

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60749-25

Première édition
First edition
2003-07

**Dispositifs à semiconducteurs –
Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –**

**Partie 25:
Cycles de température**

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

**Part 25:
Temperature cycling**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60749-25:2003

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- **IEC Just Published**

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

- **Service clients**

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

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

- **IEC Just Published**

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

- **Customer Service Centre**

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60749-25

Première édition
First edition
2003-07

**Dispositifs à semiconducteurs –
Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –**

**Partie 25:
Cycles de température**

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

**Part 25:
Temperature cycling**

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application.....	8
2 Références normatives	8
3 Termes et définitions	8
4 Appareillage d'essai.....	12
5 Procédure.....	12
5.1 Mesures initiales.....	12
5.2 Conditionnement.....	12
5.3 Taux de cycles.....	14
5.3.1 Taux de cycles de composants	14
5.3.2 Taux de cycles d'interconnexions soudées.....	14
5.3.3 Températures maximales et minimales	14
5.4 Temps de trempage supérieurs et inférieurs	18
5.5 Températures de trempage supérieures et inférieures.....	18
5.6 Modes de trempage	18
5.6.1 Mode de trempage de composants	18
5.6.2 Mode de trempage d'interconnexions.....	18
5.7 Durée du cycle	18
5.8 Taux de rampe	20
5.8.1 Taux de rampe de composants.....	20
5.8.2 Taux de rampe d'interconnexions	20
5.9 Durée de transfert de charge	20
5.10 Reprise.....	20
5.11 Mesures finales	20
5.12 Critères de défaillance.....	22
6 Résumé	22
Figure 1 – Profil de température représentatif pour les conditions d'essai des cycles thermiques.....	24
Tableau 1 – Conditions d'essai des cycles de température.....	16
Tableau 2 – Conditions de mode de trempage.....	16
Tableau 3 – Fréquence type et mode de trempage pour conditions d'essai	18
Tableau 4 – Conditions d'essai recommandées pour cycles de température pour interconnexions soudées.....	20

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	9
4 Test apparatus	13
5 Procedure	13
5.1 Initial measurements	13
5.2 Conditioning	13
5.3 Cycle rates	15
5.4 Upper and lower soak times	19
5.5 Upper and lower soak temperatures	19
5.6 Soak modes	19
5.7 Cycle time	19
5.8 Ramp rate	21
5.9 Load transfer time	21
5.10 Recovery	21
5.11 Final measurements	21
5.12 Failure criteria	23
6 Summary	23
Figure 1 – Representative temperature profile for thermal cycle test conditions	25
Table 1 – Temperature cycling test conditions	17
Table 2 – Soak mode conditions	17
Table 3 – Typical frequency and soak mode for test conditions	19
Table 4 – Recommended test conditions for solder interconnection temperature cycling	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODES D'ESSAIS MÉCANIQUES ET CLIMATIQUES –

Partie 25: Cycles de température

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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques et des Guides, ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI". Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60749-25 a été établie par le comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

La présente norme annule et remplace l'IEC/PAS 62178 publié en 2000, Cette première édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/1696/FDIS	47/1706/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –****Part 25: Temperature cycling****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60749-25 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This standard cancels and replaces IEC/PAS 62178 published in 2000. This first edition constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
47/1696/FDIS	47/1706/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.

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

Cette méthode d'essais mécaniques et climatiques, relative aux changements de température, est le résultat d'une réécriture complète de l'essai contenu dans le Paragraphe 1.1 du Chapitre 3 de la CEI 60749.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-25:2003

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

This mechanical and climatic test method, as it relates to change of temperature, is a complete rewrite of the test contained in Subclause 1.1 of Chapter 3 of IEC 60749.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60749-25:2003

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODES D'ESSAIS MÉCANIQUES ET CLIMATIQUES –

Partie 25: Cycles de température

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60749 fournit une procédure d'essai pour déterminer la capacité des dispositifs à semiconducteurs et des composants et/ou des cartes équipées à résister aux contraintes mécaniques induites en alternant des extrêmes de hautes et basses températures. Des variations permanentes des caractéristiques électriques et/ou physiques peuvent résulter de ces contraintes mécaniques.

Cette méthode d'essais est, en général, en accord avec la CEI 60068-2-14, mais compte tenu des exigences spécifiques aux semiconducteurs, les articles de la présente norme s'appliquent.

La présente méthode d'essais s'applique aux cycles de température en chambre unique, double et triple et englobe les essais de composants et d'interconnexions soudées. Dans les cycles pour chambres uniques, la charge est placée dans une chambre en poste fixe et elle est chauffée ou refroidie en introduisant de l'air chaud, à température ambiante ou froid dans la chambre. Dans les cycles pour chambres doubles, la charge est placée sur une plate-forme mobile qui fait la navette entre les chambres en poste fixe maintenues à températures fixes. Dans les cycles de température en chambres triples, la charge est déplacée entre les trois chambres.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60068-2-14:1984, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai N: Variations de température*

3 Termes et définitions

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

3.1

charge

échantillon(s) et fixation(s) associée(s) (plateaux, bâtis, etc.) dans la chambre pendant l'essai

3.2

zone de travail

volume dans la ou les chambres dans lesquelles la température de la charge est contrôlée dans les conditions spécifiées

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 25: Temperature cycling

1 Scope

This part of IEC 60749 provides a test procedure for determining the ability of semiconductor devices and components and/or board assemblies to withstand mechanical stresses induced by alternating high and low temperature extremes. Permanent changes in electrical and/or physical characteristics can result from these mechanical stresses.

This test method is in general accord with IEC 60068-2-14 but, due to specific requirements of semiconductors, the clauses of this standard apply.

This test method applies to single, dual and triple chamber temperature cycling and covers component and solder interconnection testing. In single chamber cycling, the load is placed in a stationary chamber and is heated or cooled by introducing hot, ambient or cold air into the chamber. In dual chamber cycling, the load is placed on a moving platform that shuttles between stationary chambers maintained at fixed temperatures. In triple chamber temperature cycling, the load is moved between the three chambers.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-2-14:1984, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*

3 Terms and definitions

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

3.1 load

sample(s) and associated fixtures (trays, racks, etc.) in the chamber during the test

3.2 working zone

volume in the chamber(s) in which the temperature of the load is controlled within the specified conditions

3.3

température d'échantillons

T_s

température des échantillons pendant les cycles de température, mesurés par des thermocouples ou un appareillage de mesure de température équivalent, fixés à leurs corps ou incorporés dans ces derniers

NOTE Le thermocouple ou l'appareillage de mesure de température équivalent, et, quelle que soit la méthode de fixation ou la méthode d'encastrement utilisée, doivent assurer que la masse entière du ou des échantillons atteint les extrêmes de température et les prescriptions de trempage.

3.4

température maximale de l'échantillon

$T_{s,max}$

température maximale rencontrée par le ou les échantillons, mesurée par les thermocouples (voir 3.3)

3.5

température minimale de l'échantillon

$T_{s,min}$

température minimale rencontrée par le ou les échantillons, mesurée par les thermocouples (voir 3.3)

3.6

durée de transfert de charge

temps nécessaire pour transférer physiquement la charge d'une chambre de température et l'introduire dans l'autre

NOTE Le transfert de charge s'applique aux cycles pour chambres doubles et triples.

3.7

charge maximale

charge la plus grande qui peut être placée dans la chambre et satisfait encore aux prescriptions de cycles de température spécifiés tels qu'elles sont vérifiées par les thermocouples (voir 3.3)

3.8

différentiel de température d'échantillons

ΔT

différence entre la $T_{s,max}$ spécifiée et la $T_{s,min}$ spécifiée pour la condition d'essai de cycles de température (voir Tableau 1)

3.9

temps de trempage

durée totale où la température de l'échantillon se situe dans une plage spécifiée de chaque $T_{s,max}$ spécifiée et $T_{s,min}$ spécifiée

NOTE Cette plage est définie comme le temps où T_s est comprise entre -5 °C et soit $+10\text{ °C}$, soit $+15\text{ °C}$ (en fonction de la tolérance des conditions d'essai) de la $T_{s,max}$ spécifiée pour l'extrémité supérieure du cycle et le temps où T_s est comprise entre $+5\text{ °C}$ et -10 °C de la $T_{s,min}$ spécifiée pour l'extrémité inférieure du cycle.

3.10

température de trempage

plage de températures comprise entre -5 °C et soit $+10\text{ °C}$, soit $+15\text{ °C}$ (en fonction de la tolérance des conditions d'essai) de la $T_{s,max}$ spécifiée et entre $+5\text{ °C}$ et -10 °C de la $T_{s,min}$ spécifiée

3.11

durée du cycle

durée entre une extrême de haute température et la suivante, ou d'une extrême de basse température et la suivante

NOTE Pour un échantillon donné, voir la Figure 1.

3.3

sample temperature

T_s

temperature of the samples during temperature cycling, as measured by thermocouples, or equivalent temperature measurement apparatus, affixed to, or imbedded in, their bodies

NOTE The thermocouple, or equivalent temperature measurement apparatus, and whichever attachment or embedding method is used, ensure that the entire mass of the sample(s) reaches the temperature extremes and the soak requirements.

3.4

maximum sample temperature

$T_{s,max}$

maximum temperature experienced by the sample(s) as measured by thermocouples (see 3.3)

3.5

minimum sample temperature

$T_{s,min}$

minimum temperature experienced by the sample(s) as measured by thermocouples (see 3.3)

3.6

load transfer time

time taken to physically transfer the load from one temperature chamber and introduce it into the other

NOTE Load transfer applies to dual and triple chamber cycling.

3.7

maximum load

largest load that can be placed in the chamber and still meet the specified temperature cycling requirements as verified by thermocouples (see 3.3)

3.8

sample temperature differential

ΔT

difference between specified $T_{s,max}$ and specified $T_{s,min}$ for the temperature cycling test condition (see Table 1)

3.9

soak time

total time the sample temperature is within a specified range of each specified $T_{s,max}$ and specified $T_{s,min}$

NOTE This range is defined as the time T_s is at between $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and either $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dependent on the test condition tolerance) of specified $T_{s,max}$ for the upper end of the cycle and the time T_s is at between $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ of specified $T_{s,min}$ for the lower end of the cycle.

3.10

soak temperature

temperature range that is between $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and either $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dependent on the test condition tolerance) of specified $T_{s,max}$ and between $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ of specified $T_{s,min}$

3.11

cycle time

time between one high temperature extreme to the next, or from one low temperature extreme to the next

NOTE For a given sample, see Figure 1.

3.12

taux de rampe

taux d'augmentation ou de diminution de la température par unité de temps pour le ou les échantillons

NOTE 1 Il convient de mesurer le taux de rampe pour la portion linéaire de la courbe du profil, qui est généralement dans la plage comprise entre 10 % et 90 % de la plage de températures de la condition d'essai (voir les points a) et b) dans la Figure 1).

NOTE 2 Le taux de rampe peut être dépendant de la charge et il convient de le vérifier pour la charge en essai.

3.13

conditions d'essai

diverses options de gammes de cycles de température énumérées dans le Tableau 1

3.14

mode de trempage

temps minimal de trempage à la température de trempage (maximale) et pendant le temps de trempage (minimal). Chaque condition d'essai aura quatre modes de trempage possibles. Ces modes de trempage sont énumérés dans le Tableau 2. Le mode de trempage sélectionné dépend du mécanisme de défaillance concerné

4 Appareillage d'essai

La ou les chambres utilisées doivent être capables de fournir et de contrôler les températures et le rythme des cycles spécifiés dans la ou les zones de travail, lorsque la chambre est chargée à l'aide d'une charge maximale. La conduction de chaleur directe à l'échantillon ou aux échantillons doit être minimisée. La capacité de chaque chambre à atteindre les exigences de température d'échantillon doit être vérifiée au travers de chaque chambre pour une charge donnée par l'une des méthodes ou bien les deux méthodes suivantes:

- a) Etalonnage périodique utilisant des parties instrumentées et une charge maximale, et surveillance en continu au cours de chaque essai de telles mesures de température à thermocouple avec outils fixes adaptés pour assurer la reproductibilité série-à-série.
- b) Surveillance en continu pendant chaque essai d'une partie instrumentée ou des parties placées aux emplacements des températures les plus défavorables (par exemple, cela peut être les coins et le milieu de la charge).

5 Procédure

5.1 Mesures initiales

L'éprouvette doit être visuellement contrôlée et vérifiée électriquement et mécaniquement, comme le prescrit la spécification applicable.

5.2 Conditionnement

- a) L'éprouvette doit être soumise à l'essai dans l'état non emballé, sans charge ou dans l'état hors-circuit, sauf spécification contraire dans la spécification applicable.
- b) L'éprouvette en essai, lorsqu'elle est à la température ambiante du laboratoire, doit être placée dans la chambre, dont l'atmosphère est à la température ambiante appropriée, basse température $T_{s,min}$ ou température haute $T_{s,max}$.
- c) Selon que la chambre est à la température ambiante ou à l'une des températures extrêmes, l'éprouvette doit être soumise à (ou maintenue à) la température basse/haute durant la période appropriée.
- d) L'éprouvette doit, ensuite, être soumise à la température ambiante du laboratoire pendant la période appropriée.

3.12

ramp rate

rate of temperature increase or decrease per unit of time for the sample(s)

NOTE 1 Ramp rate should be measured for the linear portion of the profile curve, which is generally in the range of between 10 % and 90 % of the test condition temperature range (see points a) and b) in Figure 1).

NOTE 2 Ramp rate can be load dependent and should be verified for the load being tested.

3.13

test conditions

various temperature cycle range options listed in Table 1

3.14

soak mode

minimum soak time at soak temperature (maximum) and soak time (minimum). Each test condition will have four possible soak modes. These soak modes are listed in Table 2. The soak mode selected is dependent on the failure mechanism of interest.

4 Test apparatus

The chamber(s) used shall be capable of providing and controlling the specified temperatures and cycling time in the working zone(s), when the chamber is loaded with a maximum load. Direct heat conduction to sample(s) shall be minimized. The capability of each chamber achieving the sample temperature requirements shall be verified across each chamber for a given load by one or both of the following methods:

- a) Periodic calibration using instrumented parts and a maximum load, and continual monitoring during each test of such fixed tool thermocouple temperature measurement(s) as adequate to ensure run-to-run repeatability.
- b) Continual monitoring during each test of an instrumented part or parts placed at worst-case temperature locations (for example, this may be the corners and middle of the load).

5 Procedure

5.1 Initial measurements

The specimen shall be visually inspected and electrically and mechanically checked, as required by the relevant specification.

5.2 Conditioning

- a) The specimen shall be subjected to the test in the unpacked condition, without load or in the switched-off condition, unless otherwise specified by the relevant specification.
- b) The specimen under test, while being at the ambient temperature of the laboratory, shall be placed in the chamber, the atmosphere of which is at the appropriate ambient, low temperature $T_{s,min}$ or high temperature $T_{s,max}$.
- c) Depending on whether the chamber is at ambient or one of the temperature extremes, the specimen shall be subjected to (or maintained at) the low/high temperature for the appropriate period.
- d) The specimen shall then be subjected to the ambient temperature of the laboratory for the appropriate period.

- e) L'éprouvette doit, ensuite, être soumise à une atmosphère à la température haute $T_{s,max}$ ou basse $T_{s,min}$ appropriée.
- f) L'éprouvette doit être maintenue à la condition de haute/basse température pour la période appropriée.
- g) A la fin de cette période, l'éprouvette doit être soumise à la température ambiante du laboratoire pour la période appropriée.
- h) Cette procédure constitue un cycle (voir Figure 1).
- i) A la fin du dernier cycle, l'éprouvette doit être retirée de la chambre et être soumise à la procédure de reprise.

5.3 Taux de cycles

Les taux de cycles nominaux dépendent du mode de trempage sélectionné.

5.3.1 Taux de cycles de composants

Les taux de cycles de température au niveau des composants types sont dans la plage comprise entre 1 et 3 cycles par heure. Les mécanismes de défaillance types comprennent, sans s'y limiter, la fatigue (telle que la fatigue du circuit métallique) et le décollement interlaminaire. Pour certains mécanismes de défaillance, telle que l'intégrité du soudage en boule, des taux plus rapides, >3 cycles par heure, peuvent être utilisés si les chambres de cycles de température sont en mesure de satisfaire aux prescriptions $T_{s,min}$ et $T_{s,max}$ et de trempage pour la condition d'essai donnée.

5.3.2 Taux de cycles d'interconnexions soudées

Les taux de cycles d'interconnexions soudées types sont plus lents, dans la gamme de 1 à 2 cycles par heure, lorsque les évaluations de fatigue de liaison de soudure sont réalisées. Celles-ci comprennent les boîtiers à puces à surépaisseur, à réseaux à billes et les boîtiers superposés avec des interconnexions soudées. La fréquence de cycles et le temps de trempage sont plus importants pour les interconnexions soudées.

5.3.3 Températures maximales et minimales

Les températures d'échantillons minimales et maximales mesurées doivent se situer dans la plage indiquée au Tableau 1 pour la condition d'essai spécifique utilisée et la ΔT nominale doit au moins être atteinte.

- e) The specimen shall then be subjected to the atmosphere at the appropriate high temperature $T_{s,max}$ or low temperature $T_{s,min}$.
- f) The specimen shall be maintained at the high/low temperature condition for the appropriate period.
- g) At the end of this period, the specimen shall be subjected to the ambient temperature of the laboratory for the appropriate period.
- h) This procedure constitutes one cycle (see Figure 1).
- i) At the end of the last cycle, the specimen shall be removed from the chamber and be subjected to the recovery procedure.

5.3 Cycle rates

Nominal cycle rates are dependent on the soak mode selected.

5.3.1 Component cycle rates

Typical component level temperature cycle rates are in the range of 1 to 3 cycles per hour. Typical failure mechanisms include, but are not limited to, fatigue (such as metal circuit fatigue) and delamination. For certain failure mechanisms, such as ball bond integrity, faster rates, >3 cycles per hour can be used if the temperature cycling chambers are capable of meeting the $T_{s,min}$ and $T_{s,max}$ and soak requirements for the given test condition.

5.3.2 Solder interconnect cycle rates

Typical solder interconnect cycle rates are slower, in the range of 1 to 2 cycles per hour, when solder joint fatigue evaluations are performed. These include flip chip, ball grid array and stacked packages with solder interconnections. Cycle frequency and soak time is more significant for solder interconnections.

5.3.3 Maximum and minimum temperature

The maximum and minimum sample temperatures measured shall be within the range stated in Table 1 for the specific test condition being used and the nominal ΔT shall be at least attained.

Tableau 1 – Conditions d'essai des cycles de température

Condition d'essai ^a	$T_{s, \min}$ °C	$T_{s, \max}$ °C
A	-55 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+85 $\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$
B	-55 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+125 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
C	-65 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+150 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
G	-40 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+125 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
H	-55 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+150 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
I	-40 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+115 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
J	-0 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+100 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
K	-0 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+125 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
L	-55 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+110 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
M	-40 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+150 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
N	-30 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+80 $\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$
O	-25 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+125 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
P	-65 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	+125 $\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$

NOTE Les conditions d'essai de cycles de température différentes du Tableau 1 peuvent être utilisées. Il convient, toutefois, que les conditions d'essai répondent aux recommandations de trempage, de cycles par heure et de taux de rampe pour le mécanisme de défaillance en essai. Il est recommandé que ces conditions soient documentées comme l'indique l'Article 6, point f).

^a **ATTENTION** Il convient de prendre des précautions lors de la sélection de la condition d'essai, étant donné que:

- 1) la prescription de $T_{s, \max}$ pour une condition d'essai spécifique peut dépasser la température de transition vitreuse de certains matériaux de boîtiers qui peuvent induire des mécanismes de défaillance que l'on ne voit normalement pas pendant les conditions d'application de conception sur le site, et
- 2) le coefficient des différences de dilatation thermique sur la plage de températures en conditions d'essai peut produire une défaillance prématurée des trous métallisés dans la carte d'essai, limitant ainsi la capacité d'affichage électrique pour les parties en essai;
- 3) les conditions d'essai qui dépassent 125 °C pour la $T_{s, \max}$ ne sont pas recommandées pour les compositions de soudures Pb/Sn.

Tableau 2 – Conditions de mode de trempage

Mode de trempage	Temps de trempage minimal à la température de trempage (maximale) et température de trempage (minimale) min
1	1
2	5
3	10
4	15

NOTE Des modes de trempage différents du Tableau 2 peuvent être utilisés. Cependant, il convient que les conditions d'essai soient appropriées pour le mécanisme de défaillance en essai. Il est recommandé que ces conditions soient documentées comme indiqué à l'Article 6, point f).

Table 1 – Temperature cycling test conditions

Test condition ^a	$T_{s,min}$ °C	$T_{s,max}$ °C
A	$-55 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+85 \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$
B	$-55 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+125 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
C	$-65 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+150 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
G	$-40 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+125 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
H	$-55 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+150 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
I	$-40 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+115 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
J	$-0 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+100 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
K	$-0 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+125 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
L	$-55 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+110 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
M	$-40 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+150 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
N	$-30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+80 \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$
O	$-25 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+125 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$
P	$-65 \begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$	$+125 \begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$

NOTE Temperature cycling test conditions different from Table 1 can be used. However, test conditions should meet the soak, cycles per hour and ramp rate recommendations for the failure mechanism being tested. These conditions should be documented as indicated in Clause 6, point f).

^a **CAUTION** Care should be taken when selecting test conditions since:

- 1) the $T_{s,max}$ requirement for a specific test condition may exceed the glass transition temperature of some package materials which may induce failure mechanisms not normally seen during design application conditions in the field; and
- 2) coefficient of thermal expansion differences over the test condition temperature range can produce premature failure of plated through holes in the test board, thus limiting electrical readout capability for the parts on test;
- 3) test conditions that exceed 125 °C for $T_{s,max}$ are not recommended to Pb/Sn solder compositions.

Table 2 – Soak mode conditions

Soak mode	Minimum soak time at soak temperature (maximum) and soak temperature (minimum) min
1	1
2	5
3	10
4	15

NOTE Soak modes different from Table 2 can be used. However, test conditions should be appropriate for the failure mechanism being tested. These conditions should be documented as indicated in Clause 6, point f).

5.4 Temps de trempage supérieurs et inférieurs

Les temps de trempage supérieurs et inférieurs varient selon le mode de trempage sélectionné; voir le Tableau 2. Pendant ce temps de trempage, l'éprouvette doit atteindre les $T_{S,max}$ ou $T_{S,min}$ prescrites.

5.5 Températures de trempage supérieures et inférieures

Les températures de trempage supérieures et inférieures varient selon la condition d'essai sélectionnée, voir le Tableau 1.

5.6 Modes de trempage

Les modes de trempage sont énumérés au Tableau 2. Les modes de trempage à temps de trempage plus longs que ceux présentés dans le Tableau 2 ne sont pas compatibles avec les taux de cycles normalisés et il convient de les sélectionner uniquement si nécessaire pour un mécanisme de défaillance spécifique.

5.6.1 Mode de trempage de composants

Dans les cycles de température de composants, le mode de trempage 1 est généralement utilisé.

5.6.2 Mode de trempage d'interconnexions

Les modes de trempage 2, 3 et 4 sont généralement utilisés pour les essais de fatigue et de fluage de soudure associés aux interconnexions telles que les soudures à puces à surépaisseur ou bien réseau à billes.

5.7 Durée du cycle

Les durées de cycles varient en fonction du mode de trempage sélectionné. Le Tableau 3 énumère les taux de cycles types pour composants par rapport aux conditions d'essai et au mode de trempage. Pour des interconnexions soudées, les temps de cycles inférieurs à 30 min ne sont pas recommandés.

Tableau 3 – Fréquence type et mode de trempage pour conditions d'essai

Condition	Cycles types t_h	Mode de trempage type
A	2 – 3	1 et 2
B	2 – 3	1 et 2
C	1 – 3	1 et 2
G	1 – 2	1, 2, 3 et 4
H	2 – 3	1 et 2
I	1 – 2	1, 2, 3 et 4
J	1 – 3	1, 2, 3 et 4
K	1 – 3	1, 2, 3 et 4
L	1 – 3	1, 2, 3 et 4
M	1 – 3	1, 2, 3 et 4
N	1 – 3	1, 2, 3 et 4
O	1 – 3	1, 2, 3 et 4
P	1 – 3	1, 2, 3 et 4

5.4 Upper and lower soak times

Upper and lower soak times vary by the soak mode selected; see Table 2. During this soak time, the specimen shall reach the required $T_{s,max}$ and $T_{s,min}$.

5.5 Upper and lower soak temperatures

Upper and lower soak temperatures vary with the test condition selected; see Table 1.

5.6 Soak modes

Soak modes are listed in Table 2. Soak modes with longer soak times than those shown in Table 2 are not compatible with standard cycle rates and should be selected only as required for a specific failure mechanism.

5.6.1 Component soak mode

In component temperature cycling, soak mode 1 is typically used.

5.6.2 Interconnect soak mode

Soak modes 2, 3 and 4 are generally used for solder fatigue and creep testing associated with interconnections such as flip chip or ball grid array solder joints.

5.7 Cycle time

Cycle times vary with the soak mode selected. Table 3 lists typical cycle rates for components versus test condition and soak mode. For solder interconnections, cycle times less than 30 min are not recommended.

Table 3 – Typical frequency and soak mode for test conditions

Condition	Typical cycles h	Typical soak mode
A	2 – 3	1 and 2
B	2 – 3	1 and 2
C	1 – 3	1 and 2
G	1 – 2	1, 2, 3 and 4
H	2 – 3	1 and 2
I	1 – 2	1, 2, 3 and 4
J	1 – 3	1, 2, 3 and 4
K	1 – 3	1, 2, 3 and 4
L	1 – 3	1, 2, 3 and 4
M	1 – 3	1, 2, 3 and 4
N	1 – 3	1, 2, 3 and 4
O	1 – 3	1, 2, 3 and 4
P	1 – 3	1, 2, 3 and 4

5.8 Taux de rampe

5.8.1 Taux de rampe de composants

Le taux de rampe n'est pas critique pour la plupart des essais de composants.

5.8.2 Taux de rampe d'interconnexions

Lors des essais d'interconnexions concernant la fatigue de liaison de soudure, il importe d'éviter les gradients thermiques transitoires dans les échantillons en essai. Les échantillons à grande masse thermique et faible rendement d'échange thermique nécessitent des taux de rampe suffisamment lents pour compenser la masse thermique. Il convient que la température de l'échantillon soit à quelques degrés de la température ambiante pendant les rampes de température. Le taux de rampe type pour cette situation est de 15 °C/min ou moins pour toute portion du cycle, avec un taux préférentiel compris entre 10 °C et 14 °C/min. Pour les échantillons de grande masse thermique, l'utilisation d'une chambre à zone unique peut être prescrite pour atteindre le taux de rampe le meilleur. Pour des échantillons sans contrainte de masse thermique, le taux de rampe peut être plus rapide et il est possible d'utiliser les chambres doubles. Les prescriptions d'essai types pour les interconnexions soudées sont énumérées dans le Tableau 4. La combinaison du taux de rampe et du temps de trempage est importante lors des essais d'interconnexions soudées.

Tableau 4 – Conditions d'essai recommandées pour cycles de température pour interconnexions soudées

Condition d'essai ^a	Mode de trempage	Taux de rampe °C/min	Taux de cycles Cycles par heure
G,I,J,K,L,N,O,P	2	Dépendant de la masse thermique	2
G,I,J,K,L,N,O,P	3	Dépendant de la masse thermique	≤2
G,I,J,K,L,N,O,P	4	Dépendant de la masse thermique	<1
^a ATTENTION Il convient de prendre des précautions lors de la sélection des conditions d'essai, étant donné que la $T_{s,min}$ peut provoquer des craquelures des trous métallisés des cartes à câblage imprimé et/ou leur câblage, inhibant ainsi les affichages électriques associés aux interconnexions soudées en essai.			

5.9 Durée de transfert de charge

Pour les chambres double et triple, il est recommandé que la durée de transfert de charge soit inférieure à 1 min, afin de maintenir un profil de température uniforme à travers la charge. Pour les chambres uniques, il convient que le temps de changement de l'air d'une température extrême à une autre soit inférieur à 5 min. Cela inclut l'introduction de l'air ambiant, le cas échéant.

5.10 Reprise

- A la fin de la période de conditionnement, l'éprouvette doit être soumise aux conditions atmosphériques normales pour la reprise pendant une période adaptée à la réalisation de la stabilité de la température.
- La spécification applicable peut être demandée pendant une période de reprise spécifique pour un type donné d'éprouvette.

5.11 Mesures finales

L'éprouvette doit être visuellement contrôlée et vérifiée électriquement et mécaniquement, comme le prescrit la spécification applicable.