at a deformation point (weld affected region);
- b) lead (or terminal) break at a point not affected by the bonding process;
- c) failure in the bond interface (in the solder, or at a point of weld interface between the lead (or terminal) and the board or the substrate conductor to which the bond was made);
- d) conductor lifted from the board or substrate;
- e) fracture within the board or substrate.

6.4 Method D

6.4.1 Scope

This test is normally intended to be applied to internal bonds between a semiconductor die and a substrate to which it is attached in a face-bonded configuration. It may also be used to test the bonds between a substrate and an intermediate carrier or secondary substrate on which the die is mounted.

6.4.2 Method D: Bond shear (applied to flip chip)

A suitable tool or wedge should be brought in contact with the die (or carrier) at a point just above the primary substrate and a force applied perpendicular to one edge of the die (or carrier) and parallel to the primary substrate, to cause bond failure by shear.

6.4.3 The force should be progressively increased until the bonds break (see 6.4.4.1) or until the minimum force (see 6.4.4.2) has been reached.

6.4.4 Failure criteria

6.4.4.1 For determining acceptance, the value of the force at which the bonds break should be recorded. It should be not less than 50 mN multiplied by the number of bonds. The result of the test is valid only if the bonds themselves are the first to fail when the force is applied. Only instances in which the bond itself breaks shall be counted as failures.

6.4.4.2 As an alternative procedure, the force is increased to 50 mN multiplied by the number of bonds. If neither the bonds nor the substrate or die are broken, the bonds are considered to have passed the test.

6.4.5 Classification des défauts

Quand cela est spécifié, classer comme suit les défauts:

- a) défaut dans le matériau du contact soudé ou de son socle, s'il y a lieu;
- b) rupture de la pastille (ou du support) ou du substrat (c'est-à-dire déplacement d'une partie de la pastille ou du substrat située juste sous la connexion);
- c) métallisation décollée (c'est-à-dire séparation entre la métallisation ou le socle et la pastille [ou support] ou le substrat).

6.5 Méthodes E et F

6.5.1 Domaine d'application

Ces essais sont destinés aux dispositifs à sorties-poutres.

La *méthode E* est normalement prévue pour un contrôle de fabrication sur un échantillon de pastille de semiconducteur connecté sur un substrat préparé spécialement. C'est pourquoi on ne peut l'employer sur des échantillons pris au hasard en production ou sur des lots d'inspection.

La *méthode F* est normalement prévue pour un échantillonnage de dispositifs à sorties-poutres qui ont été soudés sur un substrat en céramique ou autre substrat adéquat.

6.5.2 Méthode E: Essai d'arrachement par poussée

Utiliser un substrat métallisé percé d'un trou. Ce trou, convenablement centré, doit être assez grand pour permettre le passage d'un outil de poussée, mais assez petit pour ne pas venir perturber les zones des contacts soudés. L'outil de poussée doit être assez grand pour réduire au minimum le risque de bris du dispositif pendant l'essai, mais assez petit pour ne pas venir en contact avec les sorties-poutres dans la zone d'ancrage.

Tenir fermement le substrat et introduire l'outil de poussée dans le trou. Le contact entre l'outil de poussée et le dispositif doit se faire sans impact appréciable (moins de 0,25 mm par minute). Appuyer sur la face inférieure du dispositif de manière progressive jusqu'à ce que la force spécifiée en 6.5.5 soit atteinte ou qu'un défaut se produise.

6.5.3 Méthode F: Essai d'arrachement par traction

L'appareil de traction étalonné doit comprendre un outil de traction (par exemple une boucle électroformée faite avec un fil de nichrome réalisant la liaison avec un matériau adhésif du genre colle forte (par exemple une résine thermosensible à base d'acétate de polyvinyle) placé sur la face supérieure de la pastille à sorties-poutres. Prendre soin de s'assurer que l'adhésif ne coule pas le long des sorties-poutres ou sous la pastille. Installer de façon rigide le substrat dans le bâti de traction et réaliser une liaison mécanique robuste entre l'outil de traction et le matériau adhésif. Tirer sur le dispositif suivant la normale, à 5° près, jusqu'à atteindre au moins la force spécifiée en 6.5.5 ou jusqu'à ce que la face supérieure de la pastille soit à 2,5 mm environ au-dessus du substrat.

6.5.4 Critères de défauts pour les deux méthodes E et F

- a) rupture de la pastille de semiconducteur;
- b) décollement de la sortie-poutre par rapport à la pastille de semiconducteur;
- c) rupture de la sortie-poutre au contact soudé;
- d) rupture de la sortie-poutre au bord de la pastille de semiconducteur;
- e) rupture de la sortie-poutre entre le contact soudé et le bord de la pastille de semiconducteur;

6.4.5 Classification of failures

When specified, the failures should be classified as follows:

- a) failure in the bond material, or bonding pedestal, where applicable;
- b) fracture in the die (or carrier) or substrate (that is, removal of a portion of the die or substrate immediately under the bond);
- c) lifted metallization (that is, separation of the metallization or bonding pedestal from the die [or carrier] or substrate).

6.5 Methods E and F

6.5.1 Scope

These tests are intended for application to beam-lead devices.

Method E is normally intended to be applied to process control and is used on a sample of semiconductor die bonded to a specially prepared substrate. Therefore, it cannot be used for random sampling of production or inspection lots.

Method F is normally intended to be applied to a sample basis on beam-lead devices that have been bonded to a ceramic or other suitable substrate.

6.5.2 Method E: Push-off test

A metallized substrate containing a hole should be employed. The hole, appropriately centred, should be sufficiently large to provide clearance for a push tool, but not large enough to interfere with the bonding areas. The push tool should be sufficiently large to minimize device cracking during testing, but not large enough to contact the beam-leads in the anchor bond area.

The substrate should be rigidly held and the push tool inserted through the hole. The contact of the push tool to the device should be made without appreciable impact (less than 0,25 mm per minute). The tool is forced against the underside of the bonded device at a constant rate until the force specified in 6.5.5 below is attained or a failure occurs.

6.5.3 Method F: Pull-off test

The calibrated pull-off apparatus should include a pull-off tool (for instance, an electrically heated loop of nichrome wire) to make connection with a hard setting adhesive material (for instance, a heat sensitive polyvinyl acetate resin glue) on the top side of the beam-lead die. Care should be taken to ensure that no adhesive flows down to the beam or under the die. The substrate should be rigidly installed in the pull-off fixture and the pull-off tool should make firm mechanical connection to the adhesive material. The pulling force should be applied to the device within 5° of the normal and its value increased to at least that specified in 6.5.5 or until the upper surface of the die is at approximately 2,5 mm above the substrate.

6.5.4 Failure criteria for both methods E and F:

- a) broken semiconductor die;
- b) beam lifting at a bond;
- c) beam broken at a bond;
- d) beam broken at the edge of the semiconductor die;
- e) beam broken between a bond and the edge of the semiconductor die;

- f) décollement du contact soudé du substrat;
- g) décollement de la métallisation (c'est-à-dire séparation entre la métallisation et soit la pastille, soit un plot du contact soudé).

6.5.5 Force à appliquer (pour les deux méthodes)

500 mN par millimètre linéaire de largeur nominale de la sortie-poutre non déformée (avant réalisation du contact soudé). La robustesse des contacts soudés doit être déterminée en divisant la force de rupture par la somme des largeurs nominales des sorties-poutres avant réalisation des contacts soudés.

6.6 Renseignements que doit fournir la spécification particulière

Quand cet essai est prescrit par une spécification particulière, les détails suivants doivent être précisés dans la mesure où ils sont applicables:

- méthode d'essai;
- mode opératoire: force à la rupture ou valeur prédéterminée de la force appliquée;
- robustesse minimale du contact soudé;
- nombre et sélection des contacts soudés à essayer sur chaque dispositif et nombre de dispositifs;
- pour la méthode C, angle de traction pour le décollage des contacts soudés s'il est différent de 90° et valeur minimale de robustesse des contacts soudés correspondante.

Tableau 5

Méthode d'essai	Composition et diamètre du fil mm	Force de traction minimale P_w * mN			
		Avant scellement		Après scellement et tout autre processus ou tri, si applicable	
		Normalement à la pastille	Parallèlement à la pastille	Normalement à la pastille	Parallèlement à la pastille
A ou B	Al 0,018 Au 0,018	15 20	25 30	10 15	20 25
A ou B	Al 0,025 Au 0,025	25 30	35 40	15 25	25 35
A ou B	Al 0,033 Au 0,033	30 40	40 50	20 30	30 40
A ou B	Al 0,038 Au 0,038	35 50	45 60	25 35	35 45
A ou B	Al 0,075 Au 0,075	120 150	130 160	80 120	90 130
<p>* Voir la figure A.1 dans l'annexe A.</p> <p>NOTES</p> <p>1 Pour les fils méplats, utiliser le diamètre du fil rond équivalent qui a la même section droite que le fil méplat à essayer.</p> <p>2 Il convient de ne pas endommager le contact soudé lorsqu'on ouvre le boîtier pour les essais après scellement.</p>					

- f) bond lifting from the substrate;
- g) metallization lifting (separation of the metallization from either the die or a bonding pad).

6.5.5 Force to be applied (both methods)

500 mN per linear millimetre of nominal undeformed (before bonding) beam width. The bond strength should be determined by dividing the breaking force by the total of the nominal beam widths before bonding.

6.6 Information to be given in the relevant specification

When this test is required in a relevant specification, the following details should be given as far as they are applicable:

- test method;
- testing procedure: force to rupture or predetermined value of the applied force;
- minimum bond strength;
- number and selection of bonds to be tested on each device and number of devices;
- for test method C, angle of the bond peel if other than 90° and corresponding minimum bond strength.

Table 5

Test method	Wire composition and diameter mm	Minimum pulling force P_w * mN			
		Pre-seal		Post-seal and any other processing or screening when applicable	
		Normal to die	Parallel to die	Normal to die	Parallel to die
A or B	Al 0,018	15	25	10	20
	Au 0,018	20	30	15	25
A or B	Al 0,025	25	35	15	25
	Au 0,025	30	40	25	35
A or B	Al 0,033	30	40	20	30
	Au 0,033	40	50	30	40
A or B	Al 0,038	35	45	25	35
	Au 0,038	50	60	35	45
A or B	Al 0,075	120	130	80	90
	Au 0,075	150	160	120	130
<p>* See figure A.1 in annex A.</p> <p>NOTES</p> <p>1 For ribbon wire, use the equivalent round wire diameter that gives the same cross-sectional area as the ribbon wire being tested.</p> <p>2 Care should be taken not to damage the bond when opening the case for the post-seal tests.</p>					

7 Essai de résistance de la pastille au cisaillement

7.1 Objet

L'essai de résistance de la pastille au cisaillement a pour but de déterminer la cohérence des matériaux et des méthodes utilisés pour fixer les pastilles à semiconducteurs ou les éléments passifs aux embases de boîtiers ou autres substrats.

NOTE – Cette détermination est fondée sur la mesure de la force appliquée à la pastille ou à l'élément et, si une défaillance se produit, sur le type de défaillance découlant de l'application de cette force ainsi que l'aspect de ce qui reste du matériau de fixation et de la métallisation de l'embase ou du substrat. Cette méthode n'est pas applicable aux surfaces de pastilles supérieures à 10 mm².

7.2 Description de l'appareillage d'essai

L'appareillage utilisé pour cet essai consiste en un dispositif d'application de la charge opérant par un mouvement rectiligne ou à l'aide d'un dynamomètre circulaire à levier. Cet appareil doit posséder, en outre:

- a) un outil de contact qui applique une charge uniforme sur le côté de la pastille perpendiculaire au plan de montage de cette dernière sur l'embase ou le substrat (voir figure 12). Un matériau souple solidaire de l'outil de contact peut être utilisé pour permettre une application uniforme de la charge (voir figure 10);
- b) une précision de $\pm 5\%$ de la pleine échelle ou 0,5 N, la plus grande des deux tolérances étant retenue;
- c) un moyen d'indication de la charge appliquée;
- d) une installation adaptée à une source lumineuse appropriée permettant l'observation visuelle (par exemple avec un grossissement de 10×) de la pastille et de l'outil de contact pendant l'essai;
- e) une fixation possédant un dispositif capable d'opérer une rotation relative de l'outil de contact et de l'embase ou du substrat, pour permettre l'alignement de l'outil de contact de bout en bout avec le bord de la pastille (voir figure 11).

7.3 Mode opératoire

Une force de cisaillement, suffisante pour séparer la pastille de son support, mais ne dépassant pas toutefois deux fois la résistance au cisaillement minimale spécifiée (voir 7.4), doit être appliquée à la pastille à l'aide de l'appareil décrit en 7.2 ci-dessus compte tenu des précisions suivantes.

- a) Quand on utilise un appareil à mouvement rectiligne, la direction de la force appliquée doit être parallèle au plan de l'embase ou du substrat, et perpendiculaire à la pastille soumise à l'essai.
- b) Quand on utilise un dynamomètre circulaire à levier pour appliquer la force requise pour l'essai, il faut le faire pivoter autour de l'axe du levier et le mouvement doit être parallèle au plan de l'embase ou du substrat et perpendiculaire au bord de la pastille soumise à l'essai. La pièce de contact fixée au levier doit l'être à une distance propre à assurer une valeur précise de la force appliquée.
- c) L'outil de contact avec la pastille doit exercer un effort sur le bord de la pastille sous un angle aussi proche que possible de 90° par rapport à l'embase ou au substrat sur lequel elle est montée (voir figure 12).
- d) Après le contact initial avec le bord de la pastille et pendant l'application de la force, l'outil ne doit pas se déplacer verticalement par rapport à la pastille et venir en contact avec l'embase ou le substrat, ou le matériau de fixation de la pastille. Si l'outil glisse par dessus la pastille, on peut soit prendre une nouvelle pastille, soit replacer la pastille, à condition de satisfaire aux exigences du point c) en 7.3.

7 Die shear strength test

7.1 Object

The object of the die shear strength test is to determine the integrity of materials and procedures used to attach semiconductor dies or passive elements to package headers or other substrates.

NOTE – This determination is based on a measure of the force applied to the die or to the element, and, if a failure occurs, the type of failure resulting from the application of force and the visual appearance of the residual die attach media and the header/substrate metallization. This method is not applicable for die areas greater than 10 mm².

7.2 Description of the test apparatus

The apparatus for this test shall consist of a load applying instrument in the form of a linear motion force-applying instrument or a circular dynamometer with a lever arm. In addition, it shall have the following:

- a) a contact tool which applies a uniform load to the edge of the die, perpendicular to the die mounting plane of the package or substrate (see figure 12). A compliant material on the contact tool may be used to ensure that the load is applied uniformly (see figure 10);
- b) an accuracy of 5 % of full scale or $\pm 0,5$ N whichever is the greater tolerance;
- c) a means of indicating the load applied;
- d) a facility, fitted with suitable light source, to allow visual observation (e.g. at 10× magnification) of the die and contact tool during testing;
- e) a fixture with rotational capability relative to the die contact tool and package/substrate holding fixture to allow line contact of the tool along the whole edge of the die from end to end (see figure 11).

7.3 Test method

A force sufficient to shear the die from its mounting or equal to twice the minimum specified shear strength (see 7.4), whichever is the smaller, shall be applied to the die using the apparatus of 7.2 above with the following provisions.

- a) When a linear motion force-applying instrument is used, the direction of the applied force shall be parallel with the plane of the header or substrate and perpendicular to the die being tested.
- b) When a circular dynamometer with a lever arm is employed to apply the force required for testing, it shall be pivoted about the lever arm axis and the motion shall be parallel with the plane of the header or substrate and perpendicular to the edge of the die being tested. The contact tooling attached to the lever arm shall be at a proper distance to ensure an accurate value of applied force.
- c) The die contact tool shall load against an edge of the die which most closely approximates a 90° angle with the base of the header or substrate to which it is bonded (see figure 12).
- d) After initial contact with the die edge and during the application of force, the contact tool shall not move vertically with respect to the die such that contact is made with the header/substrate or die attach media. If the tool rides over the die, a new die may be substituted or the die may be repositioned, provided that the requirements of item c) in 7.3 are met.

7.4 Critères de défaillance

La force d'attachement d'une pastille doit être considérée comme ne satisfaisant pas à l'essai dans l'un quelconque des cas suivants:

- a) sauf prescription contraire dans la spécification applicable, séparation de la pastille de l'embase ou du substrat à une force non supérieure aux limites suivantes:
 - 1) $4,1 \text{ mm}^2 \leq \text{surface pastille} \leq 10 \text{ mm}^2$: 25 N;
 - 2) $\text{surface pastille} < 4,1 \text{ mm}^2$: 6,1 N par mm^2 de surface de la pastille;
 - 3) $\text{surface pastille} > 10 \text{ mm}^2$: Non applicable (voir 7.1);
- b) séparation pour une valeur inférieure à 1,25 fois la force minimale spécifiée en a) ci-dessus et évidence que moins de 50 % du matériau de fixation était adhérent;
- c) séparation pour une valeur inférieure à 2 fois la force minimale spécifiée en a) ci-dessus et évidence que moins de 10 % du matériau de fixation était adhérent.

NOTE – Des parties résiduelles de matériau de la pastille attachées en divers endroits du matériau de fixation constituent l'évidence d'une telle adhésion.

7.5 Exigences

Lorsque cela est spécifié, la force nécessaire pour obtenir la séparation ainsi que la catégorie de séparation observée doivent être notées.

7.5.1 Catégories de séparation

- a) Cisaillement de la pastille avec parties résiduelles de matériau de pastille restant attachées.
- b) Séparation de la pastille du matériau de fixation de la pastille.
- c) Séparation de la pastille et du matériau de fixation.

7.6 Renseignements à donner dans la spécification applicable

Si cet essai est exigé dans la spécification applicable, les renseignements suivants doivent être fournis:

- résistance minimale de la fixation de la pastille, si elle diffère de celle que donnent les expressions du point a) en 7.4;
- nombre de dispositifs à essayer et critères d'acceptation;
- exigences pour l'enregistrement des données, si applicables (voir 7.5).

7.4 Failure criteria

The strength of attachment of a die shall be considered to have failed the test if any of the following criteria exists:

a) Unless otherwise specified in the relevant specification, die separation at a force not greater than the following:

- 1) $4,1 \text{ mm}^2 \leq \text{die area} \leq 10 \text{ mm}^2$: 25 N;
- 2) die area $< 4,1 \text{ mm}^2$: 6,1 N per mm^2 of die area;
- 3) die area $> 10 \text{ mm}^2$: Not applicable (see 7.1);

b) die separation at a force less than 1,25 times that in a) above and evidence of less than 50 % adhesion of the die attach medium to the die;

c) die separation at a force less than 2 times that in a) above and evidence of less than 10 % adhesion of the die attach medium to the die.

NOTE – Residual die material attached in discrete areas of the die attach medium should be considered as evidence of such adhesion.

7.5 Requirements

When specified, the force required to achieve separation and the category of the separation shall be recorded.

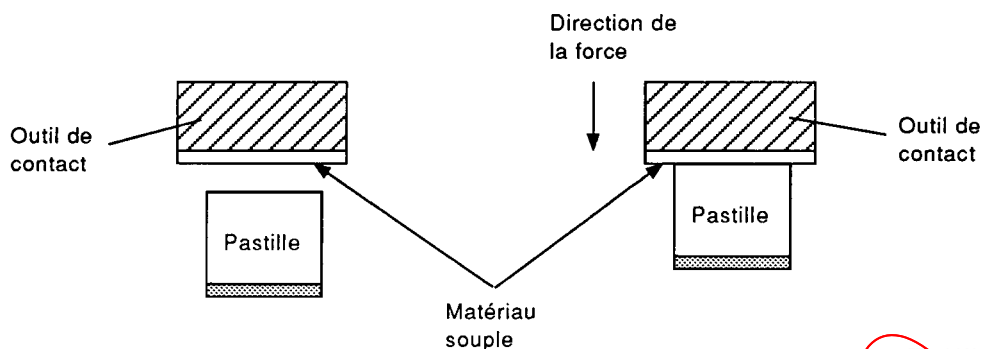
7.5.1 Categories of separation

- a) Shearing of die with residual die material remaining.
- b) Separation of die from die attach medium.
- c) Separation of die and die attach medium from package.

7.6 Information to be given in the relevant specification

When this test is required in the relevant specification, the following details shall be given:

- minimum die attach strength if other than that given by the expressions in item a) of 7.4;
- number of devices to be tested and acceptance criteria;
- requirements for data recording, when applicable (see 7.5).



CEI 1030/93

NOTE – La charge est distribuée sur le bord de pastille irrégulier par l'intermédiaire d'un matériau souple.

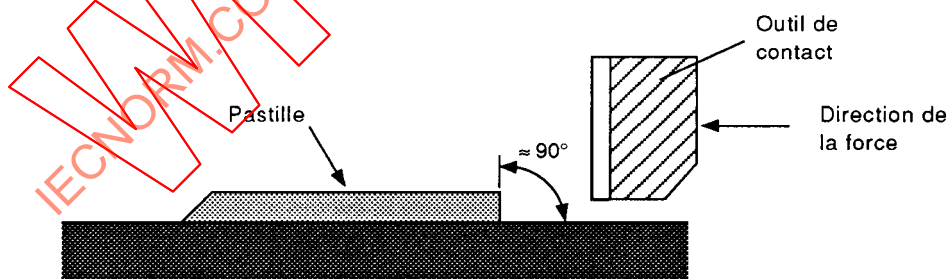
Figure 10 – Distribution de la charge sur un bord de pastille (vue de dessus)



CEI 1031/93

NOTE – Le parallélisme peut être réalisé par la rotation de l'outil de contact ou du dispositif

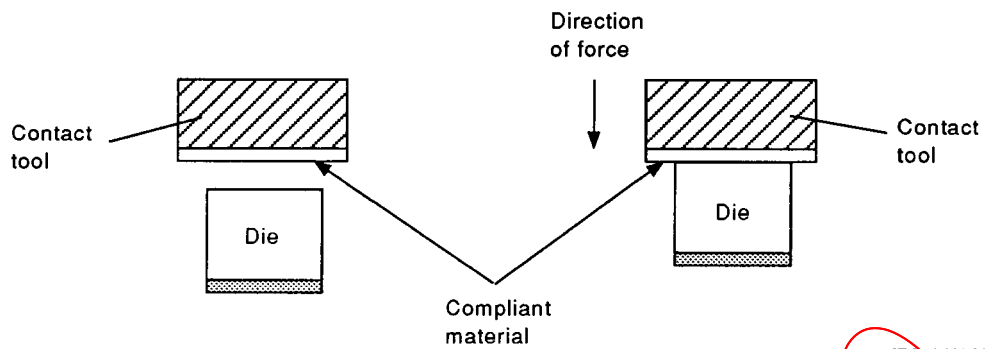
Figure 11 – Alignement de l'outil avec la pastille (vue de dessous)



CEI 1032/93

NOTE – L'outil de contact doit appliquer l'effort sur le bord de la pastille qui est perpendiculaire à l'embase ou au substrat.

Figure 12 – Choix du bord de la pastille pour la mise en contact avec l'outil (vue de côté)



IEC 1030/93

NOTE – A compliant interface on the contact tool distributes the load to the irregular edge of the die.

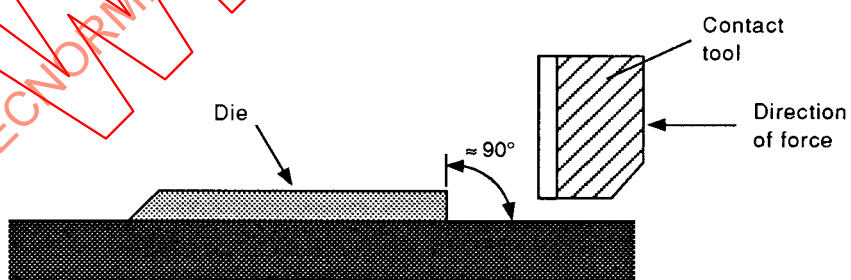
Figure 10 – Compliant interface on contact tool (plane view)



IEC 1031/93

NOTE – The die, contact tool or the device may be rotated to ensure parallel alignment.

Figure 11 – Alignment of tool with die (plane view)



IEC 1032/93

NOTE – The contact tool is loaded against the edge of the die which is perpendicular to the header/substrate.

Figure 12 – Choice of die edge for application of contact tool (elevation)

CHAPITRE 3: ESSAIS CLIMATIQUES

Le choix des essais appropriés dépend du type de dispositifs et du boîtier. Les essais applicables correspondants doivent être indiqués dans la spécification particulière.

Les températures doivent être choisies:

- pour les dispositifs discrets, dans la CEI 747-1, chapitre 4, article 5;
- pour les circuits intégrés, dans la CEI 748-1, chapitre 4, article 5.

1 Variations de températures

Référence: CEI 68-2-14.

1.1 Variations rapides de température: méthode des deux chambres

Cet essai est conforme à l'essai Na, avec les exigences spécifiques suivantes:

- il est permis de faire l'essai avec une seule chambre remplissant les conditions spécifiées;
- la capacité de chaque chambre et leur chargement doivent être tels que la température spécifiée de la chambre soit atteinte en moins de 2 min après introduction des échantillons dans la chambre;
- la constante de temps thermique du spécimen en essai et de son support doit être prise en compte;
- basse température T_A : température de stockage minimale du dispositif à semi-conducteurs*;
- haute température T_B : température de stockage maximale du dispositif à semi-conducteurs*;
- durée de l'exposition t_1 : 10 min si le spécimen a atteint la température d'exposition en moins de 3 min, ou 10 min après que l'équilibre a été atteint dans les autres cas. De toute façon, l'échantillon doit atteindre l'équilibre thermique en moins de 20 min;
- il est permis d'utiliser un matériel automatique, auquel cas le temps de transfert t_2 doit être inférieur à 1 min, sinon c'est le temps de transfert normalisé (2 min à 3 min) qui doit être appliqué;
- mesures initiales:
 - essais mécaniques: néant;
 - essais électriques: selon spécification particulière;
- mesures finales:
 - les essais électriques sont les mêmes que pour les essais d'endurance; de plus, pratiquer un examen visuel externe du composant pour mettre en évidence les craquelures, les fêlures et les particules détachées.

1.2 Variations rapides de température: méthode des deux bains

Cet essai est conforme à l'essai Nc, avec les exigences spécifiques suivantes:

Températures préférentielles (des liquides appropriés sont choisis pour la gamme des températures):

- 0 °C/+100 °C
- 55 °C/+125 °C

* Les tolérances sur ces températures doivent être telles que les valeurs limites ne soient pas dépassées.

CHAPTER 3: CLIMATIC TEST METHODS

The choice of the appropriate tests depends on the type of devices and of the encapsulation. The relevant specification shall state which tests are applicable.

Temperatures shall be chosen:

- for discrete devices from IEC 747-1, chapter 4, clause 5;
- for integrated circuits from IEC 748-1, chapter 4, clause 5.

1 Change of temperature

Reference: IEC 68-2-14.

1.1 *Rapid change of temperature: two-chamber method*

This test shall be in accordance with Test Na, with the following specific requirements:

- the use of a single test chamber that meets the specified conditions is permissible;
- the capacity of each chamber and the loading should be such that the specified exposure temperature will be reached within 2 min after the specimens are introduced into the chamber;
- the thermal time constant of the test specimen and its carrier shall be taken into account;
- low-temperature T_A : the minimum storage temperature of the semiconductor device*;
- high temperature T_B : the maximum storage temperature of the semiconductor device*;
- duration of the exposure t_1 : 10 min if the exposure temperature has been reached by the specimen within 3 min, or 10 min after thermal equilibrium of the specimen has been reached in other cases. Thermal equilibrium of the specimen shall be reached, in any case, in not more than 20 min;
- the use of automatic equipment is permitted, in which case the transition time t_2 shall be less than 1 min; otherwise the standard transition time (2 min to 3 min) shall apply;
- initial measurements:
 - mechanical tests: none,
 - electrical tests: as given in the relevant specification;
- final measurements:
 - electrical tests to be the same as for endurance tests, and an external visual examination is to be performed for evidence of cracks, breaks, loose parts.

1.2 *Rapid change of temperature: two-fluid-bath method*

This test shall be in accordance with Test Nc, with the following specific requirements:

Preferred temperatures (appropriate liquids for the temperature range should be chosen):

- 0 °C/+100 °C
- 55 °C/+125 °C

* The tolerances for these temperatures should be such that the rated values are not exceeded.

- 65 °C/+150 °C
- 65 °C/+200 °C
- $T_{\text{stg min}}/T_{\text{stg max}}$

2 Stockage (à haute température)

Référence: CEI 68-2-48.

Les spécimens doivent être stockés à la température de stockage maximale ($T_{\text{stg max}}$) indiquée dans la spécification applicable. Sauf spécification contraire dans la spécification applicable, la durée de l'essai est choisie parmi celles que donnent la CEI 747-1, chapitre VII, section trois, 2.2.1, pour les dispositifs discrets et, pour les circuits intégrés, la CEI 748-1, chapitre VII, section trois, paragraphe 2.2.1.

Après l'essai, les mesures spécifiées dans la spécification applicable doivent être effectuées.

3 Basse pression atmosphérique

Référence: CEI 68-2-13.

Cet essai est conforme à l'essai M, avec les exigences spécifiques suivantes:

Sauf spécification contraire, cet essai n'est applicable qu'aux dispositifs dont les tensions de fonctionnement sont supérieures à 1000 V.

- a) préconditionnement: néant;
- b) mesures initiales: comme spécifié dans la spécification applicable;
- c) la tension maximale spécifiée est appliquée aux bornes spécifiées dès le début de l'épreuve (c'est-à-dire avant diminution de la pression);
- d) pression: 1 kPa (10 mbar), 4,4 kPa (44 mbar) ou 60 kPa (600 mbar); durée: 1 min;
- e) non applicable;
- f) pendant l'épreuve, on doit contrôler le courant de fuite supplémentaire dû à un claquage partiel. L'examen visuel peut donner des informations supplémentaires;
- g) reprise: 1 h à 2 h dans les conditions atmosphériques normales d'essai (voir chapitre I, article 4 dans la présente publication);
- h) mesures finales: comme spécifié dans la spécification applicable.

4A Essai continu de chaleur humide

Référence: CEI 68-2-3

Cet essai doit être conforme à l'essai Ca, avec les exigences spécifiques suivantes:

4A.1 Modifier comme suit l'article 1 de l'essai Ca:

1. *Objet:* Juger de l'aspect extérieur (par exemple la finition de surface) de dispositifs à semiconducteurs à l'aide de chaleur humide non saturée.

4A.2 Modifier comme suit l'article 6 de l'essai Ca:

6. Renseignements à donner dans la spécification particulière
 - a) Méthode de préconditionnement: néant.

- 65 °C/+150 °C
- 65 °C/+200 °C
- $T_{\text{stg min}}/T_{\text{stg max}}$

2 Storage (at high temperature)

Reference: IEC 68-2-48.

The specimens shall be stored at the maximum storage temperature ($T_{\text{stg max}}$) as given in the relevant specification. Unless otherwise specified in the relevant specification, the duration of the test shall be selected from those given in IEC 747-1, chapter VII, section three, subclause 2.2.1, for discrete devices and, for integrated circuits, in IEC 748-1, chapter VII, section three, subclause 2.2.1.

After the test, the measurements specified in the relevant specification shall be performed.

3 Low air pressure

Reference: IEC 68-2-13.

This test shall be in accordance with Test M, with the following specific requirements:

Unless otherwise specified, this test applies only to devices with operating voltages greater than 1000 V.

- a) pre-conditioning: none;
- b) initial measurements: as specified in the relevant specification;
- c) the specified maximum voltage shall be applied to specified terminals from the start of the test (that is, before pressure reduction starts);
- d) pressure: 1 kPa (10 mbar), 4,4 kPa (44 mbar) or 60 kPa (600 mbar); duration: 1 min;
- e) not applicable;
- f) during the test, additional leakage current caused by partial breakdown shall be monitored. Visual examination may give additional information;
- g) recovery: 1 h to 2 h at standard atmospheric conditions for testing (see chapter I, clause 4 in this publication);
- h) final measurements, as specified in the relevant specification.

4A Damp heat, steady state

Reference: IEC 68-2-3.

This test shall be in accordance with Test Ca, with the following specific requirements:

4A.1 Amend clause 1 of Test Ca to read:

1. *Object:* To assess, using unsaturated damp heat, the external aspect (such as surface finish) of semiconductor devices.

4A.2 Amend clause 6 of Test Ca to read:

6. Information to be given in the detail specification
 - a) Pre-conditioning procedure: none.

b) Vérifications à effectuer avant l'essai:

- essais mécaniques: néant;
- essais électriques: néant;
- examen visuel.

c) Avant de l'introduire dans l'enceinte, le dispositif doit être porté à une température supérieure à celle de l'enceinte (pour éviter toute condensation sur le dispositif); il est également possible de mettre l'enceinte à la température ambiante avant d'y introduire les dispositifs.

d) Sévérités: 10, 21 ou 56 jours, de préférence 21 et 56 jours.

e) Conditions de charge (fonctionnement électrique) en cours d'épreuve: néant.

f) Vérifications électriques et mécaniques à effectuer en cours d'épreuve et au(x) moment(s) de leur exécution: néant.

g) Précautions particulières pour retirer l'humidité de surface, s'il y a lieu.

h) Reprise: après achèvement de l'épreuve et avant les mesures finales, les spécimens doivent être placés pendant au moins 1 h et au plus 2 h dans les conditions normalisées d'essai (voir chapitre 1, article 4) et à la pression atmosphérique normale, sauf prescription contraire indiquée dans la spécification particulière.

i) Vérifications à effectuer après reprise: les essais électriques prescrits dans la spécification particulière doivent être faits moins de 24 h après la fin de l'essai. S'ils sont prescrits dans la spécification particulière, l'examen visuel après épreuve de corrosion et la lisibilité du marquage doivent être effectués.

NOTES

1 Il convient que cet essai ne soit pas utilisé pour juger de l'aspect intérieur des dispositifs à semi-conducteurs.

2 La pression de vapeur associée à cet essai est de l'ordre de 70 hPa.

4B Essai continu, accéléré, de chaleur humide

4B.1 Objet

Cet essai continu de chaleur humide a pour but d'évaluer, de manière accélérée, la résistance des dispositifs, sans cavité interne ou à cavité à scellement époxyde, aux dégradations dues à la chaleur humide, et d'évaluer l'effet de la chaleur humide lorsqu'elle est combinée avec une polarisation. Cet essai n'est pas destiné à évaluer les effets extérieurs de la corrosion.

NOTE – Dispositif sans cavité interne: voir la définition au chapitre 1, article 1 de la présente norme.

4B.2 Description générale

Cet essai consiste à soumettre les spécimens à des niveaux élevés de chaleur humide non saturée pendant des périodes de 168 h à 1 000 h, selon la sévérité. Si cela est spécifié, on applique une tension de polarisation.

Les dégradations résultent de l'absorption de vapeur d'eau par les matériaux d'encapsulation et de la présence de couches d'humidité ou de la pénétration d'humidité le long des surfaces de jonction.

4B.3 Enceinte d'essai

L'enceinte d'essai doit être construite de façon que:

- la température et l'humidité dans l'enceinte soient surveillées grâce à des capteurs placés dans l'espace de travail;
- la température et l'humidité relative dans l'espace de travail soient uniformes et maintenues à ± 2 °C de la température spécifiée et à ± 5 % de l'humidité relative spécifiée;

b) Checks to be made prior to the test:

- mechanical tests: none;
- electrical tests: none;
- visual examination.

c) Prior to the introduction of the device into the chamber, the device shall be heated to a temperature greater than that of the chamber, so as to avoid condensation on the device; as an alternative, the chamber may be brought to ambient temperature prior to introduction of devices into it.

d) Severities: 10, 21 or 56 days: 21 and 56 days to be preferred.

e) Loading (electrical operation) during conditioning: none.

f) Electrical and mechanical checks to be made during conditioning and the period(s) after which they should be performed: none.

g) Special precautions regarding the removal of surface moisture, if applicable.

h) Recovery: upon completion of the conditioning, and prior to the final measurements, the specimens shall be subjected to standard atmospheric conditions for testing (see chapter 1, clause 4) for no less than 1 h and no more than 2 h, unless otherwise stated in the detail specification.

i) Checks to be made after recovery: electrical tests as called for in the detail specification are to be performed within 24 h. When stated in the detail specification, visual examination for corrosion and legibility of marking is to be performed.

NOTES

- 1 This test should not be used to assess the internal aspect of semiconductor devices.
- 2 The vapour pressure associated with this test is of the order of 70 hPa

4B Damp heat, steady state, accelerated

4B.1 Object

This steady-state damp heat test is performed to assess, in an accelerated manner, the resistance of non-cavity or epoxy-sealed cavity devices to the degradation due to damp heat and to assess the effect of damp heat when combined with bias. This test is not intended to assess external effects of corrosion.

NOTE – Non-cavity device: see definition in chapter I, clause 1 of this standard.

4B.2 General description

This test subjects the specimens to high levels of unsaturated damp heat for periods of 168 h to 1 000 h, depending on the severity. If specified, bias voltage is applied.

Degradation results from absorption of water vapour by the encapsulation materials and presence of moisture films or penetration of moisture along physical junctions.

4B.3 Testing chamber

The chamber shall be so constructed that:

- the temperature and humidity of the chamber are monitored by means of sensing devices located in the working space;
- the temperature and relative humidity in the working space are uniform and maintained at ± 2 °C of the specified temperature and ± 5 % of the specified relative humidity;

NOTE – La tolérance de ± 2 °C sur la température est destinée à tenir compte des erreurs absolues de mesure, des variations lentes de température et des écarts de température dans l'espace de travail. Il est nécessaire de limiter les fluctuations brèves de température à $\pm 0,5$ °C pour maintenir l'humidité requise.

- l'eau de condensation soit drainée de l'enceinte de façon continue et ne soit pas réutilisée avant d'être de nouveau purifiée;
- l'eau de condensation ne puisse pas tomber sur les spécimens.

L'eau d'alimentation doit avoir une résistivité au moins égale à 500 Ωm .

4B.4 Sévérités

Tableau 6

Conditions d'essai (voir note)		Durée				
Température	Humidité relative	Sévérité 1	Sévérité 2	Sévérité 3	Sévérité 4	Sévérité 5
85 ± 2 °C	85 ± 5 %	$168 \text{ h} \pm 16 \text{ h}$	$504 \text{ h} \pm 48 \text{ h}$	$1000 \text{ h} \pm 96 \text{ h}$	$2000 \text{ h} \pm 192 \text{ h}$	$5000 \text{ h} \pm 432 \text{ h}$
NOTE – La pression de valeur résultante est de l'ordre de 500 hPa.						

4B.5 Tension de polarisation

a) Si cela est spécifié, on applique au spécimen une tension de polarisation pendant l'épreuve. Des règles permettant de déterminer la configuration du circuit qui convient à l'application de la polarisation sont données ci-dessous par ordre décroissant d'importance (voir note):

- puissance la plus faible possible;
- tension la plus élevée possible dans la gamme des tensions de fonctionnement;
- différence de tension la plus élevée possible entre deux lignes de métallisation adjacentes sur la pastille (par exemple, dans le cas des circuits numériques, les entrées adjacentes d'une même porte sont l'une dans l'état haut, l'autre dans l'état bas).

NOTE – La contrainte la plus forte correspond à une puissance nulle, à une tension égale à la tension maximale de fonctionnement autorisée et à une différence de tension maximale autorisée entre deux lignes de métallisation adjacentes sur la pastille.

Lorsque la dissipation des dispositifs ne peut être abaissée en dessous de 100 mW, il faut appliquer la tension de polarisation de façon intermittente. La durée des périodes sous tension et hors tension doit être spécifiée, de préférence 1 h sous tension et 3 h hors tension.

b) La tension de polarisation doit être appliquée aux spécimens pendant une durée totale égale à la durée d'essai spécifiée.

Quand la polarisation intermittente est utilisée, la durée totale d'essai (c'est-à-dire en additionnant les périodes sous tension et hors tension) doit être la même que celle qui est spécifiée pour l'essai non intermittent.

c) On doit continuer à appliquer la (les) tension(s) de polarisation aux dispositifs jusqu'à refroidissement de ceux-ci à la température ambiante, à moins qu'il ne soit établi, pour des dispositifs et des conditions d'essai donnés, qu'aucune variation significative des caractéristiques n'a lieu lorsque le dispositif se refroidit sans polarisation appliquée.

4B.6 Mode opératoire

4B.6.1 Mesures initiales

Avant l'épreuve, les mesures spécifiées doivent être faites dans les conditions atmosphériques normalisées ou comme spécifié.

NOTE – The temperature tolerance of ± 2 °C is intended to take account of absolute errors in the measurement, slow changes of temperature and temperature variations of the working space. It is necessary to keep short term fluctuation within $\pm 0,5$ °C to maintain the required humidity.

- condensed water is continuously drained from the chamber and not used again until it has been repurified;
- condensed water cannot fall on the specimens.

The supply water shall have a resistivity not less than 500 Ωm .

4B.4 Severities

Table 6

Test conditions (see note)		Duration				
Temperature	Relative humidity	Severity 1	Severity 2	Severity 3	Severity 4	Severity 5
85 ± 2 °C	85 ± 5 %	$168 \text{ h} \pm 16 \text{ h}$	$504 \text{ h} \pm 48 \text{ h}$	$1000 \text{ h} \pm 96 \text{ h}$	$2000 \text{ h} \pm 192 \text{ h}$	$5000 \text{ h} \pm 432 \text{ h}$
NOTE – The resulting vapour pressure is of the order of 500 hPa.						

4B.5 Bias voltage

a) When specified, the specimen shall have a voltage bias applied during exposure. Guidelines for determining the appropriate circuit configuration for bias applications are listed below in descending order of importance (see note):

- power as small as possible;
- voltage as high as possible within the operating range;
- voltage difference as high as possible between adjacent metallization lines on the die (for example, in the case of digital devices, adjacent inputs for the same gate would be high and low).

NOTE – The highest stress conditions correspond to zero power, maximum allowed voltage to the device within the operating range and maximum allowed voltage between adjacent metallization lines on the die.

Where the dissipation of the devices cannot be reduced below 100 mW, the bias voltage shall be applied intermittently. The on-off periods shall be specified, preferably 1 h on and 3 h off.

b) Bias voltage shall be applied to the specimens for a total time equal to the specified test duration.

The total test duration, when using intermittent bias, shall be the same (that is including on and off periods) as specified for the non-intermittent test.

c) The voltage bias(es) shall continue to be applied to specimens until they have cooled to room temperature, unless it can be established, for the given device types and test conditions, that no significant change of characteristics occurs when the device is cooled with the bias removed.

4B.6 Testing procedure

4B.6.1 Initial measurements

Prior to exposure, the specified measurements shall be made at standard atmospheric conditions for testing or as specified.

4B.6.2 *Epreuve*

Les spécimens à essayer doivent être placés à 30 mm au moins des parois internes de l'enceinte et ne doivent pas être soumis au rayonnement direct des éléments chauffants.

4B.6.3 *Reprise*

Après achèvement de l'épreuve et avant les mesures finales, les spécimens doivent être placés pendant au moins 1 h et au plus 2 h dans les conditions normalisées d'essai (voir chapitre 1, article 4) et à la pression atmosphérique normale, sauf prescription contraire indiquée dans la spécification particulière.

4B.6.4 *Mesures finales*

Le spécimen doit être soumis à un examen visuel et à des vérifications électriques et mécaniques, selon les prescriptions de la spécification particulière.

Les mesures peuvent être commencées à tout moment à l'issue de la période de reprise, mais elles doivent être toutes terminées dans les 8 h qui suivent la reprise.

4B.7 *Renseignements à donner dans la spécification particulière*

Lorsque cet essai est inclus dans une spécification particulière, les détails suivants doivent être donnés s'il y a lieu:

	Paragraphe
a) Sévérité	4B.4
b) Tension de polarisation (si spécifié)	4B.5
c) Périodes sous tension et hors tension, si applicable	4B.5
d) Mesures initiales	4B.6.1
e) Mesures finales	4B.6.4

4C **Essai continu, fortement accéléré, de chaleur humide**

4C.1 *Objet*

Cet essai continu de chaleur humide en vapeur non saturée et sous pression a pour but d'évaluer, de façon fortement accélérée, la résistance de dispositifs sans cavité interne aux dégradations dues à la chaleur humide, et d'évaluer l'effet de la chaleur humide lorsqu'elle est combinée avec une polarisation. Cet essai n'est pas destiné à évaluer les effets extérieurs de la corrosion.

4C.2 *Description générale*

L'essai consiste à soumettre les spécimens à des niveaux élevés de chaleur humide non saturée pendant des périodes relativement courtes. Si cela est spécifié, on applique une tension de polarisation au spécimen. Les sévérités d'essai sont déterminées par la température, l'humidité relative et la durée. Il convient de faire attention à ne pas atteindre la température inférieure de recuit du matériau d'encapsulation.

Les dégradations résultent de l'absorption de vapeur d'eau par les matériaux d'encapsulation et de la présence de couches d'humidité ou de la pénétration d'humidité le long des surfaces de jonction.

4C.3 *Enceinte d'essai*

L'enceinte doit résister à l'humidité sous pression (autoclave) et être construite de façon que:

4B.6.2 *Conditioning*

The specimens under test are placed at a minimum distance of 30 mm from the chamber internal surfaces and shall not be submitted to radiant heat from the heaters.

4B.6.3 *Recovery*

Upon completion of the conditioning, and prior to the final measurements, the specimens shall be subjected to standard conditions for testing (see chapter I, clause 4) and normal atmospheric pressure for no less than 1 h and no more than 2 h, unless otherwise stated in the detail specification.

4B.6.4 *Final measurements*

The specimen shall be visually inspected and electrically and mechanically checked as required in the detail specification.

Measurements may be initiated any time upon completion of the recovery period, but all measurements shall be completed within 8 h after the recovery period.

4B.7 *Information to be given in the detail specification*

When this test is included in the relevant specification, the following details shall be given as far as they are applicable:

	Subclause
a) Severity	4B.4
b) Bias voltage (when specified)	4B.5
c) On-off periods, if applicable	4B.5
d) Initial measurements	4B.6.1
e) Final measurements	4B.6.4

4C **Damp heat, steady-state, highly accelerated**

4C.1 *Object*

This steady-state damp heat test is performed with unsaturated and pressurized vapour to assess, in a highly accelerated manner, the resistance of non-cavity devices to the degradation due to damp heat and to assess the effect of damp heat, when combined with bias. This test is not intended to assess external effects of corrosion.

4C.2 *General description*

This test subjects the specimens to very high levels of unsaturated damp heat for relatively short periods. If specified, bias voltage is applied.

Test severities are determined by temperature, relative humidity and duration. Care should be taken not to reach the glass transition temperature of the encapsulating material.

Degradation results from absorption of water vapour by the encapsulation materials and presence of moisture films or penetration of moisture along physical junctions.

4C.3 *Testing chamber*

The chamber shall be a humidity/pressure vessel (autoclave) so constructed that:

- elle puisse produire de la vapeur sèche sous des pressions dépassant 1 000 hPa et conformes aux valeurs indiquées dans le paragraphe 4C.4;
- la température et l'humidité dans l'enceinte soient surveillées grâce à des capteurs convenablement placés dans l'enceinte;
- la température et l'humidité relative dans l'espace de travail soient uniformes et maintenues dans les tolérances données au paragraphe 4C.4;
- l'eau de condensation ne puisse tomber sur les spécimens;
- l'eau ait une résistivité d'au moins 500 Ωm .

4C.4 Sévérités

Tableau 7

Variante	Conditions d'essai		Durée		
	Température	Humidité relative	Sévérité 1	Sévérité 2	Sévérité 3
A	$110 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$85 \pm 5 \%$	408 h	192 h	96 h
B	$120 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$85 \pm 5 \%$	192 h	96 h	48 h
C	$130 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$85 \pm 5 \%$	96 h	48 h	24 h

NOTE – Les pressions de vapeur sont de l'ordre de 1 200 hPa, 1 700 hPa et 2 300 hPa pour les variantes A, B et C respectivement.

4C.5 Tensions de polarisation

a) Si cela est spécifié, une tension de polarisation située dans la gamme des tensions de fonctionnement sera appliquée aux spécimens pendant l'épreuve compte tenu des impératifs de sécurité. Des règles permettant de réaliser la configuration du circuit qui convient à l'application de la polarisation sont données ci-dessous par ordre décroissant d'importance (voir note):

- puissance la plus faible possible;
- tension la plus élevée possible;
- différence de tension la plus élevée possible entre deux lignes de métallisation adjacentes (par exemple, dans le cas de circuits numériques, les entrées adjacentes d'une même porte seraient l'une dans l'état HAUT, l'autre dans l'état BAS).

NOTE – La contrainte la plus forte correspond à une puissance nulle, à une tension égale à la tension maximale de fonctionnement autorisée et à une différence de tension maximale entre deux lignes de métallisation adjacentes sur la pastille.

b) Lorsque la dissipation des dispositifs ne peut être abaissée en dessous de 100 mW, il convient d'appliquer la tension de polarisation de façon intermittente. La durée des périodes sous tension et hors tension doit être spécifiée, de préférence 1 h sous tension et 3 h hors tension.

c) La tension de polarisation doit être appliquée aux spécimens pendant une durée totale égale à la durée d'essai spécifiée.

Lorsque la polarisation intermittente est utilisée, la durée totale d'essai (c'est-à-dire en additionnant les périodes sous tension et hors tension) doit être la même que celle qui est spécifiée pour l'essai non intermittent.

d) On doit continuer à appliquer la (les) tension(s) de polarisation aux dispositifs jusqu'à refroidissement de ceux-ci à la température ambiante, à moins qu'il ne soit établi, pour les dispositifs et les conditions d'essai donnés, qu'aucune variation significative des caractéristiques n'a lieu lorsque le dispositif se refroidit sans polarisation appliquée.

- it can produce vapour pressures in excess of 1 000 hPa, without saturation and in conformance with the values given in subclause 4C.4;
- the temperature and humidity of the chamber are monitored by means of sensing devices appropriately located in the chamber;
- the temperature and relative humidity in the working space are uniform and maintained within the tolerances given in subclause 4C.4;
- condensed water cannot fall on the specimens;
- the water shall have a resistivity of no less than 500 Ωm .

4C.4 Severities

Table 7

Variant	Test conditions		Duration		
	Temperature	Relative humidity	Severity 1	Severity 2	Severity 3
A	$110 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$85 \pm 5\%$	408 h	192 h	96 h
B	$120 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$85 \pm 5\%$	192 h	96 h	48 h
C	$130 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$85 \pm 5\%$	96 h	48 h	24 h
NOTE – The vapour pressures are approximately 1 200 hPa, 1 700 hPa or 2 300 hPa for variants A, B and C respectively.					

4C.5 Bias voltages

a) When specified, the specimen will have a voltage bias applied during exposure, within the operating range, taking into account safety requirements. Guidelines for determining the appropriate circuit configuration for bias application are listed below in descending order of importance (see note):

- power as small as possible;
- voltage as high as possible;
- voltage difference as high as possible between adjacent metallization lines on the die (for example, in the case of digital devices, adjacent inputs for the same gate would be HIGH and LOW).

NOTE – The highest stress conditions correspond to zero power, maximum allowed voltage to the device within the operating range and maximum allowed voltage between adjacent metallization lines on the die.

b) Where the dissipation of the specimens cannot be reduced below 100 mW, the bias voltage should be applied intermittently. The on-off periods shall be specified, preferably 1 h on and 3 h off.

c) Bias voltage shall be applied to the specimens for a total time equal to the specified test duration.

The total test duration, when using intermittent bias, shall be the same (that is including on and off periods) as specified for the non-intermittent test.

d) The voltage bias(es) shall continue to be applied to specimens until they have cooled to room temperature, unless it can be established, for the given device types and test conditions, that no significant change of characteristics occurs when the device is cooled with the bias removed.

4C.6 Mode opératoire

4C.6.1 Mesures initiales

Le spécimen doit être examiné visuellement et soumis aux vérifications électriques et mécaniques prescrites par la spécification particulière.

4C.6.2 Epreuve

- Les spécimens à essayer doivent être placés à 30 mm au moins des parois internes de l'enceinte et ne pas être soumis au rayonnement direct des éléments chauffants.
- L'enceinte est d'abord chauffée à la température de l'eau bouillante et maintenue à la pression atmosphérique pendant 10 min.
- L'enceinte est alors portée à la température d'essai requise de façon que la vapeur d'eau reste non saturée.
- La période d'essai commence au moment où la pression, l'humidité et la température sont stabilisées. Le chauffage et la stabilisation ne doivent pas prendre plus de 3 h.
- La tension de polarisation est appliquée après la période de stabilisation.
- Les sources de chaleur et d'humidité sont ensuite coupées successivement, l'enceinte est dépressurisée et les spécimens doivent être retirés de l'enceinte dans les 2 h qui suivent (voir aussi 4C.5 d)).

4C.6.3 Reprise

Après achèvement de l'épreuve et avant les mesures finales, les spécimens doivent être placés pendant au moins 1 h et au plus 2 h dans les conditions normalisées d'essai (voir chapitre 1, article 4) et à la pression atmosphérique normale, sauf prescription contraire indiquée dans la spécification particulière.

4C.6.4 Mesures finales

Le spécimen doit être soumis aux vérifications électriques et mécaniques prescrites par la spécification particulière.

Les mesures peuvent être commencées à tout moment à l'issue de la période de reprise mais elles doivent toutes être terminées dans les 8 h qui suivent la reprise.

4C.7 Renseignements à donner dans la spécification particulière

Quand cet essai est inclus dans une spécification particulière, les détails suivants doivent être donnés dans la mesure où ils sont applicables:

	Paragraphe
a) Variante A, B ou C	4C.4
b) Sévérité 1, 2 ou 3	4C.4
c) Tension de polarisation	4C.5
d) Périodes sous tension et hors tension, si applicable	4C.5
e) Mesures initiales	4C.6.1
f) Mesures finales	4C.6.4

4C.6 *Testing procedure*

4C.6.1 *Initial measurements*

The specimen shall be visually inspected and electrically and mechanically checked as required in the detail specification.

4C.6.2 *Conditioning*

- The specimens under test are placed at a minimum distance of 30 mm from the chamber internal surfaces and shall not be submitted to radiant heat from the heaters.
- The chamber is first heated to the temperature of boiling water and kept for 10 min at atmospheric pressure.
- The chamber is then heated to the required test temperature, in such a way that the water vapour remains unsaturated.
- The test duration shall be counted from the moment when pressure, humidity and temperature become stabilized. Heating and stabilization shall be achieved within 3 h.
- The bias voltage is switched on after the stabilization period.
- The sources of heat and humidity shall successively be switched off, the pressure is dropped and the specimens removed from the chamber within 2 h (see also 4C.5 d)).

4C.6.3 *Recovery*

Upon completion of the conditioning and prior to the final measurements, the specimens shall be subjected to standard conditions for testing (see chapter 1, clause 4) and normal atmospheric pressure for no less than 1 h and no more than 2 h, unless otherwise stated in the detail specification.

4C.6.4 *Final measurements*

The specimen shall be electrically and mechanically checked as required in the detail specification.

Measurements may be initiated any time upon completion of the recovery period, but all measurements shall be completed within 8 h after the recovery period.

4C.7 *Information to be given in the detail specification*

When the test is included in the detail specification, the following details shall be given as far as they are applicable:

	Subclause
a) Variant A, B or C	4C.4
b) Severity 1, 2 or 3	4C.4
c) Bias voltage	4C.5
d) On-off periods, if applicable	4C.5
e) Initial measurements	4C.6.1
f) Final measurements	4C.6.4

5 Etanchéité

5.1 Essai à la bombe

Référence: CEI 68-2-17.

Cet essai est conforme à l'essai Q1, avec les exigences spécifiques suivantes:

- liquide d'essai: mélange de 95 % d'alcool méthylique et de 5 % d'eau, avec addition de détergent;
- température du liquide d'essai: 25 ± 5 °C;
- pression: 450 kPa (4,5 bar);
- durée de l'épreuve: 16 h;
- liquide de nettoyage: eau désionisée;
- reprise: comprise entre 2 jours et 2 semaines.

NOTE – Il n'est pas recommandé d'utiliser cet essai pour les dispositifs à semiconducteurs (voir annexe F de la CEI 68-2-17).

5.2 Détection des microfuites: méthode au krypton radioactif

Référence: néant.

5.2.1 Objet

Déterminer le taux de fuites d'un dispositif à semiconducteurs en mesurant le niveau de rayonnement dans le dispositif après que celui-ci a été mis sous pression dans une enceinte contenant un gaz traceur radioactif convenable.

Cette méthode peut être spécifiée dans le cas de dispositifs encapsulés hermétiquement dans des boîtiers en verre, en métal ou en céramique (ou utilisant une combinaison de ces matériaux); elle convient pour des taux de fuites normalisés équivalents inférieurs à 10^{-5} bar.cm³/s.

5.2.2 Description générale

5.2.2.1 Les valeurs numériques indiquées ici sont valables lorsque le krypton 85 est utilisé comme gaz traceur et pour un taux de fuites normalisé équivalent limite de l'ordre de 5×10^{-8} bar.cm³/s. L'utilisation d'autres gaz traceurs nécessiterait d'autres valeurs numériques.

5.2.2.2 Appareillage

L'appareillage pour cet essai comporte un récipient d'activation à gaz traceur radioactif et un élément de comptage ayant une sensibilité suffisante pour déterminer le niveau de rayonnement du gaz traceur dans le dispositif.

L'appareillage fonctionne avec un mélange d'azote sec et de gaz traceur (krypton 85) ayant une activité spécifiée (au moins 100 µCi par cm³) dans des conditions atmosphériques normales.

Les instructions pour l'utilisation de l'appareillage de détection des fuites, fournies par le fabricant de l'appareil, doivent être suivies pour l'étalonnage et le fonctionnement de l'appareil. Les résultats d'essais obtenus dans des conditions non préférentielles peuvent être comparés avec ceux qui l'ont été dans des conditions préférentielles par conversion à l'aide de la formule appropriée donnée dans ces instructions.

5 Sealing

5.1 Bomb pressure test

Reference: IEC 68-2-17.

This test shall be in accordance with Test Q1, with the following specific requirements:

- test liquid: 95 % methylalcohol and 5 % water mixture, with addition of a detergent;
- temperature of the test liquid: 25 ± 5 °C;
- pressure: 450 kPa (4,5 bar);
- duration of conditioning: 16 h;
- cleaning liquid: deionised water;
- recovery: between 2 days and 2 weeks.

NOTE – The use of this test is not recommended for semiconductor devices (see annex F to IEC 68-2-17).

5.2 Fine leak detection: radioactive krypton method

Reference: none.

5.2.1 Object

To determine the leak rate of a semiconductor device by measuring the radiation level present within the device after having been pressurized in a chamber with suitable radioactive tracer gas.

This method is intended to be specified for devices which are designed to be hermetically sealed in glass, metal or ceramic (or combination thereof) encapsulations and is suitable for equivalent standard leak rates smaller than 10^{-5} bar·cm³/s.

5.2.2 General description

5.2.2.1 The numerical values given are applicable for krypton 85 tracer gas and for equivalent standard leak rate limit in the order of 5×10^{-8} bar·cm³/s. The use of other tracer gases would require other numerical values.

5.2.2.2 Equipment

Equipment for this test consists of a radioactive tracer activation tank and a counting station with sufficient sensitivity to determine the radiation level of the tracer gas inside the device.

The equipment operates with a tracer gas mixture of dry nitrogen and krypton 85 with a specified activity (minimum: 100 µCi per cm³) under standard atmospheric conditions.

Instructions for the use of a leak testing equipment, as supplied by the manufacturer of the equipment, shall be followed in calibrating and operating the equipment. Test results obtained under non-preferred conditions can be compared with those under preferred conditions by conversion through the appropriate formula given in these instructions.

5.2.2.3 Paramètres d'activation

La pression d'activation et le temps d'imprégnation sont déterminés d'après l'équation suivante (voir la note ci-après):

$$Q_s = \frac{R}{3600 sk \bar{P} T} \quad (1)$$

où

Q_s est le taux de fuite maximal autorisé, pour les dispositifs à essayer, en $\text{bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$;

R = 1200 coups par minute au-dessus du nombre de coups résiduels ambiant après activation si le taux de fuites du dispositif était exactement égal à Q_s . Cette valeur constitue la limite de rejet pour le nombre de coups au-dessus du nombre résiduel de l'appareillage et du composant, si ce dernier a subi antérieurement des essais radioactifs;

s est l'activité spécifique, en microcuries par cm^3 de krypton 85 dans le système d'activation;

k est le rendement de comptage global du cristal du scintillateur en coups par minute par microcurie de krypton 85 ayant pénétré dans la cavité interne du composant. Ce facteur dépend de la configuration du composant et des dimensions du cristal du scintillateur. Le rendement de comptage est déterminé d'après 5.2.2.4;

T est le temps d'imprégnation, en heures, pendant lequel des dispositifs doivent être activés;

$\bar{P} = P_e^2 - P_i^2$, où P_e est la pression absolue d'activation en bars et P_i est la pression absolue interne d'origine en bars. La pression d'activation (P_e) peut être déterminée par la spécification ou bien, si un temps d'imprégnation convenable (T) a été déterminé, la pression d'activation (P_e) peut être ajustée pour satisfaire à l'équation (1).

NOTE – La forme complète de l'équation (1) contient un facteur $P_0^2 - (\Delta P)^2$ au numérateur qui est un facteur de correction relatif à l'altitude au-dessus du niveau de la mer. P_0 est la pression absolue, en bars, au niveau de la mer et ΔP est la différence de pression, en bars, entre la pression réelle au lieu de l'essai et la pression au niveau de la mer. Dans l'essai décrit ici, on néglige ce facteur.

5.2.2.4 Détermination du rendement de comptage (k)

Le rendement de comptage (k) de l'équation (1) doit être déterminé comme suit:

a) Un exemplaire représentatif du type de dispositif à essayer doit être muni d'un tube allant jusqu'à sa cavité interne; celle-ci doit être remplie par un volume connu de gaz traceur krypton 85 ayant une activité spécifique connue; le tube doit être alors scellé.

b) Les coups par minute sont directement indiqués par le cristal du scintillateur de l'équipement de comptage dans lequel les dispositifs sont essayés.

5.2.2.5 Evaluation de la surface de sorption

Pour chaque type d'encapsulation à essayer, on détermine la surface de sorption pour le krypton 85 des revêtements et des scellements externes, avant de déterminer les paramètres de l'essai de fuites. Des échantillons représentatifs des dispositifs sont soumis à la pression prédéterminée et à des conditions de temps établies pour la configuration du dispositif, comme spécifié en 5.2.2.2 et 5.2.2.3. Le taux de comptage des échantillons est noté toutes les 10 min, jusqu'à ce qu'il devienne constant. Ce temps total est noté et permet de déterminer le «temps d'attente» spécifié en 5.2.4.

5.2.3 Précautions concernant le personnel

Pour l'utilisation de gaz radioactif, les règlements nationaux en vigueur doivent être suivis.

NOTE – Les boîtiers de grandes dimensions et présentant des fuites franches peuvent devenir excessivement radioactifs.

5.2.2.3 Activation parameters

The activation pressure and soak time shall be determined in accordance with the following equation (see note below).

$$Q_s = \frac{R}{3600 sk \bar{P} T} \quad (1)$$

where

Q_s is the maximum leak rate allowable for the devices to be tested in $\text{bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$;

R = 1200 counts per minute above the ambient background after activation if the device leak rate were exactly equal to Q_s . This is the reject count above the background of both the counting equipment and the component if it has been through previous radioactive leak tests;

s is the specific activity, in microcuries per cm^3 of the krypton 85 gas in the activation system;

k is the overall counting efficiency of the scintillation crystal in counts per minute per one microcurie of krypton 85 in the internal cavity of the specific component being evaluated. This factor depends upon component configuration and dimensions of the scintillation crystals. The counting efficiency shall be determined in accordance with 5.2.2.4;

T is the soak time that the devices are to be activated, in hours;

$\bar{P} = P_e^2 - P_i^2$, where P_e is the absolute activation pressure in bars and P_i is the original absolute internal pressure of the devices in bars. The activation pressure (P_e) may be established by specification, or if a convenient soak time (T) has been established, the activation pressure (P_e) can be adjusted to satisfy equation (1).

NOTE – The complete version of equation (1) contains a factor $P_0^2 - (\Delta P)^2$ in the numerator which is a correction factor for elevation above sea level. P_0 is the sea level absolute pressure, in bars, and ΔP is the difference in pressures, in bars, between the actual pressure at the test station and sea level pressure. For purposes of this test, this factor is neglected.

5.2.2.4 Determination of the counting efficiency (k)

The counting efficiency (k) of equation (1) shall be determined as follows:

a) A representative unit of the device type to be tested shall be provided with a tube to its internal cavity and the cavity shall be backfilled through the tube with known volume and specific activity of krypton 85 tracer gas and the tubulation should be sealed off.

b) The counts per minute in the shielded scintillation crystal of the counting station in which the devices are tested shall be directly read.

5.2.2.5 Evaluation of the surface sorption

For each type of encapsulation to be tested, the coatings and external sealants shall be evaluated for surface sorption of krypton 85 before establishing the leak test parameters. Representative samples of the devices shall be subjected to the predetermined pressure and time conditions established for the device configuration as specified in 5.2.2.2 and 5.2.2.3. The count rate of the samples shall then be noted every 10 min, until it becomes constant. The elapsed time shall be noted and is the “wait time” as specified in 5.2.4.

5.2.3 Personnel precautions

Applicable national regulations for the use of radioactive gas should be followed.

NOTE – Large packages with gross leaks may become excessively radioactive.

5.2.4 Procédure d'essai

Les dispositifs sont placés dans une enceinte d'activation à gaz traceur radioactif. L'enceinte est ensuite vidée jusqu'à une pression d'au moins 50 Pa (0,5 mbar). La pression et le temps d'imprégnation sont déterminés selon les indications de 5.2.2.3.

Les dispositifs sont soumis à une pression absolue d'au moins 2 bars d'un mélange de krypton 85 et d'azote sec pendant un minimum de 12 min. Le mélange de gaz krypton 85 – azote sec est évacué jusqu'à ce que la pression soit inférieure à 0,5 mbar dans l'enceinte, cela en 3 min maximum.

L'enceinte d'activation est ensuite remplie d'air (balayage d'air). Les dispositifs sont alors retirés de l'enceinte d'activation et les fuites essayées dans l'heure qui suit l'introduction de gaz.

Le temps d'attente déterminé en 5.2.2.5 doit être observé, mais en aucun cas, le temps s'écoulant entre le retrait de la chambre d'activation et l'essai ne doit dépasser 1 h.

Si l'essai doit être répété sur les mêmes échantillons, on doit d'abord les épurer sous vide pendant 8 h avant de les soumettre à nouveau à la pression.

Le taux de fuite réel du composant est calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$Q = \frac{(\text{nombre de coups réels par minute}) \times Q_s}{R}$$

où

Q est le taux de fuite réel en $\text{bar} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$;

Q_s et R sont définis en 5.2.2.3.

5.2.5 Conditions spécifiées

Limite du taux de fuites

5.2.6 Détection des fuites franches

En plus de cet essai, l'absence de fuites franches doit être vérifiée par une méthode appropriée, telle que celles décrites dans l'essai Qc (méthode 2 ou méthode 3), selon les prescriptions de la spécification particulière.

5.3 Détection des microfuites: essai de fuite de gaz au spectrographe de masse

Référence: CEI 68-2-17.

Cet essai est conforme à l'essai Qk, avec les exigences spécifiques suivantes.

5.3.1 Généralités

Cet essai est applicable seulement aux dispositifs à cavité.

Tel qu'il est rédigé dans la CEI 68, l'essai Qk est destiné à être applicable à différents types de boîtier à cavité, dont la robustesse mécanique varie effectivement en fonction de la taille, du rapport entre l'épaisseur des parois et leur surface, du matériau, de la construction, etc., ce qui exclut de normaliser une seule valeur de pression pour le gaz traceur.

En conséquence, la responsabilité de la bonne exécution de l'essai est partagée entre le rédacteur de spécification, qui doit indiquer la sévérité requise, et le responsable d'essai, qui doit choisir les paramètres d'essai correspondant à la sévérité requise et convenant aussi aux

5.2.4 Procedure

The devices shall be placed in a radioactive tracer gas activation tank. The tank shall be evacuated to at least 50 Pa (0,5 mbar). The actual pressure and soak time shall be determined in accordance with instructions in 5.2.2.3.

The devices shall be subjected to a minimum of 2 bar absolute pressure of krypton 85/dry nitrogen mixture for a minimum of 12 min. The krypton 85/dry nitrogen gas mixture shall be evacuated until a pressure less than 0,5 mbar exists in the activation tank. This evacuation shall be complete in 3 min maximum.

The activation tank shall then be backfilled with air (air wash). The device shall then be removed from the activation tank, and leak tested within 1 h after gas exposure.

The wait time determined in 5.2.2.5 shall be observed but in no case shall the time between removal from the activation chamber and test exceed 1 h.

If the test is to be repeated on the same specimen(s), then they must be first decontaminated in vacuum for 8 h, prior to repressurization.

The actual leak rate of the component shall be calculated with the following equation:

$$Q = \frac{(\text{actual readout in net counts per minute}) \times Q_s}{R}$$

where

Q is the actual leak rate in bar·cm³/s;

Q_s and R are defined in 5.2.2.3.

5.2.5 Specified conditions

Limit of the leak rate.

5.2.6 Gross leak detection

In addition to this test, the absence of gross leaks shall be checked by using any suitable method, such as those described in Test Qc (method 2 or method 3) as required in the detail specification.

5.3 Fine leak detection: tracer gas method with mass spectrometer

Reference: IEC 68-2-17.

This test shall be in accordance with the Test Qk, with the following specific requirements:

5.3.1 General

This test is applicable to cavity devices only.

Test Qk, as written in IEC 68, is intended to be applicable to a number of styles of cavity packages, the mechanical robustness of which does vary with size, overall wall thickness versus area ratio, material, construction, etc., excluding the standardization of a single tracer gas pressure.

As a consequence, the responsibility for adequately performing the test is shared between the specification writer, who has to state the severity he requires, and the test engineer, who has to choose the test parameters that correspond to the stated severity and also to meet the

spécificités mécaniques du dispositif à essayer (c'est-à-dire le volume de la cavité et la résistance aux pressions externes).

NOTE – Pour éviter la confusion entre des sévérités exprimées en heures et la durée de vie présumée, les sévérités de la CEI 68-2-17 ont été remplacées par les gammes des constantes de temps effectives, exprimées en secondes, et qui correspondent aux conditions d'essai données ici.

5.3.2 Sélection des paramètres d'essai

Méthode 1: spécimens NON remplis d'hélium pendant la fabrication.

Les sévérités normalisées et les conditions d'essai sont résumées dans le tableau 8.

Mode opératoire:

- Déterminer ou estimer le volume interne libre V (voir note 4) de la cavité et en déduire sa classe:
 - de $0,01 \text{ cm}^3$ à $0,1 \text{ cm}^3$;
 - de $0,1 \text{ cm}^3$ à $1,0 \text{ cm}^3$;
 - de $1,0 \text{ cm}^3$ à 10 cm^3 .
- La connaissance du volume permet au responsable d'essai de déterminer (à partir d'expériences antérieures) ou d'estimer la pression maximale (en valeur absolue) que le spécimen peut supporter sans dommage, dans la gamme de $2 \text{ à } 8 \times 10^5 \text{ Pa}$ (2 à 8 bars). Cela détermine *ipso facto* la durée d'immersion.
- La valeur acceptable lue sur le cadran du détecteur de fuites est donnée en taux de fuite rapportés à l'hélium $R_{(\text{He})}$.

Le tableau ci-dessous donne les possibilités couvrant la plupart des applications des dispositifs à semiconducteurs.

Les valeurs recommandées sont soulignées.

Tableau 8

V (note 4) cm ³	Immersion		Taux de fuite mesuré $R_{(\text{He})}$ $10^5 \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bar · cm ³ · s ⁻¹	Taux de fuite normalisé équivalent L_1 $10^5 \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bar · cm ³ · s ⁻¹	Sensibilité requise (fuites franches) L_2 $10^5 \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bar · cm ³ · s ⁻¹	Constante de temps effective θ s	Méthode de l'essai Qc applicable (fuites franches)
	P_{abs} 10^5 Pa bar	t_i h					
0,01 à 0,1	<u>3</u> à <u>8</u>	<u>4</u> à <u>1,25</u>	5×10^{-8}	$4,0 \times 10^{-8}$ à $1,4 \times 10^{-7}$	$8,1 \times 10^{-6}$ à $1,1 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^5$ à $7,0 \times 10^5$	3 (Note 3)
0,1 à 1,0	<u>3</u> à <u>8</u>	<u>4</u> à <u>1,25</u>	1×10^{-7}	$1,8 \times 10^{-5}$ à $6,3 \times 10^{-7}$	$10,0 \times 10^{-5}$ à $1,3 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^5$ à $1,6 \times 10^6$	3 (Note 3)
1,0 à 10	<u>3</u> à <u>8</u>	<u>4</u> à <u>1,25</u>	5×10^{-6}	8×10^{-7} à $2,8 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-3}$ à $1,8 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^6$ à $1,6 \times 10^7$	2 ou 3 (Note 3)

NOTES

- Temps d'aération maximal: 1 h.
- L'essai de fuites franches doit être fait *après* la détection des microfuites.
- Liquides recommandés pour la méthode 3 de l'essai Qc:
 - phase 1: perfluoro-N-hexane;
 - phase 2: perfluoro (1-méthyldecane).
- Le volume interne libre est le volume de la cavité qui peut, par conception, être rempli de gaz. En tenant compte des classes retenues, une estimation approximative suffit généralement.

mechanical specification of the device under test (i.e. cavity volume and resistance to external pressure).

NOTE – To avoid confusion between severities expressed in terms of hours and life expectancy, the severities in IEC 68-2-17 are replaced by the actual time constant ranges, expressed in seconds, that correspond to the test conditions given here.

5.3.2 Selection of test parameters

Method 1: specimens NOT filled with helium during manufacture.

Standard severities and test conditions are summarized in table 8.

Procedure:

a) To determine or assess the internal cavity free volume V (see note 4) and to select the applicable range:

- from 0,01 cm³ to 0,1 cm³;
- from 0,1 cm³ to 1,0 cm³;
- from 1,0 cm³ to 10 cm³.

b) Knowing the volume enables the test engineer to determine (from previous experiments) or assess the maximum pressure (absolute value) the specimen is able to withstand without damage in the range 2 to 8×10^5 Pa (2 to 8 bars). This determines in turn the immersion duration.

c) The acceptable reading on leak rate meter is given in terms of helium leak rate $R_{(He)}$.

The table below lists the possibilities covering most application cases for semiconductor devices.

Recommended values are underlined.

Table 8

V (note 4) cm ³	Immersion		Measured leak rate $R_{(He)}$ 10 ⁵ Pa·cm ³ ·s ⁻¹ bar·cm ³ ·s ⁻¹	Equivalent standard leak rate L_1 10 ⁵ Pa·cm ³ ·s ⁻¹ bar·cm ³ ·s ⁻¹	Required sensitivity (gross leaks) L_2 10 ⁵ Pa·cm ³ ·s ⁻¹ bar·cm ³ ·s ⁻¹	Actual time constant θ s	Subsequent Qc method (gross leak test)
	P_{abs} 10 ⁵ Pa bar	t_i h 1,25					
0,01 to 0,1	<u>3</u> to <u>8</u>	<u>4</u> to <u>1,25</u>	<u>5×10^{-8}</u>	$4,0 \times 10^{-8}$ to $1,4 \times 10^{-7}$	$8,1 \times 10^{-6}$ to $1,1 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^5$ to $7,0 \times 10^5$	3 (Note 3)
0,1 to 1,0	<u>3</u> to <u>8</u>	<u>4</u> to <u>1,25</u>	<u>1×10^{-7}</u>	$1,8 \times 10^{-5}$ to $6,3 \times 10^{-7}$	$10,0 \times 10^{-5}$ to $1,3 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^5$ to $1,6 \times 10^6$	3 (Note 3)
1,0 to 10	<u>3</u> to <u>8</u>	<u>4</u> to <u>1,25</u>	<u>5×10^{-6}</u>	8×10^{-7} to $2,8 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-3}$ to $1,8 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^6$ to $1,6 \times 10^7$	2 or 3 (Note 3)

NOTES

- 1 Maximum ventilation time: 1 h.
- 2 The gross leak test shall be performed *after* the fine leak detection.
- 3 Recommended liquids for Test Qc method 3 are:
 - step 1: perfluoro-N-hexane;
 - step 2: perfluoro (1-methyldecaline).
- 4 The internal free volume is the cavity volume that can be, by design, filled with gas. Taking into account the selected ranges, a rough assessment of it is usually adequate.

5.4 Fuites franches, méthode de détection électronique des vapeurs de perfluorocarbone

5.4.1 Objet

Déterminer le taux de fuite d'un dispositif à semiconducteurs en mesurant la quantité de perfluorocarbone qui s'échappe du dispositif après que celui-ci a été immergé sous pression dans le liquide d'imprégnation.

Cette méthode est destinée à être spécifiée dans le cas de dispositifs conçus pour être encapsulés hermétiquement dans des boîtiers en verre, en métal, ou en céramique (ou utilisant une combinaison de ces matériaux); elle convient pour des taux de fuite normalisés équivalents supérieurs à 10^{-1} Pa.cm³/s (10^{-6} bar.cm³/s).

Cette méthode est une variante de l'essai Qc.

5.4.2 Description générale

Les dispositifs à semiconducteurs sont immergés sous pression dans des conditions spécifiées, puis retirés de l'enceinte à pression et placés dans une cellule chauffée. La cellule chauffée est connectée à un détecteur sensible au fluide d'imprégnation utilisé pendant le cycle de mise sous pression. Si le dispositif a des fuites, il contient du fluide qui se vaporise, et la vapeur est détectée par le matériel d'essai. La quantité de vapeur qui s'échappe par unité de temps indique le taux de fuite. Cet essai peut également être utilisé pour des sélections en bons et mauvais.

5.4.3 Matériel d'essai

5.4.3.1 Description

Le matériel pour cet essai comporte une enceinte à vide et à pression et un détecteur de vapeurs de perfluorocarbone capable de détecter la présence de 0,15 ml de fluide détecteur dans le volume de la cellule d'essai.

Le système nécessite un liquide d'imprégnation ayant une viscosité cinématique de l'ordre de $0,4 \times 10^{-6}$ m²/s⁻¹ (0,4 cSt) à la température ambiante habituelle, un point d'ébullition compris entre 75 °C et 85 °C et une faible chaleur de vaporisation au point d'ébullition de façon qu'il se vaporise rapidement dans le spécimen lorsqu'il est chauffé.

NOTE – Les liquides habituellement utilisés sont des perfluorocarbones, par exemple de l'éther perfluoro-dipropylique cyclique ou du perfluoro-N-hexane.

5.4.3.2 Précautions

Le matériel de détection des vapeurs de perfluorocarbone doit être placé à une distance minimale de 3 m de l'enceinte de mise sous pression.

5.4.4 Exécution

Placer les dispositifs dans une enceinte à vide et à pression et réduire la pression à une valeur comprise entre 500 Pa et 600 Pa, et la maintenir ainsi pendant 30 min à 45 min. Faire pénétrer dans l'enceinte une quantité de fluide d'imprégnation suffisante pour recouvrir les dispositifs. Il faut que le fluide soit introduit à la fin de la période de mise sous vide, mais avant de casser le vide. Mettre alors les dispositifs sous une pression comprise entre 500 kPa et 600 kPa. Maintenir la pression pendant 30 min à 45 min. Si les dispositifs ne peuvent pas supporter une pression de 500 kPa, on peut réduire la pression à 200 kPa au minimum et la maintenir pendant une durée de 2,5 h à 3 h. A la fin de la période de mise sous pression, décompresser l'enceinte, retirer les dispositifs de l'enceinte tout en les maintenant immergés dans le fluide d'imprégnation. Lorsque l'on retire les dispositifs du fluide, on peut les sécher à l'air avant de procéder aux mesures. Le temps de séchage ne doit pas dépasser 5 min.

5.4 Gross leak, perfluorocarbon vapour method using electronic detection apparatus

5.4.1 Object

To determine the leak rate of a semiconductor device by measuring the amount of perfluorocarbon escaping from the device after it has been pressurized in the impregnation liquid.

This method is intended to be specified for devices which are designed to be hermetically sealed in glass, metal, or ceramic (or combination thereof) encapsulations and is suitable for equivalent standard leak rates higher than 10^{-1} Pa·cm³/s (10^{-6} bar·cm³/s).

This method is a variant for the Qc test method.

5.4.2 General description

The semiconductor devices are pressurized at specified conditions, removed from the pressure chamber, and placed in a heated cell. The heated cell is connected to a detector that is sensitive to the impregnation fluid used for the pressurization cycle. If the device has leaks it will contain fluid that will vaporize, and the vapour is then detected by the test apparatus. The amount of vapour escaping per unit time is indicative of the leak rate. The test may also be used on a go/no-go basis for screening purposes.

5.4.3 Test apparatus

5.4.3.1 Description

Equipment for this test consists of a vacuum/pressure chamber and a perfluorocarbon vapour detector capable of detecting the presence of 0,15 ml of the detector fluid in the volume of the test cell.

The apparatus operates using an impregnation liquid having a kinematic viscosity of the order of $0,4 \times 10^{-6}$ m²/s⁻¹ (0,4 cSt) at room temperature, a boiling point between 75 °C and 85 °C and low heat of vaporization at boiling point so as to generate vapour quickly within the specimen when heated.

NOTE – Commonly used liquids are perfluorocarbons, for example, cyclic-perfluorodipropyl-ether or perfluoro-N-hexane.

5.4.3.2 Precautions

The perfluorocarbon vapour detection apparatus shall be located at a minimum distance of 3 m from the pressurization chamber.

5.4.4 Test method

The devices shall be enclosed in a vacuum/pressure chamber and the pressure reduced to 500 Pa to 600 Pa and maintained for 30 min to 45 min. A sufficient amount of impregnation fluid shall be admitted to the pressure chamber to cover the devices. The fluid shall be admitted after the vacuum period but before breaking the vacuum. The devices shall then be pressurized to 500 kPa to 600 kPa. The pressure shall be maintained for a period of 30 min to 45 min. If the devices will not withstand 500 kPa pressure, the pressure may be lowered to a minimum of 200 kPa and the pressure maintained for 2,5 h to 3 h. Upon completion of the pressurization period, the pressure shall be released, the devices removed from the pressure chamber and retained in a bath of impregnating fluid. When the devices are removed from the fluid they may be air dried prior to the test cycle. The drying time shall be limited to 5 min maximum.

Placer alors les dispositifs dans le système de détection de vapeurs de perfluorocarbone. La période de préchauffage, destinée à sécher les surfaces externes du dispositif, doit être conforme aux valeurs données dans le tableau 9. La durée minimale de l'essai doit être de 3,5 s, sauf si le dispositif a été rejeté précédemment. Les enceintes de préchauffage et d'essai doivent être à une température de $125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

Tableau 9

Volume libre interne du boîtier cm^3	Durée de préchauffage à $125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ s
$V \leq 0,010$	≤ 5
$0,010 < V < 0,4$	≤ 9
$V > 0,4$	≤ 13
NOTE – Le temps maximal de préchauffage peut être déterminé en soumettant au cycle d'essai un dispositif ayant un trou de 0,5 mm à 1,5 mm de diamètre et en mesurant le temps maximal de préchauffage qui peut être utilisé sans que le dispositif échappe à la détection des fuites.	

5.4.5 Exigences

Sauf spécification contraire, l'indication de la présence de 0,15 ml ou plus de fluide de détection perfluorocarboné dénote un défaut.

6 Brouillard salin

Référence: CEI 68-2-11.

Cet essai est conforme à l'essai Ka, avec les exigences spécifiques suivantes:

- durée de l'essai: 24 h,
- reprise: les composants sont *brossés légèrement* et nettoyés dans de l'eau courante ...;
- mesures finales, critères de défaillance:

mise en évidence de craquelures ou de trous à la fin de l'essai quand on observe avec un grossissement de $3\times$ à $10\times$.

7 Essai d'intermittence thermique

Référence: CEI 68-2-14.

Cet essai a pour objet de déterminer si le système d'interconnexions internes d'un dispositif à semiconducteurs est sujet à des défaillances intermittentes lorsqu'il est soumis à une variation lente de température. Cet essai est destiné en premier lieu aux dispositifs n'ayant pas de cavité interne. Il est conforme à l'essai Nb, avec les exigences spécifiques suivantes:

- l'enceinte d'essai doit permettre de connecter électriquement et de surveiller le ou les dispositifs en essai de façon à avoir accès à chaque borne;
- le cycle peut être exécuté en allant de la basse température spécifiée à la haute température spécifiée, ou vice versa;
- les conditions indiquées dans le tableau 10 doivent être appliquées.

The devices shall then be tested with the perfluorocarbon vapour detection system. The "preheat" time for drying the external surfaces of the device shall be in accordance with table 9. Test time shall be a minimum of 3,5 s unless the device is rejected earlier. The preheat and test chambers shall be at a temperature of $125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

Table 9

Package with internal free volume cm ³	Preheat time at $125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ s
$V \leq 0,010$	≤ 5
$0,010 < V < 0,4$	≤ 9
$V > 0,4$	≤ 13
NOTE – Maximum preheat time can be determined by cycling a device having a 0,5 mm to 1,5 mm hole and measuring the maximum preheat time that can be used without permitting the device to escape detection.	

5.4.5 Requirements

Unless otherwise specified, a device that indicates a perfluorocarbon level equal or greater than the level indicated by 0,15 ml of perfluorocarbon shall constitute a failure.

6 Salt mist

Reference: IEC 68-2-11.

This test shall be in accordance with Test Ka, with the following specific requirements:

- conditioning duration: 24 h;
- recovery: the component shall be *lightly brushed* and washed in running tap-water...;
- final measurements, failure criteria:
evidence of flaking or pitting in the finish, when viewed with 3× to 10× magnification.

7 Thermal intermittence test

Reference: IEC 68-2-14.

To determine whether the internal interconnection system of a semiconductor device is subject to intermittent failures when subjected to a slowly changing temperature. This test is primarily intended for devices having no internal cavity. It shall be in accordance with Test Nb, with the following specific requirements:

- the test chamber should include provision for electrical connection to, and monitoring of, device(s) under test with access to each device terminal;
- the cycle may be performed either from the specified low temperature to the specified high temperature, or conversely;
- the conditions indicated in table 10 shall apply.

Tableau 10

	Sévérité		
	A	B	C
Basse température T_A	$25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$	Température de fonctionnement minimale	Température de stockage minimale
Haute température T_B	$125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$	Température de fonctionnement maximale	Température de stockage maximale
Vitesse de variation de la température (moyenne pendant la période de variation de la température) (voir note)	3 °C maximum/minute		
Nombre de cycles	1/2 (c'est-à-dire de T_A à T_B ou de T_B à T_A)		
Durée d'exposition	$t_1 \geq 1\text{ min}$		

- pas de mesures initiales, pas de mesures finales;
- vérifications électriques pendant l'épreuve:

un exemple de circuit à détection parallèle est donné dans la figure 13; d'autres circuits (détection série, générateur à tension constante, etc.) peuvent être utilisés.

NOTE – Une variation de température plus rapide est acceptable à condition que la constante de temps et la vitesse de balayage du détecteur soient compatibles avec la vitesse de variation de la température.

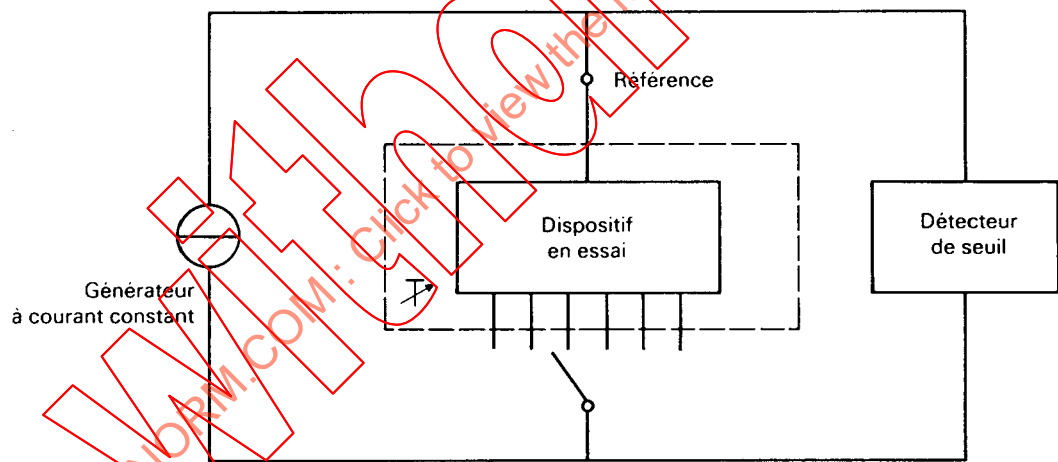


Figure 13

L'appareillage d'essai doit être capable de détecter et d'identifier le dispositif défaillant.

Le détecteur de seuil doit être réglé pour indiquer une défaillance lorsque la tension atteint la valeur spécifiée par la spécification particulière.

Par définition, un défaut est la constatation d'un circuit ouvert apparaissant à toute borne connectée au circuit interne ou d'un court-circuit entre deux conducteurs.

Après avoir porté la température du milieu ambiant à T_A ou T_B , les bornes du dispositif doivent être contrôlées au moins une fois tous les 3 °C quand on fait varier la température soit du minimum au maximum, soit du maximum au minimum (voir note ci-dessus).

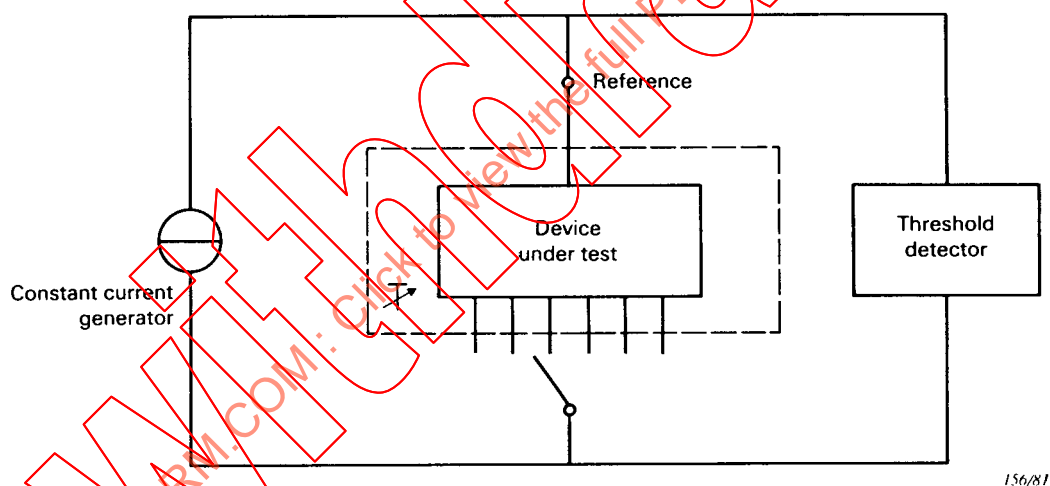
Table 10

	Severity		
	A	B	C
Low temperature T_A	$25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$	Minimum operating temperature	Minimum storage temperature
High temperature T_B	$125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$	Maximum operating temperature	Maximum storage temperature
Rate of change of temperature (average over the period of temperature change (see note))	3 °C maximum/minute		
Number of cycles	1/2 (that is, from T_A to T_B or T_B to T_A)		
Duration of exposure	$t_1 \geq 1\text{ min}$		

- no initial, no final measurements;
- electrical checks during conditioning:

an example of parallel detection circuit is given in figure 13; other circuits (series detection, constant voltage generator, etc.) are also permitted

NOTE – A faster change of temperature is acceptable provided that the time constant and the scanning rate of the detector are compatible with the rate of change of temperature.

**Figure 13**

The test apparatus should be capable of sensing and identifying a failed device.

The threshold detector should be set to indicate a failure at a voltage specified by the relevant specification.

A failure is defined by an evidence of open-circuit at any internally connected terminal or short-circuit between two leads.

After the initial change from room temperature to T_A or T_B , device terminals should be monitored at least once for each 3 °C change when the temperature is varied either from minimum to maximum or from maximum to minimum (see note above).

Les conditions d'essai utilisées pour vérifier la continuité de chaque sortie doivent être spécifiées de telle sorte que la dissipation de puissance soit minimale, afin que les températures de jonction et de boîtier soient approximativement égales à la température du milieu ambiant.

8 Mesure de la teneur en humidité interne par spectrométrie de masse

8.1 Objet

Cet essai destructif a pour objet de mesurer la teneur en humidité des gaz contenus dans un boîtier fermé hermétiquement.

8.2 Description générale

On place le boîtier à analyser dans un appareillage adéquat composé essentiellement d'une enceinte, où le boîtier sera percé, étroitement reliée à un spectromètre de masse.

Après avoir fait le vide dans l'enceinte, le boîtier est percé et son contenu gazeux est analysé pour déterminer sa teneur en vapeur d'eau.

8.3 Matériel d'essai

Les caractéristiques principales du matériel d'essai sont les suivantes.

8.3.1 La température de l'enceinte de perçage doit être stabilisée à $100\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Le passage reliant l'enceinte de perçage au spectromètre de masse, ainsi que la source d'ions et l'enceinte de l'analyseur doivent être maintenus en permanence à $125\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

8.3.2 La sensibilité de l'appareil doit être au moins dix fois supérieure à la valeur limite d'acceptation spécifiée pour le boîtier.

8.3.3 L'étalonnage du matériel doit être réalisé à la valeur limite d'humidité spécifiée ($\pm 20\%$) en utilisant un simulateur de boîtier ayant la possibilité de libérer au moins trois volumes différents de gaz avec une tolérance de $\pm 10\%$. La teneur en humidité doit être déterminée par les techniques normalisées de génération (c'est-à-dire la méthode de la double pression, des flux divisés ou la méthode cryogénique).

L'étalonnage du matériel doit être effectué:

- tous les jours, pour l'étalonnage des mesures du spectromètre;
- tous les ans pour le générateur d'humidité absolue (relié au simulateur) par rapport aux étalons nationaux.

8.3.4 Le fait de percer le boîtier ne doit pas modifier le contenu gazeux à analyser.

8.4 Préconditionnement

Il faut veiller à la propreté à toutes les étapes de l'essai. Les boîtiers à essayer doivent être soumis, dans l'ordre suivant, à:

- l'essai d'herméticité (voir article 7);
- un nettoyage (voir 10.8.3);
- un préchauffage de 12 h à 24 h, à 125 °C , sous un vide inférieur ou égal à 10 kPa ($0,1\text{ bar}$).