

4.19	Stabilisation (MQT 19).....	92
4.19.1	Généralités	92
4.19.2	Définition de critères pour la stabilisation.....	93
4.19.3	Procédures de stabilisation induite par la lumière	93
4.19.4	Autres procédures de stabilisation	94
4.19.5	Stabilisation initiale (MQT 19.1).....	94
4.19.6	Stabilisation finale (MQT 19.2)	95
Figure 1 – Cas S, connexion série avec diode de dérivation facultative		62
Figure 2 – Cas PS, connexion parallèle-série avec diode de dérivation facultative.....		62
Figure 3 – Cas SP, connexion série-parallèle avec diode de dérivation facultative.....		63
Figure 4 – Caractéristiques I-V d'un module doté de cellules totalement obturées		64
Figure 5 – Caractéristiques I-V d'un module avec la cellule d'essai obturée à différents niveaux.....		66
Figure 6 – Effet de l'échauffement localisé dans un module à couches minces à intégration monolithique composé de cellules montées en série		67
Figure 7 – Caractéristiques I-V d'un module avec différentes cellules totalement obturées dans une conception de module comportant des diodes de dérivation.....		69
Figure 8 – Caractéristiques I-V d'un module avec la cellule d'essai obturée à différents niveaux dans une conception de module comportant des diodes de dérivation		71
Figure 9 – Essai de cycle thermique – Profil de température et de courant appliqué		75
Figure 10 – Cycle humidité-gel – Profil température/humidité		77
Figure 11 – Disposition type pour l'essai de traction du serre-câble (essais de composants).....		81
Figure 12 – Disposition type pour l'essai de torsion		82
Figure 13 – Equipement pour l'essai à la grêle		87
Figure 14 – Points d'impact de l'essai à la grêle: en haut pour les technologies basées sur des wafers/cellules, en bas pour les technologies à couches minces à intégration monolithique		89
Figure 15 – Essai thermique de la diode de dérivation		90
Tableau 1 – Forces de traction pour l'essai du serre-câble.....		80
Tableau 2 – Valeurs pour l'essai de torsion		80
Tableau 3 – Masses des billes de glace et vitesses d'essai.....		87
Tableau 4 – Points d'impact		88

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV)
POUR APPLICATIONS TERRESTRES –
QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET HOMOLOGATION –****Partie 2: Procédures d'essai****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61215-2 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette première édition de l'IEC 61215-2 annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 61215 (2005) ainsi que la deuxième édition de l'IEC 61646 (2008) en partie, dont elle constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport à ces éditions précédentes sont les suivantes:

La présente norme reprend les procédures d'essai – précédemment l'Article 10 – de l'édition précédente. Des révisions ont été apportées aux paragraphes NMOT (remplace NOCT – MQT 05), mesures des performances (MQT 06), robustesse des sorties (MQT 14) et stabilisation (MQT 19).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1048/FDIS	82/1076/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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61215, publiées sous le titre général *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres – Qualification de la conception et homologation*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Alors que la Partie 1 de la présente série de normes décrit les exigences (en termes généraux et spécifiques eu égard à la technologie du dispositif), les sous-parties de la Partie 1 définissent les variations technologiques tandis que la Partie 2 définit un ensemble de procédures d'essai nécessaires pour la qualification de la conception et l'homologation. Les procédures d'essai décrites dans la Partie 2 sont valides pour toutes les technologies de dispositifs.

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) POUR APPLICATIONS TERRESTRES – QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET HOMOLOGATION –

Partie 2: Procédures d'essai

1 Domaine d'application et objet

Cette série de Normes internationales établit les exigences de l'IEC pour la qualification de la conception et l'homologation des modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres et pour une utilisation de longue durée dans les climats généraux à l'air libre, définis dans l'IEC 60721-2-1. La présente partie de l'IEC 61215 est destinée à s'appliquer à tous les matériaux de modules à plaque plane au silicium cristallin pour applications terrestres (p. ex.: types de modules au silicium cristallin et modules à couches minces).

La présente norme ne s'applique pas aux modules utilisés avec un ensoleillement intense, même si elle peut être utilisée pour les modules à faible concentration (ensoleillement 1 à 3). Pour les modules à faible concentration, tous les essais sont réalisés en utilisant les niveaux de courant, de tension et de puissance prévus à la concentration théorique.

L'objet de cette séquence d'essais est de déterminer les caractéristiques électriques et thermiques du module et de montrer, dans la mesure du possible avec des contraintes de coût et de temps raisonnables, que le module est apte à supporter une exposition prolongée aux climats généraux à l'air libre. La durée de vie réelle des modules ainsi qualifiés dépendra de leur conception, ainsi que de l'environnement et des conditions d'exploitation.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050, *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible à <http://www.electropedia.org>)

IEC 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-21, *Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de montage incorporés*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60721-2-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-1: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Température et humidité*

IEC 60891, *Dispositifs photovoltaïques – Procédures pour les corrections en fonction de la température et de l'éclairement à appliquer aux caractéristiques I-V mesurées*

IEC 60904-1, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 1: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

IEC 60904-2, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 2: Exigences applicables aux dispositifs photovoltaïques de référence*

IEC 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

IEC 60904-7, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans les mesures de dispositifs photovoltaïques*

IEC 60904-8, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 8: Mesure de la sensibilité spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)*

IEC 60904-9, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 9: Exigences pour le fonctionnement des simulateurs solaires*

IEC 60904-10, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 10: Méthodes de mesure de la linéarité*

IEC 61215-1, *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres – Qualification de la conception et homologation – Partie 1: Exigences d'essai*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols* (disponible en anglais seulement)

IEC 61853-2, *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 2: Spectral response, incidence angle, and module operating temperature measurements¹* (disponible en anglais seulement)

IEC 62790, *Boîtes de jonction pour modules photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais*

ISO 868, *Plastiques et ébonite – Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050, de l'IEC TS 61836, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

exactitude <d'un appareil de mesure>

qualité qui caractérise l'aptitude d'un appareil de mesure à donner une valeur indiquée proche d'une valeur vraie du mesurande [≈ VIM 5.18]

Note 1 à l'article: Ce terme est utilisé dans l'approche "valeur vraie".

Note 2 à l'article: L'exactitude est d'autant meilleure que la valeur indiquée est plus proche de la valeur vraie correspondante.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08]

¹ À publier.

3.2

dispositif de commande

capteur d'éclairement (p. ex.: cellule ou module de référence) utilisé pour détecter les dérives et autres problèmes du simulateur de rayonnement solaire

3.3

niveau de sortie de puissance électriquement stable

état du module photovoltaïque (PV) dans lequel il fonctionnera sous une exposition prolongée à un éclairage solaire naturel dans les climats généraux à l'air libre, conformément à l'IEC 60721-2-1

3.4

répétabilité <des mesures>

étroitesse de l'accord entre les résultats des mesures successives du même mesurande, effectuées dans les mêmes conditions de mesure, c'est-à-dire:

- suivant le même mode opératoire,
- par le même observateur,
- au moyen des mêmes appareils de mesure,
- utilisés dans les mêmes conditions,
- dans le même laboratoire,

à des intervalles de temps assez courts [$\approx$ VIM 3.6].

Note 1 à l'article: La notion de "mode opératoire" est définie en 2.5 dans le VIM.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-06]

3.5

reproductibilité <des mesures>

étroitesse de l'accord entre les résultats des mesures de la même valeur d'une grandeur, dans le cas où les mesures individuelles sont effectuées en faisant varier les conditions de mesure:

- principe de mesure,
- méthode de mesure,
- observateur,
- appareils de mesure,
- étalon de référence,
- laboratoire,
- dans des conditions d'utilisation des appareils de mesure différentes de celles usuellement employées,

après des intervalles de temps assez longs par rapport à la durée d'une seule mesure [$\approx$ VIM 3.7].

Note 1 à l'article: Les notions de "principe de mesure" et de "méthode de mesure" sont définies respectivement dans le VIM, en 2.3 et 2.4.

Note 2 à l'article: Le terme "reproductibilité" s'applique également au cas où seules certaines des conditions ci-dessus sont prises en considération, dans la mesure où ces conditions sont indiquées.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-07]

4 Procédures d'essai

4.1 Examen visuel (MQT 01)

4.1.1 Objet

Détecter tout défaut visuel dans le module.

4.1.2 Procédure

Examiner soigneusement chaque module sous un éclairage supérieur ou égal à 1 000 lux selon les conditions et observations définies dans l'IEC 61215-1.

Relever et/ou photographier la nature et l'emplacement des fêlures, bulles ou décollements interlaminaires, etc., qui peuvent se détériorer et affecter défavorablement les performances du module lors des essais qui suivent.

4.1.3 Exigences

Il n'est permis aucun défaut visuel majeur, tels que ceux définis dans l'IEC 61215-1.

4.2 Détermination de la puissance maximale (MQT 02)

4.2.1 Objet

Déterminer la puissance maximale du module après stabilisation, et avant et après les divers essais de contrainte d'environnement. Pour déterminer la perte de puissance à partir des essais de contrainte, la reproductibilité de l'essai est un facteur très important.

4.2.2 Appareillage

- a) Une source de rayonnement (éclairage solaire naturel ou simulateur solaire de classe BBA minimum conforme à l'IEC 60904-9).
- b) Un dispositif PV de référence conforme à l'IEC 60904-2. Si un simulateur de classe BBA minimum est utilisé, le dispositif de référence doit être un module de référence de la même taille et de la même technologie de cellule pour correspondre à la sensibilité spectrale. Si ce type de dispositif de référence adapté n'est pas disponible, l'une des deux options suivantes doit être utilisée:
 - 1) un simulateur de classe AAA doit être utilisé, ou
 - 2) la sensibilité spectrale du module selon l'IEC 60904-8 et la répartition spectrale du simulateur solaire doivent être mesurées et les données du module corrigées conformément à l'IEC 60904-7.
- c) Un support approprié pour maintenir le spécimen d'essai et le dispositif de référence dans un plan perpendiculaire au rayon radiant.
- d) Un appareillage de mesure de courbe I-V conformément à l'IEC 60904-1.

4.2.3 Procédure

Déterminer les caractéristiques courant-tension du module conformément à l'IEC 60904-1 à un ensemble particulier de conditions de température et d'éclairage (une plage recommandée est une température de cellule comprise entre 25 °C et 50 °C et un éclairage compris entre 700 W/m² et 1 100 W/m²), en utilisant un éclairage solaire naturel ou un simulateur de classe BBA minimum conforme aux exigences de l'IEC 60904-9. Dans des circonstances particulières, où les modules sont conçus pour fonctionner dans une plage différente de conditions, les caractéristiques courant-tension peuvent être mesurées en utilisant des niveaux de température et d'éclairage similaires aux conditions de fonctionnement attendues. Pour les modules linéaires (tels que ceux définis dans l'IEC 60904-10), la température et l'éclairage peuvent être corrigés conformément à l'IEC 60891 afin de comparer des ensembles de mesures réalisées sur le même module avant

et après les essais d'environnement. Pour les modules non linéaires (tels que ceux définis dans l'IEC 60904-10), la mesure doit être réalisée à ± 5 % de l'éclairement spécifié et à ± 2 °C de la température spécifiée. Cependant, il convient de veiller à réaliser les mesures de la puissance de crête dans des conditions de fonctionnement similaires, ce qui signifie minimiser l'amplitude de la correction en effectuant toutes les mesures de la puissance de crête sur un module particulier approximativement à la même température et au même éclairement.

4.3 Essai diélectrique (MQT 03)

4.3.1 Objet

Déterminer si oui ou non le module est suffisamment bien isolé entre les parties actives et les parties accessibles.

4.3.2 Appareillage

- a) Une source de tension à courant continu disposant d'un limiteur de courant capable d'appliquer 500 V ou 1 000 V, à laquelle s'ajoute deux fois la tension maximale du réseau pour le module (voir l'IEC 61215-1).
- b) Un appareil de mesure de la résistance d'isolement.

4.3.3 Conditions d'essai

L'essai doit être réalisé sur les modules à la température ambiante de l'atmosphère environnante (voir l'IEC 60068-1) et à une humidité relative ne dépassant pas 75 %.

4.3.4 Procédure

- a) Connecter les bornes de sortie court-circuitées du module à la borne positive d'un dispositif d'essai diélectrique à courant continu disposant d'un limiteur de courant.
- b) Connecter les parties métalliques exposées des modules à la borne négative du dispositif d'essai. Si les modules n'ont pas de châssis ou que le châssis est un faible conducteur, envelopper les bords d'une feuille conductrice. Recouvrir d'une feuille conductrice toutes les surfaces polymériques du module (enveloppe avant et arrière, boîte de jonction). Connecter les parties recouvertes de feuille à la borne négative du dispositif d'essai.

Certaines technologies de modules peuvent être sensibles à la polarisation statique si le module est fixé au châssis à une tension positive. Dans ce cas, la connexion du dispositif d'essai doit être effectuée dans l'autre sens. S'il y a lieu, le constructeur doit fournir les informations relatives à la sensibilité à la polarisation statique.

- c) Augmenter la tension appliquée par le dispositif d'essai à raison de 500 V/s jusqu'à une tension maximale de 1 000 V plus deux fois la tension maximale du réseau (voir l'IEC 61215-1). Dans le cas où la tension maximale du réseau n'excède pas 50 V, la tension appliquée doit être de 500 V. La tension est maintenue à cette valeur pendant 1 min.
- d) Ramener la tension appliquée à zéro, puis court-circuiter les bornes de l'équipement d'essai afin de décharger la tension produite dans le module.
- e) Enlever le court-circuit.
- f) Augmenter la tension appliquée par l'équipement d'essai à raison de 500 V/s jusqu'à une tension de 500 V ou jusqu'à la tension maximale du réseau pour le module, selon la valeur la plus grande. Maintenir la tension à ce niveau pendant 2 min, puis mesurer la résistance d'isolement.
- g) Ramener la tension appliquée à zéro, puis court-circuiter les bornes de l'équipement d'essai afin de décharger la tension produite dans le module.
- h) Enlever le court-circuit et déconnecter l'équipement d'essai du module.

4.3.5 Exigences d'essai

- a) Il n'existe aucun signe de rupture diélectrique ou de cheminement superficiel lors de l'étape 4.3.4 c).
- b) Pour les modules dont la surface est inférieure à $0,1 \text{ m}^2$, la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à $400 \text{ M}\Omega$.
- c) Pour les modules dont la surface est supérieure à $0,1 \text{ m}^2$, la résistance d'isolement mesurée par la surface du module ne doit pas être inférieure à $40 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}^2$.

4.4 Mesure des coefficients de température (MQT 04)

Déterminer les coefficients de température du courant (α), de la tension (β) et de la puissance de crête (δ) à partir des mesures de modules spécifiées dans l'IEC 60891. Les coefficients ainsi déterminés sont valables pour l'éclairage sous lequel les mesures ont été effectuées. Voir l'IEC 60904-10 pour l'évaluation des coefficients de température du module à différents niveaux d'éclairage.

NOTE Pour les modules linéaires conformes à l'IEC 60904-10, les coefficients de température sont valables dans une plage d'éclairage à $\pm 30 \%$ de ce niveau.

4.5 Mesure de la température nominale de fonctionnement du module (NMOT) (MQT 05)

4.5.1 Généralités

La puissance des modules PV dépend de la température de la cellule. La température de la cellule est essentiellement affectée par la température ambiante, l'éclairage solaire et la vitesse du vent.

La température nominale de fonctionnement du module (NMOT) est définie comme étant la température de jonction moyenne des cellules solaires à l'équilibre dans un module monté sur une structure dégagée fonctionnant près de la puissance de crête, dans l'environnement de référence normalisé (SRE, *Standard Reference Environment*) suivant:

- Angle d'inclinaison: $(37 \pm 5)^\circ$
- Eclairage total: 800 W/m^2
- Température ambiante: 20°C
- Vitesse du vent: 1 m/s
- Charge électrique: Une charge résistive aux dimensions telles que le module fonctionnera près de son point de puissance maximale dans les STC ou un dispositif électronique de suivi du point de puissance maximale (MPPT, *Maximum Power Point Tracker*).

NOTE La NMOT s'apparente à l'ancienne NOCT, sauf qu'elle est mesurée avec le module sous puissance maximale plutôt qu'en circuit ouvert. Dans les conditions de puissance maximale, l'énergie (électrique) est tirée du module, ce qui fait que la quantité d'énergie thermique dissipée à travers le module est inférieure par rapport aux conditions de circuit ouvert. Par conséquent, la NMOT est habituellement inférieure de quelques degrés à l'ancienne NOCT.

La NMOT peut être utilisée par le concepteur du système comme une indication de la température à laquelle un module fonctionnera sur site. Il s'agit donc d'un paramètre utile pour comparer les performances des modules de conceptions différentes. Toutefois, à chaque instant, la température réelle de fonctionnement est affectée par la structure du montage, la distance par rapport au sol, l'éclairage, la vitesse du vent, la température ambiante, la température du ciel, les émissions et réflexions du sol et des objets proches. Pour des prévisions de performances exactes, ces facteurs doivent être pris en compte.

Dans le cas des modules non conçus pour être montés sur une structure dégagée, la méthode peut être utilisée pour déterminer la température de jonction moyenne des cellules solaires à l'équilibre dans le SRE, le module étant monté conformément aux recommandations du constructeur.