

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1215**

Première édition
First edition
1993-04

**Modules photovoltaïques (PV) au silicium
cristallin pour application terrestre –
Qualification de la conception et homologation**

**Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV)
modules –
Design qualification and type approval**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1215: 1993

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications 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.

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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

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 in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1215**

Première édition
First edition
1993-04

**Modules photovoltaïques (PV) au silicium
cristallin pour application terrestre –
Qualification de la conception et homologation**

**Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV)
modules –
Design qualification and type approval**

© CEI 1993 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

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Echantillon	10
4 Marquage	10
5 Essais	10
6 Conditions d'acceptation	12
7 Défauts visuels majeurs	12
8 Rapport d'essai	12
9 Modifications	12
10 Procédures d'essai	18
10.1 Examen visuel	18
10.2 Performance à STC	18
10.3 Essai d'isolement	20
10.4 Mesure des coefficients de température	20
10.5 Mesure de la température nominale d'utilisation des cellules (NOCT)	22
10.6 Performance à NOCT	40
10.7 Performance sous faible éclairage	42
10.8 Essai d'exposition en site naturel	42
10.9 Essai de tenue à l'échauffement localisé	44
10.10 Essai UV	54
10.11 Essai de cycles thermiques	56
10.12 Essai humidité-gel	58
10.13 Essai continu de chaleur humide	64
10.14 Essai de robustesse des sorties	64
10.15 Essai de vrillage	68
10.16 Essai de charge mécanique	68
10.17 Essai à la grêle	70
Tableaux:	
1 – Résumé des niveaux d'essai	16
2 – Masses des billes de glace et vitesses d'essai	72
3 – Localisation des impacts	74

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	9
3 Sampling	11
4 Marking	11
5 Testing	11
6 Pass criteria	13
7 Major visual defects	13
8 Report	13
9 Modifications	13
10 Test procedures	19
10.1 Visual inspection	19
10.2 Performance at STC	19
10.3 Insulation test	21
10.4 Measurement of temperature coefficients	21
10.5 Measurement of nominal operating cell temperature (NOCT)	23
10.6 Performance at NOCT	41
10.7 Performance at low irradiance	43
10.8 Outdoor exposure test	43
10.9 Hot-spot endurance test	45
10.10 UV test	55
10.11 Thermal cycling test	57
10.12 Humidity-freeze test	59
10.13 Damp-heat test	65
10.14 Robustness of terminations test	65
10.15 Twist test	69
10.16 Mechanical load test	69
10.17 Hail test	71
Tables:	
1 – Summary of test levels	17
2 – Ice-ball masses and test velocities	73
3 – Impact locations	75

Figures:

1 – Séquence d'essais de qualification	14
2 – Facteur de correction de NOCT	36
3 – Plaque de référence	38
4 – Mesure de la NOCT par la méthode de la plaque de référence	38
5 – Facteur de correction du vent	40
6 – Effet d'un échauffement localisé sur une cellule de type A	46
7 – Caractéristiques inverses	46
8 – Effet d'un échauffement localisé sur une cellule de type B	48
9 – Cas SP: Connexion en série-parallèle	50
10 – Cas SPS: Connexion en série-parallèle-série	50
11 – Essai de cycle thermique	56
12 – Cycle humidité-gel	60
13 – Equipement pour l'essai de tenue à la grêle	72
14 – Localisation des points d'impact	76

Withdrawing

Figures:

1 – Qualification test sequence	15
2 – NOCT correction factor	37
3 – Reference plate	39
4 – NOCT measurement by reference-plate method	39
5 – Wind-correction factor	41
6 – Hot-spot effect in type A cell	47
7 – Reverse characteristics	47
8 – Hot-spot effect in type B cell	49
9 – Case SP: Series-parallel connection	51
10 – Case SPS: Series-parallel-series connection	51
11 – Thermal cycling test	57
12 – Humidity-freeze cycle	61
13 – Hail-test equipment	73
14 – Impact locations illustrated	77

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) AU SILICIUM CRISTALLIN POUR APPLICATION TERRESTRE – QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET HOMOLOGATION

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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La Norme internationale CEI 1215 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote	DIS	Rapports de vote
82(BC)16	82(BC)28	82(BC)31	82(BC)50
82(BC)23	82(BC)40	82(BC)32	82(BC)51
82(BC)24	82(BC)41	82(BC)35	82(BC)60
82(BC)26	82(BC)43	82(BC)36	82(BC)61
82(BC)27	82(BC)44	82(BC)37	82(BC)62
		82(BC)45	82(BC)63
		82(BC)46	82(BC)64
		82(BC)47	82(BC)65
		82(BC)48	82(BC)66
		82(BC)53	82(BC)69
		82(BC)56	82(BC)71

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CRYSTALLINE SILICON TERRESTRIAL PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES – DESIGN QUALIFICATION AND TYPE APPROVAL

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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use 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.

International Standard IEC 1215 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

Six Months' Rule	Reports on Voting	DIS	Reports on Voting
82(CO)16	82(CO)28	82(CO)31	82(CO)50
82(CO)23	82(CO)40	82(CO)32	82(CO)51
82(CO)24	82(CO)41	82(CO)35	82(CO)60
82(CO)26	82(CO)43	82(CO)36	82(CO)61
82(CO)27	82(CO)44	82(CO)37	82(CO)62
		82(CO)45	82(CO)63
		82(CO)46	82(CO)64
		82(CO)47	82(CO)65
		82(CO)48	82(CO)66
		82(CO)53	82(CO)69
		82(CO)56	82(CO)71

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

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) AU SILICIUM CRISTALLIN POUR APPLICATION TERRESTRE – QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET HOMOLOGATION

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale donne les exigences de la CEI sur la qualification de la conception et l'homologation de modules photovoltaïques pour application terrestre et pour une utilisation de longue durée dans les climats généraux d'air libre, définis dans la CEI 721-2-1. Elle s'applique uniquement aux modules au silicium cristallin. Les normes pour les modules à couche mince et pour d'autres conditions d'environnement, telles que les conditions marines ou à l'équateur, sont à l'étude.

Elle ne s'applique pas aux modules utilisés avec concentrateurs.

L'objet de cette séquence d'essais est de déterminer les caractéristiques électriques et thermiques du module et de montrer autant que possible avec des contraintes de coût et de temps raisonnables, que le module est apte à supporter une exposition prolongée aux climats définis dans le domaine d'application. L'espérance de vie réelle des modules ainsi qualifiés dépendra de leur conception ainsi que de l'environnement et des conditions dans lesquels ils fonctionneront.

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 la présente 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 la présente 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 – Première partie: Généralités et guide*

CEI 68-2-3: 1969, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essai Ca: Essai continu de chaleur humide*

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

CEI 410: 1973, *Plans et règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs*

CEI 721-2-1: 1982, *Classification des conditions d'environnement – Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Température et humidité*

CEI 891: 1987, *Procédures pour la correction en fonction de la température et de l'éclairement à appliquer aux caractéristiques I-V mesurées des dispositifs photovoltaïques au silicium cristallin*
Amendement n° 1 (1992)

CEI 904-1: 1987, *Dispositifs photovoltaïques – Première partie: Mesures des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

CRYSTALLINE SILICON TERRESTRIAL PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES – DESIGN QUALIFICATION AND TYPE APPROVAL

1 Scope and object

This International Standard lays down IEC requirements for the design qualification and type approval of terrestrial photovoltaic modules suitable for long-term operation in general open-air climates, as defined in IEC 721-2-1. It applies only to crystalline silicon types. Standards for thin-film modules and other environments, such as marine or equator conditions, are under consideration.

This standard does not apply to modules used with concentrators.

The object of this test sequence is to determine the electrical and thermal characteristics of the module and to show, as far as is possible within reasonable constraints of cost and time, that the module is capable of withstanding prolonged exposure in climates described in the scope. The actual lifetime expectancy of modules so qualified will depend on their design, their environment and the conditions under which they are operated.

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: 1969, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ca: Damp heat, steady state*

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

IEC 410: 1973, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

IEC 721-2-1: 1982, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Temperature and humidity*

IEC 891: 1987, *Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic (PV) devices*

Amendment No. 1 (1992)

IEC 904-1: 1987, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurements of photovoltaic current-voltage characteristics*

CEI 904-3: 1989, *Dispositifs photovoltaïques – Troisième partie: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

QC 001002: 1986, *Règles de procédure du Système CEI d'assurance de la qualité des composants électroniques (IECQ)*
Amendement n° 1 (1992)

3 Echantillon

Huit modules pour les essais de qualification (plus le nombre de modules de rechange désiré) doivent être prélevés au hasard parmi un ou plusieurs lots de production, conformément à la procédure indiquée dans la norme CEI 410. Les modules doivent avoir été fabriqués à partir de matériaux et de composants spécifiés, conformément aux schémas et aux procédures de fabrication correspondants et doivent avoir été soumis à l'inspection normale du fabricant et aux procédures du contrôle de la qualité et de l'acceptation de la production. Les modules doivent être dans leur intégrité, jusqu'au moindre détail, et doivent être accompagnés des instructions de manipulation, de montage et de raccordement fournies par le fabricant, incluant la tension maximale permise du système.

Si les modules à essayer sont des prototypes d'une nouvelle conception mais non issus d'une production la mention doit en être faite dans le rapport d'essai (voir article 8).

4 Marquage

Chaque module doit porter clairement et de manière indélébile les indications suivantes:

- nom, monogramme ou symbole du fabricant;
- type ou numéro du modèle;
- numéro de série;
- polarité des bornes de sorties ou des conducteurs (un code de couleur est autorisé);
- tension maximum de système pour lequel le module est adéquat.

La date et le lieu de fabrication doivent être marqués sur le module ou déductibles à partir du numéro de série.

5 Essais

Les modules doivent être répartis en groupes et soumis aux séquences d'essais de qualification de la figure 1, les essais étant effectués dans l'ordre établi. Chaque case fait référence au paragraphe correspondant de cette norme. Les sévérités et la procédure de l'essai en question incluant les mesures initiales et finales si nécessaires, sont détaillées à l'article 10.

NOTE – Quand les mesures finales d'un essai servent comme mesures initiales pour l'essai suivant dans la séquence, elles n'ont pas besoin d'être répétées. Dans ces cas, les mesures initiales sont omises de l'essai.

En effectuant les essais, l'opérateur doit observer scrupuleusement les instructions de manipulation, de montage et de raccordement préconisées par le fabricant. L'essai du paragraphe 10.4 peut être omis si les coefficients de température α et β sont déjà connus.

Les conditions des essais sont résumées au tableau 1.

IEC 904-3: 1989, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

QC 001002: 1986, *Rules of Procedure of the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ)*
Amendment No. 1 (1992)

3 Sampling

Eight modules for qualification testing (plus spares as desired) shall be taken at random from a production batch or batches, in accordance with the procedure given in IEC 410. The modules shall have been manufactured from specified materials and components in accordance with the relevant drawings and process sheets and have been subjected to the manufacturer's normal inspection, quality control and production acceptance procedures. The modules shall be complete in every detail and shall be accompanied by the manufacturer's handling, mounting and connection instructions, including the maximum permissible system voltage.

When the modules to be tested are prototypes of a new design and not from production, this fact shall be noted in the test report (see clause 8).

4 Marking

Each module shall carry the following clear and indelible markings:

- name, monogram or symbol of manufacturer;
- type or model number;
- serial number;
- polarity of terminals or leads (colour coding is permissible);
- maximum system voltage for which the module is suitable.

The date and place of manufacture shall be marked on the module or be traceable from the serial number.

5 Testing

The modules shall be divided into groups and subjected to the qualification test sequences in figure 1, carried out in the order laid down. Each box refers to the corresponding subclause in this standard. Test procedures and severities, including initial and final measurements where necessary, are detailed in clause 10.

NOTE – Where the final measurements for one test serve as the initial measurements for the next test in the sequence, they need not be repeated. In these cases, the initial measurements are omitted from the test.

In carrying out the tests, the tester shall strictly observe the manufacturer's handling, mounting and connection instructions. Test given in 10.4 may be omitted if the temperature coefficients α and β are already known.

Test conditions are summarized in table 1.

6 Conditions d'acceptation

Une conception de module doit être jugée satisfaisant aux essais de qualification et, par conséquent, d'un type approuvé par la CEI si chaque échantillon en essai remplit tous les critères suivants:

- a) la dégradation de la puissance maximale fournie dans les conditions d'essais normalisées (STC) n'excède ni la limite prescrite après chaque essai, ni 8 % après chaque séquence d'essais;
- b) aucun échantillon n'a présenté de circuit ouvert ou de défaut de masse pendant les essais;
- c) il n'y a pas de défaut visuel majeur évident, comme ceux définis à l'article 7;
- d) les exigences de l'essai d'isolement sont remplies après les essais.

Si deux modules ou plus ne remplissent pas ces critères, on doit considérer que la conception ne répond pas aux exigences de la qualification. Si un seul module est défectueux au cours d'un essai, deux autres modules remplissant les exigences de l'article 3 seront soumis à l'intégralité, depuis le début, de la séquence d'essais correspondante. Si un ou les deux modules sont également défectueux, on considérera que la conception ne répond pas aux exigences de la qualification. Si, cependant, les deux modules subissent avec succès la séquence d'essais, on considérera que la conception répond aux exigences de la qualification.

7 Défauts visuels majeurs

Pour l'appréciation de la qualification de la conception et l'homologation d'un type, chacun des défauts suivants est considéré comme un défaut visuel majeur:

- a) surfaces externes déchirées, fissurées ou cassées;
- b) dans une cellule une fêlure dont la propagation peut isoler plus de 10 % de la surface de la cellule du circuit électrique du module;
- c) bulles, ou une délamination formant un chemin continu entre toute partie du circuit électrique et le bord du module;
- d) perte de l'intégrité mécanique entraînant une détérioration de l'isolement et/ou du fonctionnement du module.

8 Rapport d'essai

Pour l'homologation de type, un rapport certifié des essais de qualification, incluant les résultats de mesure des caractéristiques de performance ainsi que les détails de chaque défaut et essai de reprise, sera préparé par le laboratoire d'essais conformément à la procédure IECQ QC 001002. Une copie de ce rapport sera destinée au fabricant pour être utilisée en tant que référence.

9 Modifications

Tout changement dans la conception, les matériaux, les composants ou la fabrication du module nécessite la répétition d'une partie ou de tous les essais de qualification afin de conserver l'homologation du type.

6 Pass criteria

A module design shall be judged to have passed the qualification tests, and therefore to be IEC type approved, if each test sample meets all the following criteria:

- a) the degradation of maximum output power at standard test conditions (STC) does not exceed the prescribed limit after each test nor 8 % after each test sequence;
- b) no sample has exhibited any open-circuit or ground fault during the tests;
- c) there is no visual evidence of a major defect, as defined in clause 7;
- d) the insulation test requirements are met after the tests.

If two or more modules do not meet these test criteria, the design shall be deemed not to have met the qualification requirements. Should one module fail any test, another two modules meeting the requirements of clause 3 shall be subjected to the whole of the relevant test sequence from the beginning. If one or both of these modules also fail, the design shall be deemed not to have met the qualification requirements. If, however, both modules pass the test sequence, the design shall be judged to have met the qualification requirements.

7 Major visual defects

For the purposes of design qualification and type approval, the following are considered to be major visual defects:

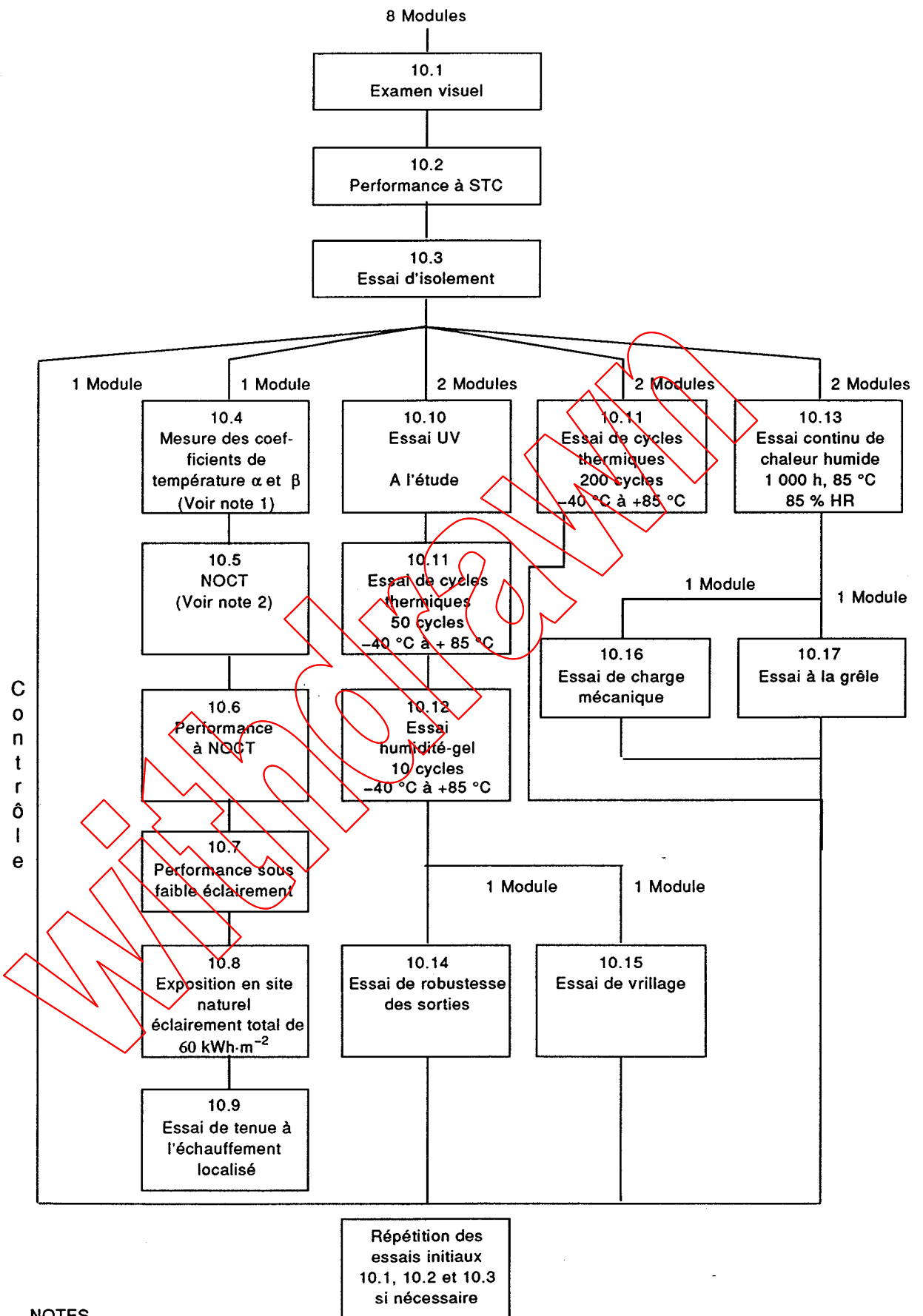
- a) broken, cracked, bent, misaligned or torn external surfaces;
- b) a crack in a cell whose propagation could remove more than 10 % of that cell's area from the electrical circuit of the module;
- c) bubbles or delamination forming a continuous path between any part of the electrical circuit and the edge of the module;
- d) loss of mechanical integrity, to the extent that the installation and/or operation of the module would be impaired.

8 Report

Following type approval, a certified report of the qualification tests, with measured performance characteristics and details of any failures and re-tests, shall be prepared by the test agency in accordance with IECQ procedure QC 001002. A copy of this report shall be kept by the manufacturer for reference purposes.

9 Modifications

Any change in the design, materials, components or processing of the module may require a repetition of some or all of the qualification tests to maintain type approval.

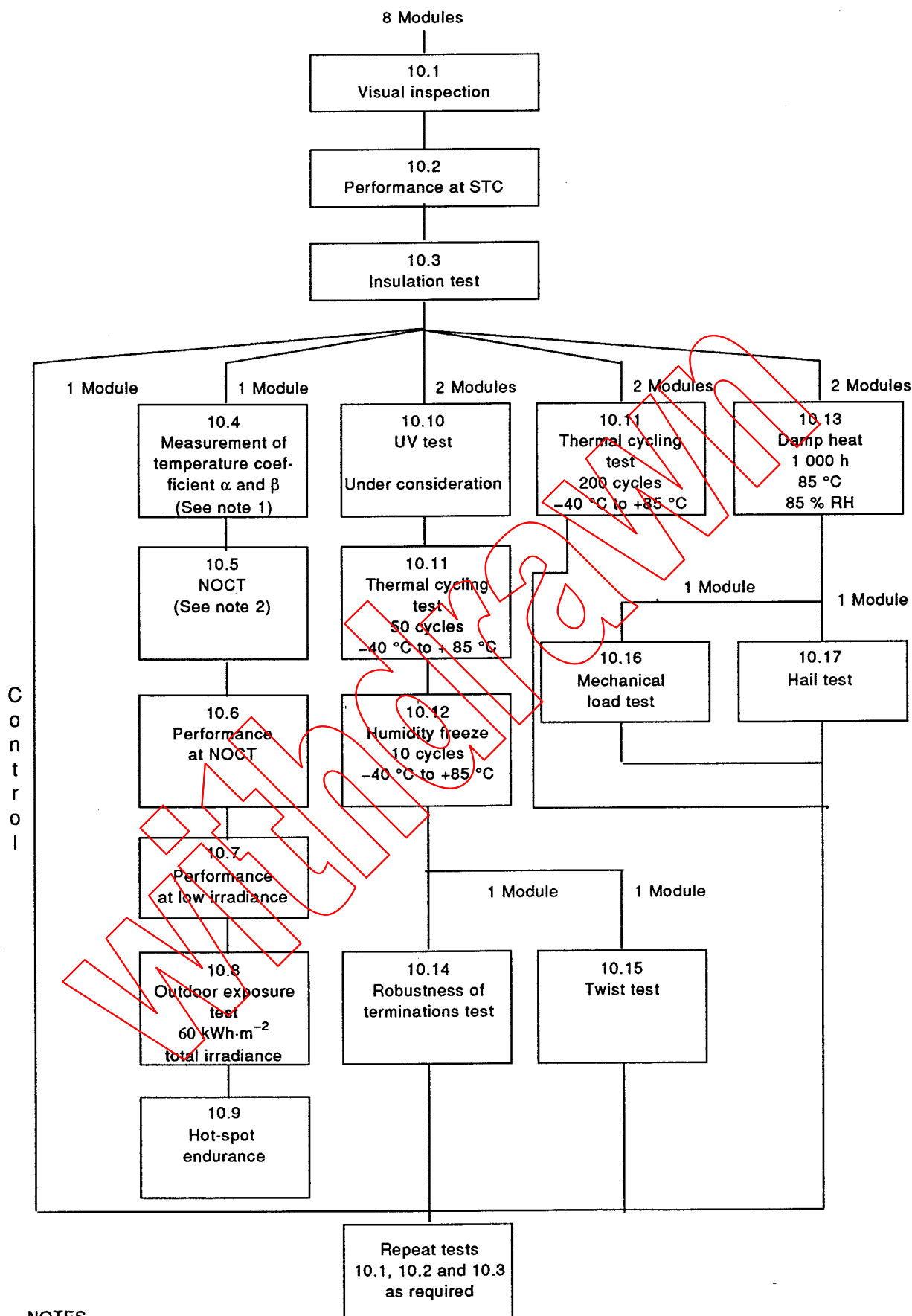


NOTES

1 Peut être supprimé si α et β sont déjà connus.

2 Dans le cas de modules non conçus pour un montage sur une structure dégagée, la valeur de NOCT peut être remplacée par la température moyenne de jonction de cellule, à l'équilibre dans les conditions de l'environnement de référence normalisée, le module étant monté conformément aux recommandations du fabricant.

Figure 1 – Séquence d'essais de qualification



NOTES

1 May be omitted if α and β are already known.

2 In the case of modules not designed for open-rack mounting, the NOCT may be replaced by the equilibrium mean solar cell junction temperature in the standard reference environment, with the module mounted as recommended by the manufacturer.

Figure 1 – Qualification test sequence

Tableau 1 – Résumé des niveaux d'essai

Essai	Titre	Conditions d'essai
10.1	Examen visuel	Voir la liste détaillée pour examen en 10.1.2
10.2	Performance à STC	Température de cellule: 25 °C; éclairement: 1 000 W·m ⁻² avec répartition spectrale d'éclairement solaire de référence selon la CEI 904-3
10.3	Essai d'isolement	1 000 V c.c. + deux fois la tension du système à STC pendant 1 min. Résistance d'isolement pas inférieure à 50 MΩ à 500 V c.c.
10.4	Mesure des coefficients de température	Voir détail en 10.4
10.5	Mesure de NOCT	Eclairement solaire total 800 W·m ⁻² Température ambiante: 20 °C Vitesse du vent: 1 m·s ⁻¹
10.6	Performance à NOCT	Température de cellule NOCT Eclairement: 800 W·m ⁻² avec répartition spectrale d'éclairement solaire de référence selon la CEI 904-3
10.7	Performance sous faible éclairement	Température de cellule: 25 °C Eclairement: 200 W·m ⁻² avec répartition spectrale d'éclairement solaire de référence selon la CEI 904-3
10.8	Essai d'exposition en site naturel	Exposition énergétique totale: 60 kWh·m ⁻²
10.9	Essai de tenue à l'échauffement localisé	Cinq expositions de 1 h à un éclairement de 1 000 W·m ⁻² dans le pire des cas d'échauffement localisé
10.10	Essai UV	A l'étude
10.11	Essai de cycles thermiques	50 et 200 cycles de -40 °C à +85 °C
10.12	Essai humidité gel	10 cycles de +85 °C, 85 % HR à -40 °C
10.13	Essai continu de chaleur humide	1 000 h à +85 °C, 85 % HR
10.14	Essai de robustesse des sorties	Selon CEI 68-2-21
10.15	Essai de vrillage	Angle de déformation: 1,2°
10.16	Essai de charge mécanique	Deux cycles de charge uniforme de 2 400 Pa appliquée pendant 1 h successivement à la face avant puis arrière
10.17	Essai de grêle	Bille de glace de 25 mm lancée à 23 m·s ⁻¹ , dirigée sur 11 points d'impact

Table 1 – Summary of test levels

Test	Title	Test conditions
10.1	Visual inspection	See detailed inspection list in 10.1.2
10.2	Performance at STC	Cell temperature: 25 °C; irradiance: 1 000 W·m ⁻² with IEC 904-3 reference solar spectral irradiance distribution
10.3	Insulation test	1 000 V d.c. + twice the open-circuit voltage of the system at STC for 1 min. Insulation resistance not less than 50 MΩ at 500 V d.c.
10.4	Measurement of temperature coefficients	See detail in 10.4
10.5	Measurement of NOCT	Total solar irradiance: 800 W·m ⁻² Ambient temperature: 20 °C Wind speed: 1 m·s ⁻¹
10.6	Performance at NOCT	Cell temperature: NOCT Irradiance: 800 W·m ⁻² with IEC 904-3 reference solar spectral irradiance distribution
10.7	Performance at low irradiance	Cell temperature: 25 °C Irradiance: 200 W·m ⁻² with IEC 904-3 reference solar spectral irradiance distribution
10.8	Outdoor exposure test	60 kWh·m ⁻² total solar irradiation
10.9	Hot-spot endurance test	Five 1-h exposures to 1 000 W·m ⁻² irradiance in worst-case hot-spot condition
10.10	UV test	Under consideration
10.11	Thermal cycling test	50 and 200 cycles from -40 °C to +85 °C
10.12	Humidity freeze test	10 cycles from +85 °C, 85 % RH to -40 °C
10.13	Damp heat test	1 000 h at +85 °C, 85 % RH
10.14	Robustness of terminations test	As in IEC 68-2-21
10.15	Twist test	Deformation angle: 1,2°
10.16	Mechanical load test	Two cycles of 2 400 Pa uniform load, applied for 1 h to front and back surfaces in turn
10.17	Hail test	25 mm diameter ice ball at 23,0 m·s ⁻¹ , directed at 11 impact locations

10 Procédures d'essai

10.1 Examen visuel

10.1.1 Objet

L'objet de cette séquence de test est de détecter tout défaut visible du module.

10.1.2 Procédure

Chaque module est examiné avec soin avec un éclairage supérieur ou égal à 1 000 lux pour les conditions suivantes:

- surfaces extérieures cassées, fêlées, vrillées, désalignées ou déchirées;
- cellules cassées;
- cellules fêlées;
- interconnexions ou jonctions défectueuses;
- cellules touchant d'autres cellules ou le cadre;
- défauts de collage;
- bulles ou délamination formant un chemin continu entre une cellule et le bord du module;
- surfaces collantes au toucher des matériaux plastiques;
- connexions défectueuses, parties électriques actives exposées;
- toute autre condition qui pourrait affecter les performances.

Un relevé ou une photographie doit être fait sur la nature ou la position des fêlures, bulles ou délamination, etc. qui peuvent s'aggraver et affecter défavorablement la performance du module lors des essais qui suivent.

10.1.3 Exigences

Des conditions d'aspect autres que les défauts visuels majeurs décrits dans l'article 7 sont acceptables dans le but de l'homologation.

10.2 Performance à STC

10.2.1 Objet

L'objet de cet essai est de déterminer comment les performances électriques du module varient avec la charge dans les conditions d'essais normalisées STC (température de cellule: $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, éclairage: $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$), en utilisant un éclairage solaire naturel ou un simulateur de classe A conformes aux exigences de la CEI 904-3.

10.2.2 Procédure

Déterminer les caractéristiques courant-tension du module dans les STC selon la CEI 904-1. Si nécessaire, corriger la température et l'éclairage selon la CEI 891.

10 Test procedures

10.1 Visual inspection

10.1.1 Purpose

To detect any visual defects in the module.

10.1.2 Procedure

Carefully inspect each module under an illumination of not less than 1 000 lux for the following conditions:

- cracked, bent, misaligned or torn external surfaces;
- broken cells;
- cracked cells;
- faulty interconnections or joints;
- cells touching one another or the frame;
- failure of adhesive bonds;
- bubbles or delamination forming a continuous path between a cell and the edge of the module;
- tacky surfaces of plastic materials;
- faulty terminations, exposed live electrical parts;
- any other conditions which may affect performance.

Make note of and/or photograph the nature and position of any cracks, bubbles or delamination, etc. which may worsen and adversely affect the module performance in subsequent tests.

10.1.3 Requirements

Visual conditions other than the major visual defects listed in clause 7 are acceptable for the purposes of type approval.

10.2 Performance at STC

10.2.1 Purpose

To determine how the electrical performance of the module varies with load at STC (cell temperature: $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, irradiance: $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) using natural sunlight or a class A simulator conforming to the requirements of IEC 904-3.

10.2.2 Procedure

Determine the current-voltage characteristic of the module at STC, in accordance with IEC 904-1. When necessary, make temperature and irradiance corrections in accordance with IEC 891.

10.3 Essai d'isolement

10.3.1 Objet

Cet essai a pour but de déterminer si le module est ou non suffisamment isolé, entre les éléments conducteurs et le châssis.

10.3.2 Conditions d'essai

L'essai doit être effectué sur les modules à la température ambiante de l'atmosphère environnante (voir la CEI 68-1) et à une humidité relative n'excédant pas 75 %.

10.3.3 Procédure d'essai

- a) Les connexions de sortie du module sont mises en court-circuit et connectées au pôle positif d'un dispositif de mesure d'isolement à courant continu disposant d'un limiteur de courant.
- b) Le châssis du module est connecté au pôle négatif du dispositif de mesure. Si le module n'a pas de châssis ou si le châssis est un mauvais conducteur, on monte le module sur une structure support métallique qui est connectée au pôle négatif du dispositif de mesure.
- c) La tension délivrée par le dispositif de mesure est augmentée à raison de $500 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ au maximum jusqu'à une tension égale à une valeur de 1 000 V à laquelle on ajoute deux fois la tension maximale du système (c'est-à-dire la tension en circuit ouvert du système à STC). La tension est maintenue à cette valeur pendant 1 min. Dans le cas où la tension du système n'excède pas 50 V, la tension appliquée doit être de 500 V.
- d) La tension appliquée est ramenée à zéro puis le court-circuit des connexions du module est maintenu pendant 5 min, le dispositif de mesure restant connecté au module.
- e) Le court-circuit est enlevé.
- f) Les connexions du dispositif de mesure étant comme spécifié aux étapes a) et b), une tension d'essai d'au moins 500 V (courant continu) est appliquée au module. La résistance d'isolement est mesurée.

10.3.4 Exigences d'essais:

- aucune rupture diélectrique (inférieure à $50 \mu\text{A}$) ou claquage en surface pendant l'étape c);
- la résistance d'isolement n'est pas inférieure à $50 \text{ M}\Omega$.

10.4 Mesure des coefficients de température

10.4.1 Objet

L'objet de cet essai est de déterminer les coefficients de température du courant (α) et de la tension (β) à partir de mesures effectuées sur un module. Les coefficients ainsi déterminés sont valables pour l'éclairement sous lequel les mesures ont été effectuées. Pour les modules linéaires, ces coefficients sont également valables dans une gamme d'éclairement $\pm 30 \%$ de ce niveau. Cette procédure complète celle décrite dans la CEI 891 concernant la mesure de ces coefficients à partir d'un échantillon représentatif de cellules indépendantes.

10.3 *Insulation test*

10.3.1 *Purpose*

To determine whether or not the module is sufficiently well insulated between current carrying parts and the frame.

10.3.2 *Test conditions*

The test shall be made on modules at ambient temperature of the surrounding atmosphere (see IEC 68-1) and in a relative humidity not exceeding 75 %.

10.3.3 *Procedure*

- a) Connect the shorted output terminals of the module to the positive terminal of a d.c. insulation tester with a current limitation.
- b) Connect the exposed metal parts of the module to the negative terminal of the tester. If the module has no frame or if the frame is a poor electrical conductor, mount the module on a metallic simulated support structure, which is to be connected to the negative terminal of the tester.
- c) Increase the voltage applied by the tester at a rate not exceeding $500 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ to a maximum equal to 1 000 V plus twice the maximum system voltage (i.e. the open-circuit voltage of the system at STC). Maintain the voltage at this level for 1 min. If the maximum system voltage does not exceed 50 V, the applied voltage shall be 500 V.
- d) Reduce the applied voltage to zero and short-circuit the terminals of the tester for 5 min, while still connected to the module.
- e) Remove the short circuit.
- f) Apply a d.c. voltage of not less than 500 V to the module, with the tester connected as in steps a) and b). Determine the insulation resistance.

10.3.4 *Test requirements*

- no dielectric breakdown (less than $50 \mu\text{A}$) or surface cracking during step c);
- insulation resistance not less than $50 \text{ M}\Omega$.

10.4 *Measurement of temperature coefficients*

10.4.1 *Purpose*

To determine the temperature coefficients of current (α) and voltage (β) from module measurements. The coefficients so determined are valid at the irradiance at which the measurements were made. For linear modules, they are also valid over an irradiance range of $\pm 30 \%$ of this level. This procedure supplements that in IEC 891 for measuring these coefficients from a representative set of single cells.

10.4.2 Equipement

a) Un simulateur solaire (classe B ou mieux) conforme à une future norme CEI (à l'étude). Des moyens pour mesurer l'éclairement, le courant de court-circuit et la tension de circuit-ouvert conformément à l'article 2 de la CEI 904-1.

NOTE – L'utilisation d'un simulateur solaire pulsé est préférable car il crée un échauffement additionnel faible, lequel pourrait affecter le module pendant la mesure. Si un simulateur à éclairage continu est utilisé, il convient qu'il soit équipé d'un obturateur ou d'un dispositif équivalent pour minimiser la période d'éclairement à 0,5 s ou moins.

b) Des moyens pour mesurer la température de la surface ou de la cellule du module en essai avec une précision de $\pm 0,5$ °C.

c) Une chambre d'essai capable de recevoir le module en essai, équipée d'une vitre transparente et de moyens permettant de chauffer ou de refroidir régulièrement son contenu dans la gamme de température présentant un intérêt.

10.4.3 Procédure d'essai

a) Déterminer le courant de court-circuit du module pour l'éclairement désiré, à température ambiante conformément à la CEI 904-1.

b) Installer le module en essai dans la chambre d'essai, et un dispositif approprié de contrôle de l'éclairement à l'extérieur de la chambre d'essai dans l'axe du faisceau du simulateur. Effectuer les connexions à l'instrumentation.

c) Fermer la chambre d'essai et ajuster l'éclairement de façon que le module en essai délivre le courant de court-circuit déterminé à l'étape a). Utiliser le contrôleur d'éclairement pour maintenir cette valeur d'éclairement durant toute la période de l'essai.

d) Chauffer le module jusqu'à la température maximale d'intérêt, arrêter le chauffage et laisser le module se refroidir régulièrement.

e) Pendant que le module se refroidit, mesurer la tension de court-circuit et la tension de circuit-ouvert à intervalles de 5 °C sur une gamme de température d'au moins 30 °C présentant un intérêt.

NOTE – La caractéristique courant-tension complète peut être mesurée à chaque température pour déterminer le facteur de correction K de la courbe, conformément à l'article 5 de la CEI 891.

f) Tracer les valeurs de I_{SC} et V_{OC} en fonction de la température et construire, par la méthode des moindres carrés, la courbe passant par chaque groupe de données.

g) A partir des pentes des courbes de courant et de tension à un point à mi-distance entre les températures minimales et maximales de la gamme de température présentant un intérêt, calculer les coefficients de température du module α et β .

10.5 Mesure de la température nominale d'utilisation des cellules (NOCT)

10.5.1 Objet

L'objet de cet essai est de déterminer la NOCT d'un module.

10.5.2 Introduction

La température nominale d'utilisation des cellules (NOCT) est définie comme étant la température de jonction moyenne des cellules solaires à l'équilibre, pour un module monté sur une structure dégagée dans l'environnement de référence normalisé (SRE) suivant:

10.4.2 Apparatus

a) Solar simulator (class B or better), conforming to future standard IEC (under consideration). Means to measure irradiance, short-circuit current and open-circuit voltage in accordance with clause 2 of IEC 904-1.

NOTE – The use of a pulsed solar simulator is preferred, since it creates little additional heat that could affect the module during the measurement. If a steady-state simulator is used, it should be equipped with a shutter or equivalent means to minimize the period of irradiance to 0,5 s or less.

b) Means to measure the surface or cell temperature of the module to an accuracy of $\pm 0,5$ °C.

c) A chamber capable of accommodating the module, equipped with a transparent window and means for evenly heating and cooling the contents over the temperature range of interest.

10.4.3 Procedure

a) Determine the short-circuit current of the module at the desired irradiance at room temperature, in accordance with IEC 904-1.

b) Mount the test module in the chamber and a suitable irradiance monitor outside the chamber within the simulator beam. Connect to the instrumentation.

c) Close the chamber and set the irradiance so that the test module produces the short-circuit current determined in item a). Use the irradiance monitor to maintain this irradiance setting throughout the test.

d) Heat the module to the maximum temperature of interest, switch off the heater and allow the module to cool evenly.

e) As the module cools, take measurements of the short-circuit current and open-circuit voltage at 5 °C intervals over a range of interest of at least 30 °C.

NOTE – The complete current-voltage characteristic may be measured at each temperature to determine the curve correction factor K , in accordance with clause 5 of IEC 891.

f) Plot the values of I_{SC} and V_{OC} as functions of temperature and construct a least-squares-fit curve through each set of data.

g) From the slopes of the current and voltage curves at a point midway between the minimum and maximum temperatures of interest, calculate α and β , the temperature coefficients for the module.

10.5 Measurement of nominal operating cell temperature (NOCT)

10.5.1 Purpose

To determine the NOCT of the module.

10.5.2 Introduction

NOCT is defined as the equilibrium mean solar cell junction temperature within an open-rack mounted module in the following standard reference environment (SRE):