

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60749-17

Première édition
First edition
2003-02

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

**Partie 17:
Irradiation aux neutrons**

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

**Part 17:
Neutron irradiation**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60749-17:2003

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) 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 (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60749-17

Première édition
First edition
2003-02

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

**Partie 17:
Irradiation aux neutrons**

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

**Part 17:
Neutron irradiation**

© 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 Varembé, 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

F

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 17: Irradiation aux neutrons

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60749-17 a été établie par le comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/1668/FDIS	47/1686/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –****Part 17: Neutron irradiation**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60749-17 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47/1668/FDIS	47/1686/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

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

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.

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

Partie 17: Irradiation aux neutrons

1 Domaine d'application et objet

L'essai d'irradiation aux neutrons est réalisé pour déterminer la sensibilité à la dégradation des dispositifs à semiconducteurs placés dans un environnement de neutrons. Les essais décrits ici sont applicables aux circuits intégrés et aux dispositifs à semiconducteurs. Cet essai est destiné aux applications des domaines militaire et spatial. Il s'agit d'un essai destructif.

Les objectifs de l'essai sont les suivants:

- a) détecter et mesurer la dégradation des paramètres critiques des dispositifs à semiconducteurs en fonction de la fluence des neutrons, et
- b) déterminer si des paramètres spécifiés des dispositifs à semiconducteurs sont dans les limites spécifiées après exposition à un niveau spécifié de fluence de neutrons (voir Article 4).

2 Appareillage d'essai

2.1 Appareils de mesure pour les essais

Les appareils de mesure à utiliser pour l'essai aux rayonnements doivent être des appareils d'essais électroniques de laboratoires normalisés comme les alimentations, les voltmètres numériques et les pico-ampèremètres, etc., capables de mesurer les paramètres électriques exigés.

2.2 Source de rayonnements

La source de rayonnements utilisée dans cet essai doit être un réacteur pulsé.

2.3 Equipement dosimétrique

- a) Feuilles d'activation de seuil à neutrons rapides comme ^{32}S , ^{54}Fe et ^{58}Ni .
- b) Dosimètres thermoluminescents (TLD) CaF_2 .
- c) Equipement de comptage de feuilles d'activation et de lecture de TLD approprié.

2.4 Mesures dosimétriques

2.4.1 Fluences des neutrons

La fluence des neutrons utilisée pour l'irradiation des dispositifs doit être obtenue en mesurant la quantité de radioactivité induite dans une feuille d'activation de seuil à neutrons rapides telle que ^{32}S , ^{54}Fe ou ^{58}Ni , irradiée simultanément avec l'appareil.

Une méthode normalisée doit être utilisée pour convertir la radioactivité mesurée dans la feuille d'activation spécifique employée en fluence à neutrons. La conversion de la radioactivité de la feuille en fluence de neutrons exige une connaissance du spectre des neutrons incident sur la feuille. Si le spectre n'est pas connu, il doit être déterminé en utilisant une norme nationale reconnue ou équivalente.

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 17: Neutron irradiation

1 Scope and object

The neutron irradiation test is performed to determine the susceptibility of semiconductor devices to degradation in the neutron environment. The tests described herein are applicable to integrated circuits and discrete semiconductor devices. This test is intended for military- and space-related applications. It is a destructive test.

The objectives of the test are as follows:

- a) to detect and measure the degradation of critical semiconductor device parameters as a function of neutron fluence, and
- b) to determine if specified semiconductor device parameters are within specified limits after exposure to a specified level of neutron fluence (see Clause 4).

2 Test apparatus

2.1 Test instruments

Test instrumentation to be used in the radiation test shall be standard laboratory electronic test instruments such as power supplies, digital voltmeters, and pico-ammmeters, etc., capable of measuring the electrical parameters required.

2.2 Radiation source

The radiation source used in the test shall be in a pulsed reactor.

2.3 Dosimetry equipment

- a) Fast-neutron threshold activation foils such as ^{32}S , ^{54}Fe , and ^{58}Ni .
- b) CaF_2 thermoluminescence dosimeters (TLDs).
- c) Appropriate activation foil counting and TLD readout equipment.

2.4 Dosimetry measurements

2.4.1 Neutron fluences

The neutron fluence used for device irradiation shall be obtained by measuring the amount of radioactivity induced in a fast-neutron threshold activation foil such as ^{32}S , ^{54}Fe , or ^{58}Ni , irradiated simultaneously with the device.

A standard method for converting the measured radioactivity in the specific activation foil employed into a neutron fluence shall be used. The conversion of the foil radioactivity into a neutron fluence requires a knowledge of the neutron spectrum incident on the foil. If the spectrum is not known, it shall be determined by use of a recognised national standard or equivalent.

Une fois le spectre d'énergie de neutrons déterminé et la fluence monoénergétique équivalente calculée, il convient d'utiliser une feuille de contrôle appropriée (^{32}S , ^{54}Fe ou ^{58}Ni) dans les irradiations suivantes pour déterminer la fluence des neutrons. Ainsi, la fluence de neutrons est décrite en termes de fluence monoénergétique de neutrons équivalente par réponse de contrôle d'unité. Utiliser une feuille de contrôle pour prédire la fluence monoénergétique des neutrons équivalente n'est valable que si le spectre d'énergie reste constant.

2.4.2 Mesures de dose

Si des mesures de la dose absorbée de la composante de rayons gamma au cours des irradiations des dispositifs d'essai sont nécessaires, alors de telles mesures doivent être réalisées avec des dosimètres thermoluminescents CaF_2 (TLD), ou leur équivalent. Ces TLD doivent être utilisés conformément aux recommandations des normes nationales reconnues ou de leurs équivalents.

3 Procédure

3.1 Exigences de sécurité

Les dispositifs irradiés par des neutrons peuvent être radioactifs. La manipulation et le stockage des spécimens d'essai ou de l'équipement soumis aux environnements de rayonnements doivent être réglés par les procédures établies par l'inspecteur de la sécurité des rayonnements ou le physicien de la santé local.

3.2 Echantillons d'essai

Un échantillon d'essai doit être choisi de manière aléatoire et se compose d'au moins 10 dispositifs, sauf spécification contraire. Tous les dispositifs échantillons doivent avoir rempli toutes les exigences de la spécification applicable pour ces dispositifs. Chaque dispositif doit entrer dans une série pour permettre l'identification avant et après les essais et la comparaison.

3.3 Pré-exposition

3.3.1 Essais électriques

Les essais électriques avant exposition doivent être réalisés sur chaque dispositif comme exigé. Lorsque des limites de paramètres delta sont spécifiées, les données avant exposition doivent être enregistrées.

3.3.2 Montage pour l'exposition

Chaque dispositif doit être monté sans polarisation et avoir toutes ses connexions de bornes fermées en court-circuit ou ouvertes. Pour les dispositifs MOS ou tout microcircuit contenant un élément MOS, toutes les connexions doivent être mises en court-circuit. Une fixation de montage appropriée qui recevra l'échantillon et les dosimètres exigés (au moins une feuille d'activation et un TLD CaF_2) doivent être utilisés. La configuration de la fixation de montage dépendra du type de l'installation de réacteur utilisé et il convient qu'elle soit discutée avec le personnel de l'installation de réacteur. Les dispositifs d'essai doivent être montés de telle manière que la variation totale de fluence sur l'ensemble de l'échantillon ne dépasse pas 20 pour-cent. Le personnel de l'installation de réacteur doit déterminer à la fois la position de la fixation et le niveau d'impulsions approprié nécessaire pour obtenir le niveau de fluence de neutrons spécifié.

Once the neutron energy spectrum has been determined and the equivalent monoenergetic fluence calculated, then an appropriate monitor foil (such as ^{32}S , ^{54}Fe , or ^{58}Ni) should be used in subsequent irradiations to determine the neutron fluence. Thus, the neutron fluence is described in terms of the equivalent monoenergetic neutron fluence per unit monitor response. Use of a monitor foil to predict the equivalent monoenergetic neutron fluence is valid only if the energy spectrum remains constant.

2.4.2 Dose measurements

If absorbed dose measurements of the gamma-ray component during the device test irradiations are required, then such measurements shall be made with CaF_2 thermoluminescence dosimeters (TLDs), or their equivalent. These TLDs shall be used in accordance with the recommendations of recognised national standards or their equivalent.

3 Procedure

3.1 Safety requirements

Neutron irradiated devices may be radioactive. Handling and storage of test specimens or equipment subjected to radiation environments shall be governed by the procedures established by the local Radiation Safety Officer or Health Physicist.

3.2 Test samples

A test sample shall be randomly selected and consist of a minimum of 10 devices, unless otherwise specified. All sample devices shall have met all the requirements of the relevant specification for that device. Each device shall be serialised to enable pre- and post-test identification and comparison.

3.3 Pre-exposure

3.3.1 Electrical tests

Pre-exposure electrical tests shall be performed on each device as required. Where delta parameter limits are specified, the pre-exposure data shall be recorded.

3.3.2 Exposure set-up

Each device shall be mounted unbiased and have its terminal leads either all shorted or all open. For MOS devices or any microcircuit containing an MOS element, all leads shall be shorted. An appropriate mounting fixture which will accommodate both the sample and the required dosimeters (at least one actuation foil and one CaF_2 TLD) shall be used. The configuration of the mounting fixture will depend on the type of reactor facility used and should be discussed with the reactor facility personnel. Test devices shall be mounted in such a way that the total variation of fluence over the entire sample does not exceed 20 percent. Reactor facility personnel shall determine both the position of the fixture and the appropriate pulse level required to achieve the specified neutron fluence level.

3.4 Exposition

Les dispositifs d'essai et les dosimètres doivent être exposés à la fluence de neutrons comme spécifié. Si des expositions multiples sont nécessaires, les essais électriques après rayonnements doivent être réalisés (voir 3.5.1) après chaque exposition. Un nouveau jeu de dosimètres est nécessaire pour chaque niveau d'exposition. Les effets des neutrons étant cumulatifs, chaque exposition complémentaire devra être déterminée pour donner la fluence accumulée totale spécifiée. Toutes les expositions doivent être réalisées à $20\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ et être corrélées à une fluence équivalente de 1 MeV comme décrit en 2.4.1.

3.5 Post-exposition

3.5.1 Essais électriques

Les unités d'essai doivent être retirées uniquement après autorisation du physicien de santé de l'installation d'essai. Il faut maintenir la température des dispositifs échantillons à $20\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ à partir du moment de l'exposition jusqu'à la réalisation des essais post-électriques. Les essais électriques post-exposition tels que spécifiés doivent être réalisés dans les 24 h qui suivent la fin de l'exposition. Si le niveau de radioactivité résiduelle est trop élevé pour une manipulation en toute sécurité – ce niveau devant être déterminé par l'inspecteur de la sécurité de rayonnements –, l'intervalle de temps avant la réalisation des mesures électriques après essai peut être prolongé à une semaine. Comme alternative, des dispositions peuvent être prises pour des essais à distance. Il faut enregistrer toutes les données exigées pour chaque dispositif après chaque exposition.

3.5.2 Investigation d'anomalie

Les dispositifs qui présentent un comportement anormal défini antérieurement (par exemple dégradation non linéaire de $1/\beta$) doivent être soumis à l'analyse des défaillances.

3.6 Rapport

Au minimum, le rapport doit comporter le numéro de type, le numéro de série, le fabricant, la spécification de contrôle, le code date et les autres numéros d'identification fournis par le fabricant. Chaque fiche technique doit indiquer la date d'essais de rayonnements, les conditions d'essais électriques, les niveaux d'exposition aux rayonnements, les conditions ambiantes ainsi que les données d'essai. Lorsque des circuits d'essais électriques autres que ceux spécifiés sont utilisés, les circuits de mesure des paramètres doivent accompagner les données. Tout incident imprévu au cours de l'essai doit être expliqué en détail dans les notes des données.

4 Résumé

Les détails suivants doivent être indiqués dans la demande d'essai ou, si cela est applicable, dans la spécification applicable:

- a) types de dispositifs (voir 3.6);
- b) quantités de chaque type de dispositifs à soumettre aux essais, si différentes de celles spécifiées en 3.2;
- c) paramètres électriques à mesurer dans les essais avant et après exposition (voir 3.3.1 et 3.5.1);
- d) critères d'essai réussi, d'échec, d'actions d'enregistrement sur les dispositifs soumis aux essais (voir 3.3.1, 3.5.1 et 3.6);
- e) critères pour la désignation du comportement d'anomalie (voir 3.5.2);
- f) niveaux d'exposition aux rayonnements (voir 3.4);
- g) exigences pour les appareils d'essai (voir article 2);

3.4 Exposure

The test devices and dosimeters shall be exposed to the neutron fluence as specified. If multiple exposures are required, the post-radiation electrical tests shall be performed (see 3.5.1) after each exposure. A new set of dosimeters is required for each exposure level. Since the effects of neutrons are cumulative, each additional exposure will have to be determined to give the specified total accumulated fluence. All exposures shall be made at $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and shall be correlated to a 1 MeV equivalent fluence, as described in 2.4.1.

3.5 Post-exposure

3.5.1 Electrical tests

Test items shall be removed only after clearance has been obtained from the Health Physicist at the test facility. The temperature of the sample devices must be maintained at $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ from the time of the exposure until the post-electrical tests are made. The post-exposure electrical tests as specified shall be made within 24 h after the completion of the exposure. If the residual radioactivity level is too high for safe handling – this level to be determined by the local Radiation Safety Officer –, the elapsed time before post-test electrical measurements are made may be extended to 1 week. Alternatively, provisions may be made for remote testing. All required data must be recorded for each device after each exposure.

3.5.2 Anomaly investigation

Devices which exhibit previously defined anomalous behaviour (e.g., non-linear degradation of $1/\beta$) shall be subjected to failure analysis.

3.6 Reporting

As a minimum, the report shall include the device type number, serial number, manufacturer, controlling specification, the date code and other identifying numbers given by the manufacturer. Each data sheet shall include radiation test date, electrical test conditions, radiation exposure levels, ambient conditions as well as the test data. Where other than specified electrical test circuits are employed, the parameter measurement circuits shall accompany the data. Any anomalous incidents during the test shall be fully explained in footnotes to the data.

4 Summary

The following details shall be specified in the request for test or, when applicable, the relevant specification:

- a) device types (see 3.6);
- b) quantities of each device type to be tested, if other than specified in 3.2;
- c) electrical parameters to be measured in pre- and post-exposure tests (see 3.3.1 and 3.5.1);
- d) criteria for pass, fail, record actions on tested devices (see 3.3.1, 3.5.1 and 3.6);
- e) criteria for anomalous behaviour designation (see 3.5.2);
- f) radiation exposure levels (see 3.4);
- g) test instrument requirements (see clause 2);