

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC  
1646

Première édition  
First edition  
1996-11

---

---

**Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre –  
Qualification de la conception et homologation**

**Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules –  
Design qualification and type approval**

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

X

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	8
3 Echantillon.....	10
4 Marquage.....	10
5 Essais.....	12
6 Conditions d'acceptation.....	12
7 Défauts visuels majeurs.....	14
8 Rapport d'essai.....	14
9 Modifications.....	14
10 Procédures d'essai.....	18
10.1 Examen visuel.....	18
10.2 Performance aux STC.....	20
10.3 Essai d'isolement.....	20
10.4 Mesure des coefficients de température.....	22
10.5 Mesure de la température nominale d'utilisation des cellules (NOCT).....	24
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.....	62
10.14 Essai de robustesse des sorties.....	64
10.15 Essai de vrillage.....	66
10.16 Essai de charge mécanique.....	68
10.17 Essai à la grêle.....	70
10.18 Exposition prolongée au rayonnement lumineux.....	76
10.19 Recuit.....	78
10.20 Essai de courant de fuite en milieu humide.....	80

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	7
Clause	
1 Scope and object .....	9
2 Normative references .....	9
3 Sampling .....	11
4 Marking .....	11
5 Testing .....	13
6 Pass criteria .....	13
7 Major visual defects .....	15
8 Report .....	15
9 Modifications .....	15
10 Test procedures .....	19
10.1 Visual inspection .....	19
10.2 Performance at STC .....	21
10.3 Insulation test .....	21
10.4 Measurement of temperature coefficients .....	23
10.5 Measurement of nominal operating cell temperature (NOCT) .....	25
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 .....	63
10.14 Robustness of terminations test .....	65
10.15 Twist test .....	67
10.16 Mechanical load test .....	69
10.17 Hail test .....	71
10.18 Light-soaking .....	77
10.19 Annealing .....	79
10.20 Wet leakage current test .....	81

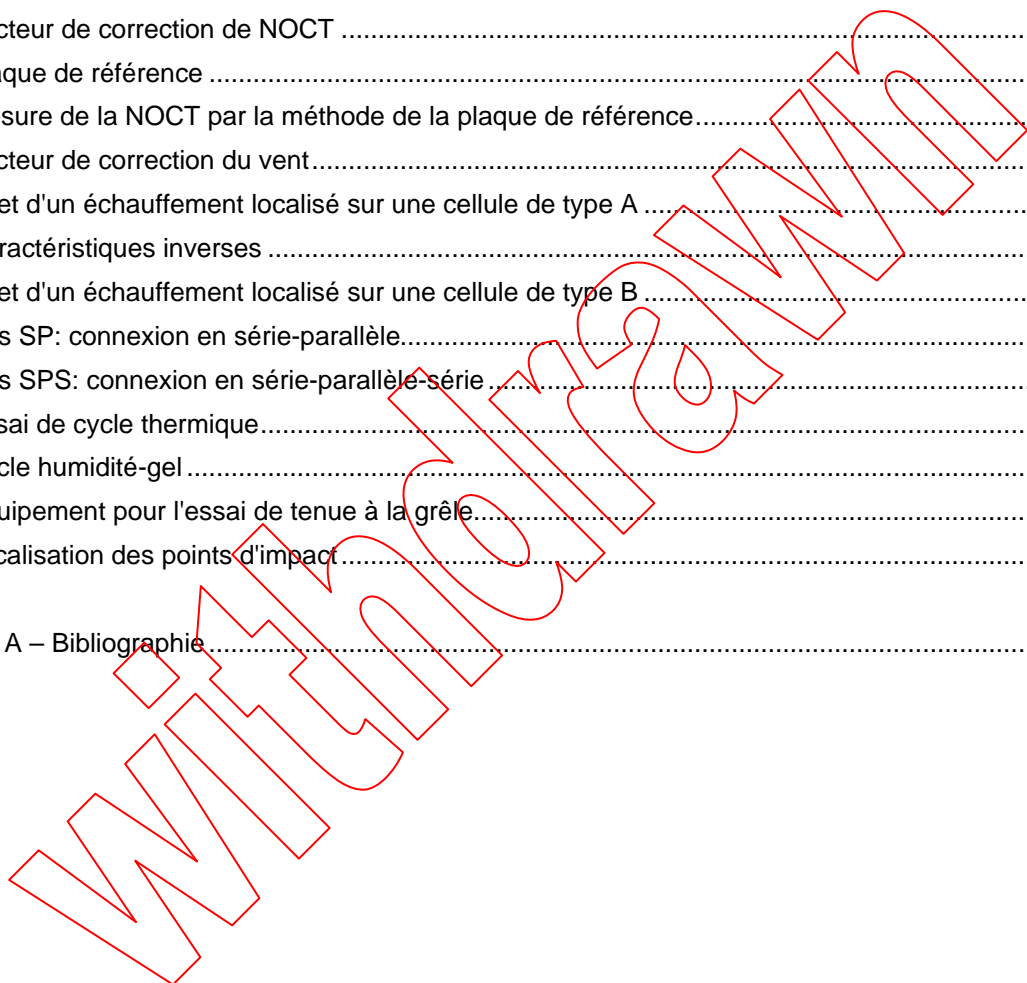
Tableaux

1	Résumé des niveaux d'essai.....	18
2	Masses des billes de glace et vitesses d'essai .....	70
3	Localisation des impacts .....	74

Figures

1	Séquence d'essais de qualification.....	16
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 .....	44
7	Caractéristiques inverses .....	46
8	Effet d'un échauffement localisé sur une cellule de type B .....	46
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	Équipement pour l'essai de tenue à la grêle.....	72
14	Localisation des points d'impact.....	74

Annexe A – Bibliographie.....	84
-------------------------------	----



	Page
Tables	
1 Summary of test levels .....	19
2 Ice-ball masses and test velocities .....	71
3 Impact locations.....	75
Figures	
1 Qualification test sequence .....	17
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.....	45
7 Reverse characteristics .....	47
8 Hot-spot effect in type B cell.....	47
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.....	75
Annex A – Bibliography .....	85

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) EN COUCHES MINCES  
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 concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme 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 1646 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 de la Norme internationale CEI 1215 et des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/153/FDIS	82/166/RVD

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

-----

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

International Standard IEC 1646 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

The text of this standard is based on International Standard IEC 1215 and on the following documents:

FDIS	Report on voting
82/153/FDIS	82/166/RVD

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

Annex A is for information only.

# MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) EN COUCHES MINCES POUR APPLICATION TERRESTRE – QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET HOMOLOGATION

## 1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale donne les exigences sur la qualification de la conception et l'homologation des modules photovoltaïques en couches minces pour application terrestre et pour une utilisation de longue durée dans les climats modérés d'air libre, définis dans la CEI 721-2-1. Elle a été écrite en tenant compte de la technologie au silicium amorphe, mais peut aussi être applicable aux autres modules PV en couches minces. Des modifications à la présente séquence d'essais peuvent être nécessaires à cause des caractéristiques spécifiques de ces autres nouvelles technologies.

La séquence d'essais est issue en grande partie de celle spécifiée dans la CEI 1215 pour la qualification de la conception et l'homologation des modules PV au silicium cristallin pour application terrestre. Certaines modifications ont été cependant effectuées pour tenir compte des particularités des modules au silicium amorphe en couches minces. L'exposition prolongée au rayonnement lumineux est utilisée pour séparer la dégradation sous l'effet lumineux des autres mécanismes de dégradation et pour fournir la puissance maximale à la fin de la séquence d'essais comme une évaluation de la performance à longue durée des modules en couches minces. Les modules sont recuits avant l'essai de cycles thermiques et l'essai continu de chaleur humide afin de distinguer les effets de recuit d'une quelconque dégradation résultant de ces essais. Pour les technologies en couches minces autres que celles au silicium amorphe, les prétraitements tels que l'exposition prolongée au rayonnement lumineux et le recuit peuvent être différents ou s'avérer inutiles. Un essai de courant de fuite en milieu humide a été ajouté, car tous les types de modules en couches minces sont sensibles à la corrosion provoquée par l'humidité.

L'objet de la présente 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 lesquelles ils fonctionneront.

La présente norme ne s'applique pas aux modules utilisés avec des concentrateurs.

## 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 – Partie 1: Généralités et guide*  
Amendement 1 (1992)

CEI 68-2-2: 1974, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essais B: Chaleur sèche*  
Amendement 1 (1993)  
Amendement 2 (1994)

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

## THIN-FILM TERRESTRIAL PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES – DESIGN QUALIFICATION AND TYPE APPROVAL

### 1 Scope and object

This International Standard lays down requirements for the design qualification and type approval of terrestrial thin-film photovoltaic modules suitable for long-term operation in moderate open-air climates as defined in IEC 721-2-1. It is written with amorphous silicon technology in mind, but may also be applicable to other thin-film PV modules. Modifications to this test sequence may be necessary due to the specific characteristics of these other new technologies.

The test sequence is based largely on that specified in IEC 1215 for the design qualification and type approval of terrestrial crystalline silicon PV modules. However, some changes have been made to account for the special features of amorphous silicon thin-film modules. Light-soaking is used to separate light-induced degradation from other degradation mechanisms, and to provide the maximum power at the end of the test sequence as an estimate of the long-term performance of thin-film modules. Modules are annealed before thermal cycling and damp heat tests in order to separate the annealing effects from any degradation resulting from these tests. For thin-film technologies other than amorphous silicon, pretreatments such as light-soaking and annealing may differ or may prove unnecessary. A wet leakage current test has been added because all types of thin-film modules are susceptible to moisture-induced corrosion.

The object of this test sequence is to determine the electrical and thermal characteristics of the module and to show, as far as 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 life expectancy of modules so qualified will depend on their design, their environment and the conditions under which they are operated.

This standard does not apply to modules used with concentrators.

### 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*  
Amendment 1 (1992)

IEC 68-2-2: 1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests B: Dry heat*  
Amendment 1 (1993)  
Amendment 2 (1994)

IEC 68-2-3: 1969, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ca: Damp heat, steady state*

CEI 68-2-21: 1983, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de fixation*  
Amendement 2 (1991)  
Amendement 3 (1992)

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

CEI 721-2-1: 1982, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Température et humidité*  
Modification 1 (1987)

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

CEI 904-1: 1987, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 1: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

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

CEI 904-9: 1995, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 9: Exigences pour le fonctionnement des simulateurs solaires*

CEI 1215: 1993, *Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI QC 001002: 1986, *Règles de procédure du Système CEI d'assurance de la qualité des composants électroniques (IECQ)*  
Amendement 2 (1994)

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

Amendment 2 (1991)

Amendment 3 (1992)

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*

Amendment 1 (1987)

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

Amendment 1 (1992)

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

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

IEC 904-9: 1995, *Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements*

IEC 1215: 1993, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC QC 001002: 1986, *Rules of Procedure of the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ)*

Amendment 2 (1994)

Withhold