

PR NF EN 62446

Avant-projet de norme soumis à enquête publique jusqu'au :

09/05/2014

Pas de commentaire de <http://www.ingexpert.com>

C57-346PR

Systèmes photovoltaïques connectés au réseau électrique - Exigences minimales pour la documentation du système, les essais de mise en service et l'examen

Grid connected PV systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection

Informations complémentaires :

Est destinée à remplacer la norme homologuée NF EN 62446, d'avril 2010.

L'enquête publique est soumise sur la version française uniquement.

Si une réunion de dépouillement s'avère nécessaire, celle-ci sera confirmée ultérieurement par une invitation.

Résumé :

Le présent document définit les informations et la documentation minimales exigées devant être remises à un client à la suite de l'installation d'un système PV connecté au réseau. Le présent document décrit également les exigences minimales des essais de mise en service, des critères d'examen et de la documentation prévus pour vérifier la sécurité d'installation et le fonctionnement correct du système. Le document peut également être utilisé pour de nouveaux essais périodiques.

Le présent document ne concerne que les systèmes PV connectés au réseau qui n'utilisent pas le stockage de l'énergie (par exemple les batteries) ou les systèmes hybrides.

Le présent document est utilisé par des concepteurs et installateurs de systèmes PV solaires connectés au réseau, en tant que modèle pour une documentation efficace destinée à un client. En détaillant les essais de mise en service et critères d'examen minimaux prévus, il est également destiné à aider à la vérification/l'examen d'un système PV connecté au réseau, après installation et en vue, ultérieurement, d'un nouvel examen, d'opérations de maintenance ou de modifications.

Le programme d'essai qui est appliqué à un système PV solaire doit être adapté à l'échelle, au type et à la complexité du système en question. Le présent document décrit les différents programmes d'essai attendus pour les différents types de système.

Mot de la Commission de Normalisation :

La version française n'est pas consultable en ligne mais elle est téléchargeable en cliquant à droite sur « télécharger en pdf ».



82/816/CDV

COMMITTEE DRAFT FOR VOTE (CDV) PROJET DE COMITÉ POUR VOTE (CDV)

Project number Numéro de projet		IEC 62446 Ed.2	
IEC/TC or SC: CEI/CE ou SC:		82	
Secretariat / Secrétariat		USA	
<input checked="" type="checkbox"/> Submitted for parallel voting in CENELEC Soumis au vote parallèle au CENELEC	Date of circulation Date de diffusion	Closing date for voting (Voting mandatory for P-members) Date de clôture du vote (Vote obligatoire pour les membres (P))	
		2014-02-21	2014-05-23
Also of interest to the following committees Intéresse également les comités suivants		Supersedes document Remplace le document	
		82/749/CD, 82/814/CC	
Proposed horizontal standard Norme horizontale suggérée			
<input type="checkbox"/> Other TC/SCs are requested to indicate their interest, if any, in this CDV to the TC/SC secretary Les autres CE/SC sont requis d'indiquer leur intérêt, si nécessaire, dans ce CDV à l'intention du secrétaire du CE/SC			
Functions concerned Fonctions concernées			
<input type="checkbox"/> Safety Sécurité	<input type="checkbox"/> EMC CEM	<input type="checkbox"/> Environment Environnement	<input checked="" type="checkbox"/> Quality assurance Assurance qualité

CE DOCUMENT EST TOUJOURS À L'ÉTUDE ET SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION. IL NE PEUT SERVIR DE RÉFÉRENCE.

LES RÉCIPIENDAIRES DU PRÉSENT DOCUMENT SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, LA NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

THIS DOCUMENT IS STILL UNDER STUDY AND SUBJECT TO CHANGE. IT SHOULD NOT BE USED FOR REFERENCE PURPOSES.

RECIPIENTS OF THIS DOCUMENT ARE INVITED TO SUBMIT, WITH THEIR COMMENTS, NOTIFICATION OF ANY RELEVANT PATENT RIGHTS OF WHICH THEY ARE AWARE AND TO PROVIDE SUPPORTING DOCUMENTATION.

Title : IEC 62446:

Systèmes photovoltaïques connectés au réseau électrique – Exigences minimales pour la documentation du système, les essais de mise en service et l'examen

Introductory note

Ce CDV a été préparé à la suite des discussions du GT 3 lors de sa réunion à New Delhi. Tous les commentaires de la précédente réunion de Sydney ont été abordés et résolus dans la compilation de commentaires.

ATTENTION VOTE PARALLÈLE CEI – CENELEC

L'attention des Comités nationaux de la CEI, membres du CENELEC, est attirée sur le fait que ce projet de comité pour vote (CDV) de Norme internationale est soumis au vote parallèle.

Les membres du CENELEC sont invités à voter via le système de vote en ligne du CENELEC.

Copyright © 2014 International Electrotechnical Commission, IEC. All rights reserved. It is permitted to download this electronic file, to make a copy and to print out the content for the sole purpose of preparing National Committee positions. You may not copy or "mirror" the file or printed version of the document, or any part of it, for any other purpose without permission in writing from IEC.

Ce document est un projet de norme soumis à l'enquête publique.

Historique des révisions	
v1 - 01/05/2012	Publiée pour faciliter les discussions de la réunion WG3 de Vancouver en 2012
v2 - 18/09/2012	Publiée avant la réunion WG3 d'Oslo
v3 – 11/10/2012	Publiée après la réunion WG3 d'Oslo – CD n° 1
v4.1 – Septembre 2013	Publiée avant la réunion de Delhi Basée sur les commentaires reçus sur le CD n° 1
v4.2 – Octobre 2013	Publiée pour le CDV après la réunion de Delhi
Notes concernant la présente version	

SOMMAIRE

2			
3	1	Domaine d'application et objet.....	8
4	2	Références normatives.....	8
5	3	Termes et définitions.....	9
6	4	Exigences relatives à la documentation du système.....	10
7	4.1	Généralités.....	10
8	4.2	Données système.....	10
9	4.2.1	Informations système de base.....	10
10	4.2.2	Informations du concepteur du système.....	10
11	4.2.3	Informations pour l'installateur système.....	11
12	4.3	Schéma de câblage.....	11
13	4.3.1	Généralités.....	11
14	4.3.2	Panneau - spécifications générales.....	11
15	4.3.3	Informations sur les chaînes PV.....	11
16	4.3.4	Détails électriques du panneau.....	12
17	4.3.5	Réseau à courant alternatif.....	12
18	4.3.6	Mise à la terre et protection contre les surtensions.....	12
19	4.4	Disposition des chaînes.....	12
20	4.5	Fiches techniques.....	12
21	4.6	Informations sur la conception mécanique.....	13
22	4.7	Informations sur le fonctionnement et la maintenance.....	13
23	4.8	Résultats d'essai et données de mise en service.....	13
24	5	Vérification.....	14
25	5.1	Généralités.....	14
26	5.2	Examen.....	14
27	5.2.1	Généralités.....	14
28	5.2.2	Réseau CC – généralités.....	14
29	5.2.3	Réseau CC - protection contre les chocs électriques.....	15
30	5.2.4	Réseau CC - protection contre les effets des défauts d'isolation.....	15
31	5.2.5	Réseau CC - protection contre les surintensités.....	15
32	5.2.6	Réseau CC - disposition des mises à la terre et des liaisons.....	16
33	5.2.7	Réseau CC - protection contre les effets de la foudre et des surtensions.....	16
34	5.2.8	Réseau CC – choix et mise en œuvre des équipements électriques.....	17
35	5.2.9	Réseau à courant alternatif.....	17
36	5.2.10	Étiquetage et identification.....	18
37	5.3	Essais.....	18
38	5.3.1	Généralités.....	18
39	5.3.2	Programmes d'essai et essais additionnels.....	19
40	5.3.3	Programmes d'essai pour les systèmes avec électronique de niveau du	
41		module.....	19
42	6	Procédures d'essai – Catégorie 1.....	21
43	6.1	Continuité des conducteurs de mise à la terre de protection et de liaison	
44		équipotentielle.....	21
45	6.2	Essai de polarité.....	21
46	6.3	Essai des boîtes de combinaison de chaîne PV.....	22
47	6.4	Chaîne PV – mesure de la tension en circuit ouvert.....	22
48	6.5	Chaîne PV – mesure du courant.....	23
49	6.5.1	Généralités.....	23

50	6.5.2	Chaîne PV – essai de court-circuit.....	23
51	6.5.3	Méthode d'essai de court-circuit	23
52	6.5.4	Chaîne PV – Essais opérationnels	24
53	6.6	Essais de fonctionnement	24
54	6.7	Essai de résistance d'isolation des panneaux PV.....	25
55	6.7.1	Généralités	25
56	6.7.2	Essai de résistance d'isolation des panneaux PV – méthode d'essai	25
57	6.7.3	Résistance d'isolation des panneaux PV - méthode d'essai	26
58	7	Procédures d'essai – Catégorie 2	27
59	7.1	Mesure de courbe I-V de chaîne	27
60	7.1.1	Mesure de courbe I-V de Voc et Isc	27
61	7.1.2	Mesure de courbe I-V - performance du panneau	28
62	7.1.3	Mesure de courbe I-V - Identification des défauts ou des problèmes d'ombrage des modules/panneaux.....	29
64	7.2	Procédure d'examen du panneau PV par caméra infrarouge	30
65	7.2.1	Procédure d'essai IR	30
66	7.2.2	Interprétation des résultats d'essai IR.....	30
67	8	Procédures d'essai – essais additionnels	31
68	8.1	Tension par rapport au sol – systèmes de terre résistive.....	31
69	8.2	Essai des diodes de blocage.....	31
70	8.3	Panneau PV - Essai de résistance d'isolation humide	32
71	8.3.1	Essai d'isolation humide	32
72	8.4	Évaluation de l'ombre	33
73	9	Rapports de vérification.....	34
74	9.1	Généralités	34
75	9.2	Vérification initiale	34
76	9.3	Vérification périodique	34
77	Annexe A (informative) Certificat de vérification modèle		35
78	Annexe B (informative) Rapport d'examen modèle		36
79	Annexe C (informative) Rapport d'essai du panneau PV modèle		39
80	Annexe D (informative) - Interprétation des formes de courbe I-V		41
81	D.1	Généralités.....	41
82	D.2	Variation 1 - Marches ou encoches dans la courbe	42
83	D.3	Variation 2 – Faible courant.....	42
84	D.4	Variation 3 – Basse tension	43
85	D.5	Variation 4 – Genou plus arrondi	43
86	D.6	Variation 5 – Pente plus douce dans la jambe verticale	44
87	D.7	Variation 6 - Pente plus raide dans la jambe horizontale.....	44
88			
89			

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES CONNECTÉS AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE -
EXIGENCES MINIMALES POUR LA DOCUMENTATION DU SYSTÈME, LES
ESSAIS DE MISE EN SERVICE ET L'EXAMEN**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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 de l'IEC 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 d'études 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Il convient que tous les utilisateurs s'assurent 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 des 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. 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 62446 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/XX/FDIS	82/XX/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/IEC, Partie 2.

141 Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de
142 maintenance¹⁾ indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>", dans les
143 données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

- 144 • reconduite,
- 145 • supprimée,
- 146 • remplacée par une édition révisée, ou
- 147 • amendée.

148

149

1) Pour la présente publication, les Comités nationaux sont priés de noter que la date de maintenance est 2011.

150

INTRODUCTION

151 Les systèmes PV connectés au réseau sont destinés à avoir une durée de vie de plusieurs
152 décennies, avec des opérations de maintenance et des modifications éventuelles à un
153 moment donné au cours de cette période. Les constructions ou les travaux d'électricité au
154 voisinage du panneau PV font partie des événements très probables, par exemple des
155 travaux sur les toits à proximité du panneau ou des modifications (structurelles ou
156 électriques) au niveau d'un logement qui comporte un système PV. Les propriétaires d'un
157 système peuvent également changer dans le temps, en particulier avec les systèmes installés
158 sur des bâtiments. Seul le fait de fournir une documentation appropriée dès le départ peut
159 assurer la performance et la sécurité à long terme du système PV et des travaux effectués sur
160 le système PV ou à proximité de celui-ci.

161 La présente norme est divisée en deux parties:

- 162 • **Exigences relatives à la documentation du système** - Cette section détaille les
163 informations devant être contenues, au minimum, dans la documentation fournie au client
164 à la suite de l'installation d'un système PV connecté au réseau.
- 165 • **Vérification** – Cette section fournit les informations attendues qui doivent être fournies à
166 la suite d'une vérification initiale (ou périodique) d'un système installé. Elle inclut des
167 exigences pour l'examen et les essais.

168

169 *Note sur la deuxième édition: La présente édition de l'IEC 6244, qui en est la deuxième,*
170 *étend le domaine d'application du document original pour inclure une gamme plus vaste*
171 *d'essais de système et de programmes d'examen permettant d'englober des systèmes PV*
172 *plus importants et plus complexes.*

173

174 SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES CONNECTÉS AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE - EXIGENCES
175 MINIMALES POUR LA DOCUMENTATION DU SYSTÈME, LES ESSAIS DE MISE EN
176 SERVICE ET L'EXAMEN

177 **1 Domaine d'application et objet**

178 La présente Norme internationale définit les informations et la documentation minimales
179 exigées devant être remises à un client à la suite de l'installation d'un système PV connecté
180 au réseau. La présente norme décrit également les exigences minimales des essais de mise
181 en service, des critères d'examen et de la documentation prévus pour vérifier la sécurité
182 d'installation et le fonctionnement correct du système. Le document peut également être
183 utilisé pour de nouveaux essais périodiques.

184 La présente norme ne concerne que les systèmes PV connectés au réseau qui n'utilisent pas
185 le stockage de l'énergie (par exemple les batteries) ou les systèmes hybrides.

186 La présente norme est utilisée par des concepteurs et installateurs de systèmes PV solaires
187 connectés au réseau, en tant que modèle pour une documentation efficace destinée à un
188 client. En détaillant les essais de mise en service et critères d'examen minimaux prévus, elle
189 est également destinée à aider à la vérification/l'examen d'un système PV connecté au
190 réseau, après installation et en vue, ultérieurement, d'un nouvel examen, d'opérations de
191 maintenance ou de modifications.

192 Le programme d'essai qui est appliqué à un système PV solaire doit être adapté à l'échelle,
193 au type et à la complexité du système en question. La présente norme décrit les différents
194 programmes d'essai attendus pour les différents types de système.

195 NOTE: le présent document ne concerne pas les systèmes CPV (PV à concentration), mais de nombreuses parties
196 peuvent s'appliquer.

197 **2 Références normatives**

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

202 IEC 60364-6, *Installations électriques à basse tension – Partie 6: Vérification*

203 IEC 60364-9-1, *Installations électriques basse tension - Partie 9-1: Exigences d'installation,*
204 *de conception et de sécurité des systèmes photovoltaïques (PV)*

205 NOTE: L'IEC 60364-9-1 est actuellement en cours d'évolution à partir des publications existantes IEC 60364-7-712
206 et IEC TS 62548, qui sont destinées à fusionner. Une fois l'IEC 60364-9-1 publiée, les deux dernières publications
207 seront annulées et remplacées.

208 IEC/TR 60775, *General requirements for residual current operated protective devices*
209 *amendment 2*

210 IEC 61730 (toutes les parties), *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules*
211 *photovoltaïques (PV)*

212 IEC 61557 (toutes les parties), *Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse*
213 *tension de 1 000 V CA et 1 500 V CC – Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance*
214 *de mesures de protection*

215 IEC 61010 (toutes les parties), Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de
216 régulation et de laboratoire

217 **3 Termes et définitions**

218 Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent:
219

220 **3.1**

221 **module CA**

222 combinaison d'un module PV et d'un onduleur intégré, fournie en tant qu'ensemble
223 préassemblé et certifié. Les modules CA possèdent uniquement des connexions de sortie CA
224 (pas de bornes CC)

225 **3.2**

226 **type de câble**

227 description d'un câble permettant d'en déterminer les caractéristiques assignées et le
228 caractère adéquat pour une utilisation particulière ou un environnement à déterminer

229 NOTE: Dans de nombreux pays, cela s'effectue au moyen d'un numéro de code (par ex. "H07RNF")
230

231 **3.3**

232 **fiches techniques**

233 description et spécification de produit de base

234 NOTE: Généralement une ou deux pages. Il ne s'agit pas d'un manuel de produit complet.
235

236 **3.4**

237 **examen**

238 examen d'une installation électrique au moyen de tous les sens afin de s'assurer du choix
239 correct et de la mise en œuvre appropriée des matériels électriques

240

241 **3.5**

242 **micro-onduleur**

243 Petit onduleur conçu pour être relié directement à un ou deux modules PV. Un micro-onduleur
244 est normalement relié directement aux fils de module installés en usine; il se fixe au bâti du
245 module ou se monte à une position immédiatement adjacente à celle du module

246

247 **3.6**

248 **électronique intégrée au module**

249 Tout dispositif électronique doté d'un module PV conçu pour fournir des fonctions de
250 commande, de surveillance ou de conversion de puissance. Peut être installé en usine ou
251 assemblé sur site

252 **3.7**

253 **boîte de combinaison de chaîne PV**

254 boîte de raccordement à laquelle des chaînes PV sont connectées, qui peut également
255 contenir des dispositifs de protection contre les surintensités et/ou des interrupteurs-
256 sectionneurs

257 **3.8**

258 **$I_{MOD_MAX_OCPR}$**

259 valeur assignée maximale pour la protection contre les surintensités du module PV,
260 déterminée par l'IEC 61730-2

261 NOTE: Cette valeur est souvent spécifiée par les fabricants de modules comme étant la valeur maximale de
262 fusible série.

263

264 **3.9**
265 **production de rapports**
266 enregistrement des résultats d'examen et d'essais

267

268 **3.10**
269 **essais**
270 application de mesures dans une installation électrique, permettant d'en démontrer l'efficacité

271 NOTE Cela inclut le fait de s'assurer des valeurs au moyen d'appareils de mesure appropriés, lesdites valeurs
272 n'étant pas détectables par l'examen.

273

274 **3.11**
275 **vérification**
276 toutes mesures au moyen desquelles la conformité de l'installation électrique aux normes
277 applicables est vérifiée

278 NOTE Ceci comprend l'examen, les essais et la production de rapports.

279

280 **4 Exigences relatives à la documentation du système**

281 **4.1 Généralités**

282 L'objet de cet article est d'énumérer la documentation minimale qu'il convient de fournir à la
283 suite de l'installation d'un système PV connecté au réseau. Ces informations garantissent que
284 des données systèmes clés sont aisément disponibles pour un client, un inspecteur ou un
285 technicien de maintenance. La documentation comprend des données systèmes de base et
286 les informations prévues pour être intégrées dans le manuel d'utilisation et de maintenance.

287 **4.2 Données système**

288 **4.2.1 Informations système de base**

289 Au minimum, les informations liées au système de base suivantes doivent être fournies. Ces
290 informations de "plaque signalétique" sont généralement présentées sur la page de
291 couverture du kit de documentation du système.

- 292 a) Référence d'identification du projet (si applicable).
- 293 b) Puissance assignée (plaque signalétique) du système (kW CC ou kVA CA).
- 294 c) Modules et onduleurs PV - fabricant, modèle et quantité
- 295 d) Date d'installation
- 296 e) Date de mise en service
- 297 f) Nom du client
- 298 g) Adresse du site

299

300 **4.2.2 Informations du concepteur du système**

301 Au minimum, les informations suivantes doivent être fournies à toutes les entités en charge
302 de la conception du système. Si plus d'une entreprise a la responsabilité de la conception du
303 système, il convient de fournir les informations suivantes à toutes les entreprises, ainsi
304 qu'une description de leur rôle dans le projet.

- 305 a) Concepteur système, entreprise
306 b) Concepteur système, personne à contacter
307 c) Concepteur système, adresse postale, numéro de téléphone et adresse de courrier
308 électronique.

309

310 **4.2.3 Informations pour l'installateur système**

311 Au minimum, les informations suivantes doivent être fournies à toutes les entités en charge
312 de l'installation du système. Si plus d'une entreprise a la responsabilité de l'installation du
313 système, il convient de fournir les informations suivantes à toutes les entreprises, ainsi
314 qu'une description de leur rôle dans le projet.

- 315 a) Installateur système, entreprise
316 b) Installateur système, personne à contacter
317 c) Installateur système, adresse postale, numéro de téléphone et adresse de courrier
318 électronique

319 **4.3 Schéma de câblage**

320 **4.3.1 Généralités**

321 Au minimum, un schéma de câblage monophasé doit être fourni. Ce schéma doit mentionner
322 les informations précisées dans les paragraphes suivants:

323 En général, il est prévu que ces informations apparaissent sous forme de notes sur le schéma
324 de câblage monophasé. Dans certains cas, généralement pour des systèmes de plus grande
325 taille pour lesquels la place sur le schéma peut être limitée, ces informations peuvent se
326 présenter sous la forme d'un tableau.

327

328 **4.3.2 Panneau - spécifications générales**

329 Le schéma de câblage ou la spécification du système doit comprendre les informations
330 suivantes sur la conception du panneau

- 331 a) Type(s) de module
332 b) Nombre total de modules
333 c) Nombre de chaînes
334 d) Modules par chaîne
335 e) Identification indiquant quelles chaînes sont reliées à quel onduleur

336

337 Lorsqu'un panneau est divisé en sous-panneaux, le schéma de câblage doit montrer la
338 conception panneau/sous-panneau et donner toutes les informations ci-dessus pour chaque
339 sous-panneau.

340

341 **4.3.3 Informations sur les chaînes PV**

342 Le schéma de câblage ou la spécification du système doit comprendre les informations
343 suivantes sur les chaînes PV

- 344 a) Spécifications sur les câbles des chaînes – taille et type
345 b) Spécifications sur les dispositifs de protection contre les surintensités (lorsqu'ils sont
346 installés) - caractéristiques assignées de type et de tension/courant
347 c) Type de diode de blocage (le cas échéant)

348

349 4.3.4 Détails électriques du panneau

350 Le schéma de câblage ou la spécification du système doit comprendre les informations
351 suivantes sur les composants électriques du panneau

- 352 a) Spécifications sur les câbles principaux du panneau – taille et type
- 353 b) Emplacement des boîtes de jonction/boîtes de combinaison du panneau (si applicable)
- 354 c) Interrupteur-sectionneur CC, emplacement et caractéristiques assignées
355 (tension/courant).
- 356 d) Dispositifs de protection contre les surintensités du panneau (si applicable) – type,
357 emplacement et caractéristiques assignées (tension/courant).

358

359 4.3.5 Réseau à courant alternatif

360 Le schéma de câblage ou la spécification du système doit comprendre les informations
361 suivantes sur le système CA

- 362 a) emplacement, type et caractéristiques assignées du sectionneur CA
- 363 b) emplacement, type et caractéristiques assignées du dispositif de protection contre les
364 surintensités CA
- 365 c) emplacement, type et caractéristiques assignées du dispositif différentiel résiduel
366 (lorsqu'il est installé)

367

368 4.3.6 Mise à la terre et protection contre les surtensions

369 Le schéma de câblage ou la spécification du système doit comprendre les informations
370 suivantes sur la mise à la terre et la protection contre les surtensions

- 371 a) Détails de tous les conducteurs de terre/de liaison – taille et type. Y compris les détails
372 des câbles de liaison équipotentielle du bâti de panneau lorsqu'ils sont installés.
- 373 b) Détails de toutes connexions à un système de protection contre la foudre (SPF) existant.
- 374 c) Détails de tout dispositif de protection contre les surtensions installé (tant sur les lignes
375 CA que sur les lignes CC) incluant l'emplacement, le type et les caractéristiques
376 assignées.

377

378 4.4 Disposition des chaînes

379 Pour les systèmes comportant trois chaînes ou plus, un schéma de disposition du système PV
380 montrant comment le panneau est divisé et câblé en chaînes doit être fourni.

381 NOTE: Ceci est particulièrement utile pour la détection des défauts dans les systèmes de grandes tailles et dans
382 les panneaux montés sur des bâtiments dans lesquels il est difficile d'accéder à l'arrière des modules.

383

384

385 4.5 Fiches techniques

386 Au minimum, des fiches techniques doivent être fournies pour les composants système
387 suivants

- 388 a) Fiche technique de module pour tous les types de modules utilisés dans le système –
389 conformément aux exigences de l'IEC 61730-1.
- 390 b) Fiche technique d'onduleur pour tous les types d'onduleurs utilisés dans le système

391 NOTE Il convient également d'envisager de fournir des fiches techniques pour les autres composants importants
392 du système.

393

394 **4.6 Informations sur la conception mécanique**

395 Une fiche technique relative au système de montage du panneau doit être fournie. Si la
396 structure de montage était de conception personnalisée, inclure la documentation appropriée.

397

398 **4.7 Informations sur le fonctionnement et la maintenance**

399 Des informations sur le fonctionnement et la maintenance doivent être fournies et doivent
400 inclure, au minimum, les éléments suivants:

- 401 a) Procédures permettant de vérifier le bon fonctionnement du système.
- 402 b) Une check-list des actions à réaliser en cas de défaillance du système.
- 403 c) Procédures d'arrêt d'urgence/d'isolement.
- 404 d) Recommandations pour la maintenance et le nettoyage (le cas échéant).
- 405 e) Considérations pour tous travaux futurs de construction liés au panneau PV (comme les
406 travaux sur les toits).
- 407 f) Documentation de garantie pour modules PV et onduleurs - indiquant la date de début de
408 la garantie et la période de garantie.
- 409 g) Documentation sur toutes les garanties applicables de qualité d'exécution ou d'étanchéité
410 aux intempéries.

411

412

413 **4.8 Résultats d'essai et données de mise en service**

414 Des copies de toutes les données d'essais et de mise en service doivent être fournies. Au
415 minimum, celles-ci doivent inclure les résultats des essais de vérification détaillés à l'Article 5
416 de la présente norme.

417

418

419 **5 Vérification**

420 **5.1 Généralités**

421 Cette section fournit les exigences pour la vérification initiale et les vérifications périodiques
422 d'une installation électrique PV raccordée au réseau. Elle cite en référence l'IEC 60364-6 si
423 approprié et précise également les exigences ou considérations supplémentaires.

424 Il convient d'effectuer une grande partie de la vérification d'un système PV raccordé au
425 réseau en référence à l'IEC 60364-6, qui donne les exigences pour la vérification initiale et
426 périodique de toute installation électrique.

427 Toute installation de sous-systèmes et de composants doit être vérifiée durant la mise en
428 place, dans toute la mesure du possible, ainsi que lors de l'achèvement, avant la mise en
429 service par l'utilisateur par référence à l'IEC 60364-6. La vérification initiale doit inclure la
430 comparaison des résultats avec les critères appropriés pour confirmer que les exigences de
431 l'IEC 60364 ont été satisfaites.

432 Pour un ajout ou une modification sur une installation existante, on doit vérifier que l'ajout ou
433 la modification est conforme à l'IEC 60364 et ne compromet pas la sécurité de l'installation
434 existante.

435 La vérification initiale et les vérifications périodiques doivent être effectuées par une
436 personne qualifiée et compétente pour effectuer les vérifications.

437 NOTE Les fiches types d'essais de vérification sont fournies dans les annexes de la présente norme.

438

439 La vérification initiale a lieu à l'issue d'une nouvelle installation ou après l'achèvement des
440 ajouts ou des modifications apporté(e)s à des installations existantes. La vérification
441 périodique doit déterminer, pour autant que cela soit raisonnablement réalisable, si
442 l'installation et tout le matériel qui la compose demeurent dans des conditions d'utilisation
443 satisfaisantes.

444 Pour un système PV, l'intervalle entre deux vérifications ne doit pas excéder celui exigé pour
445 le système électrique CA auquel le système PV est raccordé.

446 NOTE: Dans certains pays, l'intervalle entre deux vérifications est défini par des règlements nationaux.

447

448 **5.2 Examen**

449 **5.2.1 Généralités**

450 L'examen doit précéder les essais et doit normalement être effectué avant la mise sous
451 tension de l'installation. L'examen doit être effectué selon les exigences de l'IEC 60364-6.

452 NOTE: Si le câblage n'est pas facilement accessible après l'installation, il peut être nécessaire d'examiner le
453 câblage avant ou pendant les travaux d'installation.

454 On doit s'assurer que les points suivants, spécifiques aux systèmes PV connectés au réseau,
455 sont compris dans l'examen:

456 **5.2.2 Réseau CC – généralités**

457 L'examen de l'installation CC doit au moins comporter la vérification que:

- 458 a) Le réseau à courant continu a été conçu, spécifié et installé selon les exigences de l'IEC
459 60364 en général et de l'IEC 60364-9-1 en particulier.
- 460 b) La tension de panneau PV maximale est adaptée pour l'emplacement des panneaux (l'IEC
461 60364-9-1 et les codes locaux peuvent exiger que les installations dépassant un certain
462 niveau de tension soient situées exclusivement à certains emplacements)
- 463 c) Tous les composants du système et toutes les structures de montage ont été sélectionnés
464 et mis en place de façon à être capables de supporter les influences externes prévisibles
465 telles que le vent, la neige, les extrêmes de température et la corrosion
- 466 d) Les fixations de toit et les entrées de câble sont étanches aux intempéries (si applicable).

467
468

469 **5.2.3 Réseau CC - protection contre les chocs électriques**

470 L'examen de l'installation CC doit au moins comporter la vérification des mesures en place
471 pour la protection contre les chocs électriques:

- 472 a) Mesure de protection fournie par très basse tension (TBTS/TBTP) – oui// non
- 473 b) Protection par l'utilisation d'une isolation de classe II ou équivalente adoptée côté CC –
474 oui/non
- 475 c) Les câbles de panneaux et chaînes PV ont été sélectionnés et mis en œuvre de façon à
476 réduire au maximum les risques de défauts à la terre et courts-circuits. On y parvient
477 généralement en utilisant des câbles avec isolations de protection et renforcées (souvent
478 désignées par "à double isolation") – oui/non

479

480 **5.2.4 Réseau CC - protection contre les effets des défauts d'isolation**

481 L'examen de l'installation CC doit au moins comporter la vérification des mesures en place
482 pour la protection contre les effets des défauts d'isolation, notamment:

- 483 a) Isolation galvanique en place à l'intérieur de l'onduleur ou sur le côté CA – oui /non
- 484 b) Mise à la terre fonctionnelle sur tous les conducteurs CC – oui/non

485 NOTE: une connaissance de l'isolation galvanique et des agencements de mise à la terre fonctionnels est
486 nécessaire pour déterminer si les mesures en place pour offrir une protection contre les effets des défauts
487 d'isolation ont été correctement spécifiées.

488
489

- 490 c) Qu'un système d'alarme et de détection de résistance d'isolation de terre pour les
491 panneaux PV est installé – selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

492 NOTE: celui-ci est généralement disposé dans l'onduleur

493

- 494 d) Qu'un système d'alarme et de détection de surveillance de courant résiduel de terre pour
495 les panneaux PV est installé – selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

496 NOTE: celui-ci est généralement disposé dans l'onduleur

497

498 **5.2.5 Réseau CC - protection contre les surintensités**

499 L'examen de l'installation CC doit au moins comporter la vérification des mesures en place
500 pour la protection contre les surintensités dans les circuits CC:

501 a) *Pour les systèmes sans dispositif de protection contre les surintensités des chaînes:*
502 *vérifier que:*

- 503 ○ $I_{MOD_MAX_OCPR}$ (la valeur maximale de fusible série du module) est supérieur au plus
504 grand courant inverse possible;
- 505 ○ les câbles des chaînes sont dimensionnés pour recevoir le courant de défaut combiné
506 maximal des chaînes parallèles

507 Note: voir l'IEC 60364-9-1 pour le calcul des courants inverses de panneau

508

509 b) *Pour les systèmes munis de dispositifs de protection contre les surintensités des chaînes:*
510 *vérifier que:*

- 511 ○ les dispositifs de protection contre les surintensités des chaînes sont installés et
512 correctement spécifiés selon les exigences de l'IEC 60364-9-1.

513

514 c) *Pour les systèmes munis de dispositifs de protection contre les surintensités des*
515 *panneaux/sous-panneaux, vérifier que:*

- 516 ○ les dispositifs de protection contre les surintensités sont installés et correctement
517 spécifiés selon les exigences de l'IEC 60364-9-1.

518

519 **5.2.6 Réseau CC - disposition des mises à la terre et des liaisons**

520 L'examen de l'installation CC doit au moins comporter la vérification des points suivants:

521 a) Si le système PV a une mise à la terre fonctionnelle de l'un des conducteurs CC, la
522 connexion de terre fonctionnelle a été spécifiée et installée selon les exigences de l'IEC
523 60364-9-1

524

525 b) Si un système PV a une connexion directe avec la terre côté CC, un interrupteur de défaut
526 de terre fonctionnelle a été mis en place selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

527

528 c) Les agencements des liaisons des bâtis de panneau ont été spécifiés et installés selon
529 les exigences de l'IEC 60364-9-1

530 NOTE: Les codes locaux peuvent exiger des agencements différents pour les liaisons

531

532 d) Si des conducteurs de mise à la terre de protection et/ou de liaison équipotentielle sont
533 installés, vérifier qu'ils sont parallèles aux câbles en courant continu et mis en faisceau
534 avec ces câbles

535

536 **5.2.7 Réseau CC - protection contre les effets de la foudre et des surtensions**

537 L'examen de l'installation CC doit au moins comporter la vérification des points suivants:

538 a) Pour réduire au maximum les tensions induites par la foudre, vérifier que la surface de
539 l'ensemble des boucles de câblage est maintenue aussi réduite que possible

540

541 b) Des mesures sont en place pour protéger les câbles longs (par ex. utilisation d'écrans ou
542 de parafoudres)

543

544 c) Si des parafoudres ont été installés, ils l'ont été selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

545

5.2.8 Réseau CC – choix et mise en œuvre des équipements électriques

L'examen de l'installation CC doit au moins comporter la vérification que:

- a) Tous les composants CC ont des valeurs assignées permettant un fonctionnement CC continu aux valeurs maximales possibles de courant et de tension du réseau CC définies dans l'IEC 60364-9-1

NOTE L'examen du réseau à courant continu exige la connaissance de la tension maximale et du courant maximal du système.

- La tension maximale du système est fonction de la conception des chaînes/panneaux, de la tension en circuit ouvert (V_{oc}) des modules et d'un multiplicateur permettant de tenir compte des variations de température et d'éclairement.

- Le courant de défaut maximal possible est fonction de la conception des chaînes/panneaux, du courant de court-circuit (I_{sc}) des modules et d'un multiplicateur permettant de tenir compte des variations de température et d'éclairement.

559

- b) Les systèmes de câblage ont été choisis et mis en œuvre pour résister aux influences externes prévisibles telles que vent, formation de glace, extrêmes de température, rayonnement UV et solaire.

563

- c) Des moyens d'isolation et de déconnexion ont été mis en place pour les chaînes de panneaux PV et les sous-panneaux PV – selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

566

- d) Un interrupteur-sectionneur CC est installé du côté continu de l'onduleur selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

Note: L'IEC 60364-9-1 propose quatre méthodes différentes pour mettre en place cet interrupteur-sectionneur. Il est prévu que le type et l'emplacement de l'interrupteur-sectionneur figurent dans le rapport de vérification.

571

- e) Si des diodes de blocage sont installées, vérifier que leur tension inverse assignée est au moins $2 \times V_{oc\ stc}$ de la chaîne PV dans laquelle elles sont installées (réf. IEC 60364-9-1).

574

- f) Les connecteurs prise et socle accouplés sont du même type, proviennent du même fabricant et satisfont aux exigences de l'IEC 60364-9-1.

577

578

5.2.9 Réseau à courant alternatif

L'examen du système PV doit inclure au minimum la vérification que:

- a) Des moyens d'isolement de l'onduleur ont été prévus du côté alternatif

- b) Tous les dispositifs d'isolement et de commutation ont été connectés de telle façon que l'installation PV soit interconnectée du côté "charge" et le réseau public d'alimentation du côté "source"

- c) Les paramètres de fonctionnement de l'onduleur ont été programmés selon les réglementations locales

587

- d) Lorsqu'un RCD (dispositif à courant différentiel résiduel) est installé sur le circuit CA alimentant un onduleur, on doit vérifier le type de RCD pour s'assurer qu'il a été sélectionné selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

NOTE: Pour certains onduleurs, un RCD de type B peut être exigé

592

593 **5.2.10 Étiquetage et identification**

594 L'examen du système PV doit au moins comporter la vérification que:

- 595 a) Tous les circuits, dispositifs de protection, interrupteurs et toutes les bornes sont
596 étiquetés de manière appropriée conformément aux exigences de l'IEC 60364 en général
597 et de l'IEC 60364-9-1 en particulier
- 598 b) Toutes les boîtes de jonction en courant continu (générateur PV et boîtes de panneaux
599 PV) portent un marquage d'avertissement indiquant que des parties actives internes à ces
600 boîtes sont alimentées par un panneau PV et peuvent toujours être sous tension après
601 isolement de l'onduleur PV et du réseau public d'alimentation
- 602 c) Un moyen d'isolement côté CA est clairement étiqueté
- 603 d) Étiquettes d'avertissement de double alimentation installées au point d'interconnexion
- 604 e) Un schéma de câblage monophasé est affiché sur le site
- 605 f) Les détails donnés par l'installateur sont affichés sur le site
- 606 g) Procédures d'arrêt affichées sur le site
- 607 h) Procédures d'urgence affichées sur le site (lorsque cela s'applique)
- 608 i) Toutes les signalisations et étiquettes sont convenablement apposées et de manière
609 durable

610 NOTE: les exigences concernant les signalisations et les étiquettes des systèmes PV sont détaillées dans l'IEC
611 60364-9-1

612

613 **5.3 Essais**

614 **5.3.1 Généralités**

615 Les essais de l'installation électrique doivent être effectués selon les exigences de
616 l'IEC 60364-6.

617 Les instruments de mesure et les équipements et méthodes de surveillance doivent être
618 choisis conformément aux parties pertinentes de l'IEC 61557 et de l'IEC 61010. Si l'on utilise
619 d'autres équipements de mesure, ils doivent offrir un degré équivalent de performances et de
620 sécurité. Les méthodes d'essai décrites dans le présent article sont données comme
621 méthodes de référence; d'autres méthodes ne sont pas exclues, à condition qu'elles ne
622 donnent pas de résultats moins valables.

623 Chaque essai doit être effectué comme décrit à la section 6 du présent document.

624 Tous les essais doivent être exécutés lorsqu'il est pertinent de le faire, et il convient de les
625 effectuer, de préférence, dans la séquence indiquée.

626 Dans l'éventualité d'un essai indiquant un défaut: dès lors que le défaut a été corrigé, tous les
627 essais précédents doivent être répétés si le défaut a influencé les résultats de ces essais.

628 Dans l'éventualité d'un essai indiquant une non-conformité aux exigences, cet essai ainsi que
629 tout essai précédent qui peut avoir été influencé par le défaut doivent être répétés.

630 5.3.2 Programmes d'essai et essais additionnels

631 Le programme d'essai qui est appliqué à un système PV solaire doit être adapté à l'échelle,
632 au type, à l'emplacement et à la complexité du système en question.

633 Le présent document définit deux programmes d'essai, ainsi qu'un certain nombre d'essais
634 additionnels que l'on peut également effectuer une fois que la séquence normalisée a elle-
635 même été effectuée.

636 • Essais de catégorie 1 – L'exigence minimale - Un ensemble normalisé d'essais qui doit
637 être appliqué à tous les systèmes

638
639 • Essais de catégorie 2 – Une séquence d'essais étendue qui présuppose que tous les
640 essais de catégorie 1 ont déjà été effectués
641

642 • Essais additionnels - Autres essais que l'on peut effectuer en certaines circonstances
643
644

645 5.3.3 Programmes d'essai pour les systèmes avec électronique de niveau du module

646 Pour les systèmes fabriqués avec des modules CA, des optimiseurs de puissance ou toute
647 autre forme d'électronique de niveau du module, le tableau suivant doit être utilisé pour la
648 détermination du programme d'essai approprié.

649

650 **Tableau 1- modifications au programme d'essai pour les systèmes avec électronique de**
651 **niveau du module**

652 Système	Modification au programme d'essai normalisé
653 Module CA	<ul style="list-style-type: none"> 654 • Pas d'essais CC ou de travaux d'examen exigés
655 Micro-onduleur <i>Aucun câblage fabriqué sur le site n'est utilisé (toutes les connexions utilisant les câbles des modules et des onduleurs)</i>	<ul style="list-style-type: none"> 656 • L'essai des circuits CC n'est pas exigé 657 • L'examen des travaux CC est exigé
658 Micro-onduleur <i>On utilise un câblage fabriqué sur le site</i>	<ul style="list-style-type: none"> 659 • L'essai des circuits CC est exigé 660 • L'examen des travaux CC est exigé
661 Électronique intégrée au module	<ul style="list-style-type: none"> 662 • Si possible, un programme d'essai normalisé doit être suivi. 663 • Le fabricant doit être consulté pour la détermination de toutes les restrictions concernant les essais (par ex. essai au Megger) 664 • Le fabricant doit être consulté sur les critères de réussite/d'échec pour les essais (par ex. Voc attendu)

652

653 NOTE: Étant donné la nature diverse des différents équipements électroniques de niveau du module disponibles,
654 on n'est pas en mesure de spécifier les essais qui peuvent être effectués en toute sécurité ou de détailler les
655 résultats que l'on peut attendre de ces essais. Dans tous les cas de systèmes comportant n'importe quelle forme
656 d'électronique de niveau du module (par exemple des optimiseurs de puissance), il convient de consulter le
657 fabricant avant la mise en service.

658 **5.3.3.1 Programme d'essai de catégorie 1 – tous les systèmes**

659 Un programme d'essai de catégorie 1 est la séquence d'essais minimale attendue qui doit
660 être appliquée à tous les systèmes, quels que soient leur échelle, leur type, leur emplacement
661 et leur complexité.

662 Le programme d'essai suivant doit être effectué sur tous les systèmes:

663 a) Essais sur tous les circuits CA selon les exigences de l'IEC 60364-6.

664 À l'issue des essais sur les circuits en courant alternatif, les essais suivants doivent être
665 effectués sur le(s) circuit(s) en courant continu constituant le panneau PV.

666 b) continuité des conducteurs de mise à la terre et/ou de liaison équipotentielle, lorsqu'ils
667 sont installés

668 c) essai de polarité

669 d) Essai des boîtes de combinaison

670 e) Essai de tension de circuit ouvert de chaîne

671 f) Essai de courant de circuit de chaîne (court-circuit ou opérationnel)

672 g) essais fonctionnels

673 h) résistance d'isolation des circuits CC

674 Un essai de courbe I-V (tel que décrit à la section 6 du présent document) est une variante de
675 méthode acceptable pour déduire la tension de circuit ouvert (Voc) et le courant de court-
676 circuit (Isc) de chaîne. Lorsque l'on effectue un essai I-V, il n'est pas exigé de procéder à des
677 essais Voc et Isc séparés – à la condition que l'essai de courbe I-V soit effectué au stade
678 approprié de la séquence d'essais de catégorie 1.
679

680

681 **5.3.3.2 Programme d'essai de catégorie 2**

682 Un programme d'essai de catégorie 2 comporte des essais additionnels et est conçu pour des
683 systèmes plus gros ou plus complexes. Tous les essais de catégorie 1 doivent être effectués
684 et réussis avant que l'on ne passe aux essais additionnels de la catégorie 2.

685 Outre les essais de catégorie 1, les essais suivants peuvent être appliqués:

686 a) Essai de courbe I-V de chaîne

687 b) Examen IR

688

689 Comme noté dans la description des essais de catégorie 1, lorsque l'on effectue un essai de
690 courbe I-V, celui-ci donne un moyen acceptable de déduire Isc et Voc.

691

692 NOTE: dans certaines circonstances, on peut choisir de ne mettre en œuvre qu'un seul élément ou qu'une seule
693 partie du programme d'essai de la catégorie 2. Un exemple est le cas d'un client qui peut souhaiter que
694 l'évaluation de performance produite par l'essai de courbe I-V soit ajoutée à la séquence d'essais normalisée de la
695 catégorie 1.

696

697

698 **5.3.3.3 Essais supplémentaires**

699 Outre la suite normalisée des essais décrits dans les séquences d'essais des catégories 1 et
700 2, il existe également d'autres essais qui peuvent être effectués dans certaines
701 circonstances. En général, on met en œuvre ces essais, soit à la suite d'une demande
702 spécifique d'un client, soit comme moyen de détecter des défauts lorsque d'autres essais ou

703 anomalies opérationnelles ont mis en évidence un problème qui n'a pas été détecté par les
704 essais normalisés.

705

706 **a) Tension par rapport au sol – systèmes de terre résistive**

707 On utilise cet essai pour évaluer les systèmes qui utilisent une connexion (résistive) à haute
708 impédance par rapport au sol. Une procédure est décrite à la section 7.

709

710

711 **b) Essai des diodes de blocage**

712 Les diodes de blocage peuvent connaître des défaillances aussi bien à l'état de circuit ouvert
713 qu'à l'état de court-circuit. Cet essai est important pour les installations dans lesquelles des
714 diodes de blocage sont installées. Une procédure pour soumettre à essai les diodes de
715 blocage est décrite à la section 7.

716

717

718 **c) Essai d'isolation humide**

719 Les essais d'isolation humide sont principalement utilisés comme partie d'un exercice de
720 recherche de défauts: lorsque les résultats d'un essai d'isolation (nominalement sec)
721 normalisé sont douteux ou que l'on soupçonne l'existence de défauts d'isolation dus à
722 l'installation ou à des défauts de fabrication. Une procédure d'essai d'isolation humide est
723 décrite à la section 7.

724

725

726 **d) Évaluation de l'ombre**

727 Lorsque l'on examine un nouveau système PV, une vérification des conditions d'ombrage de
728 l'installation définitive peut être utile dans un dossier. Comme les mesures électriques
729 décrites dans la présente norme, l'évaluation de l'ombrage offre une base pour les
730 comparaisons futures à mesure que l'ombrage environnant change. Un enregistrement des
731 ombres peut également être utile pour vérifier que les hypothèses concernant l'ombrage
732 utilisées pour la conception du système sont reflétées dans le système définitif. Les
733 enregistrements des ombres sont particulièrement utiles dans le cas d'un projet soumis à une
734 garantie de performances ou à tout autre contrat de performances similaire. Une procédure
735 pour enregistrer les ombres est décrite à la section 7.

736

737 **6 Procédures d'essai – Catégorie 1**

738 **6.1 Continuité des conducteurs de mise à la terre de protection et de liaison**
739 **équipotentielle**

740 Lorsque des conducteurs de mise à la terre de protection et/ou de liaison équipotentielle sont
741 installés côté CC, comme la liaison du bâti du panneau, un essai de continuité électrique doit
742 être effectué sur l'ensemble de ces conducteurs. Il convient de vérifier également la
743 connexion à la borne principale de la terre.

744 **6.2 Essai de polarité**

745 La polarité de tous les câbles en courant continu doit être vérifiée au moyen d'appareils
746 d'essai adaptés. Une fois la polarité confirmée, les câbles doivent être vérifiés pour s'assurer
747 qu'ils sont correctement identifiés et correctement connectés dans les dispositifs du système,
748 tels que les dispositifs de commutation ou les onduleurs.

749 NOTE Pour des raisons de sécurité et pour éviter d'endommager l'équipement connecté, il est extrêmement
750 important d'effectuer un contrôle de polarité avant les autres essais et avant que les interrupteurs ne soient fermés
751 ou les dispositifs de protection contre les surintensités des chaînes insérées. Si l'on effectue un contrôle sur un
752 système préalablement installé et que la polarité inverse d'une chaîne est constatée, il est important de contrôler
753 les modules et les diodes de dérivation pour vérifier qu'ils n'ont pas été endommagés par cette erreur.

754 **6.3 Essai des boîtes de combinaison de chaîne PV**

755 Le fait qu'une chaîne particulière soit connectée en polarité inverse dans une boîte de
756 combinaison de chaînes PV peut parfois passer facilement inaperçu. Les conséquences de
757 l'inversion d'une chaîne, en particulier sur des systèmes de grande taille comportant de
758 multiples boîtes de combinaison, souvent interconnectées, peuvent être très importantes.
759 L'objet de l'essai des boîtes de combinaison est de garantir que toutes les chaînes
760 interconnectées sur la boîte de combinaison sont connectées correctement.

761 On peut effectuer un essai de polarité avec un multimètre numérique, mais lorsque l'on vérifie
762 un grand nombre de circuits, on peut facilement passer à côté de l'affichage du signe "-". En
763 variante, la séquence d'essais suivante indique une connexion inversée au moyen d'une
764 lecture de tension sensiblement différente.

765 La procédure d'essai est la suivante; elle doit être effectuée avant la toute première insertion
766 des fusibles de chaîne:

- 767 • Choisir un voltmètre dont la gamme de tensions est au moins le double de la tension
768 maximale du système.
 - 769 • Insérer tous les fusibles négatifs de telle manière que les chaînes partagent un bus
770 négatif commun.
 - 771 • Ne pas insérer de fusibles positifs.
 - 772 • Mesurer la tension de circuit ouvert de la première chaîne, du positif au négatif, et vérifier
773 qu'elle a la valeur attendue.
 - 774 • Laisser un fil sur le pôle positif de la première chaîne soumise à essai et placer l'autre fil
775 sur le pôle positif de la chaîne suivante. Du fait que les deux chaînes partagent une
776 référence négative commune, il convient que la tension mesurée soit proche de 0, avec
777 une plage de tolérance acceptable de +/-15 V.
 - 778 • Poursuivre les mesures sur les chaînes suivantes, en utilisant le premier circuit positif
779 comme connexion commune pour l'appareil de mesure.
 - 780 • Une situation d'inversion de polarité est tout à fait évidente si elle existe - la tension
781 mesurée est le double de la tension du système.
- 782
783

784 **6.4 Chaîne PV – mesure de la tension en circuit ouvert**

785 L'objectif de la mesure de tension de circuit ouvert (Voc) dans la séquence d'essais de
786 catégorie 1 est de vérifier que les chaînes de modules sont câblées correctement, et en
787 particulier que le nombre de modules connectés en série dans la chaîne correspond à la
788 valeur attendue. Oublier une interconnexion ou interconnecter par erreur un nombre incorrect
789 de modules dans une chaîne est une erreur relativement courante, en particulier dans les
790 systèmes de grande taille, et l'essai de tension de circuit ouvert permet de repérer
791 rapidement ces défauts.

792 NOTE Des tensions nettement inférieures à la valeur attendue peuvent indiquer qu'au moins un module est
793 connecté avec la mauvaise polarité ou qu'il existe des défauts dus à une mauvaise isolation, des dommages
794 ultérieurs et/ou une accumulation d'eau dans les conduits ou les boîtes de jonction. Les relevés de haute tension
795 sont habituellement le résultat d'erreurs de câblage.

796 Il convient de mesurer la tension de circuit ouvert de chaque chaîne PV au moyen d'appareils
797 de mesure adaptés. Il convient de l'effectuer avant la fermeture de tout interrupteur ou
798 l'installation de dispositifs de protection contre les surintensités des chaînes (s'ils sont
799 installés).

800 On doit ensuite évaluer la mesure de tension de circuit ouvert de chaîne résultante pour
801 s'assurer qu'elle correspond à la valeur attendue (habituellement à plus ou moins 5 %), de
802 l'une des façons suivantes:

- 803 a) En la comparant à la valeur attendue déduite de la fiche technique du module

804 b) En mesurant Voc sur un module unique, puis en utilisant cette valeur pour calculer la
805 valeur attendue pour la chaîne (méthode la plus appropriée si les conditions d'éclairement
806 sont stables)

807 c) Pour les systèmes comportant plusieurs chaînes identiques et soumis à des conditions
808 d'éclairement stables, on peut comparer les tensions entre les chaînes

809 d) Pour les systèmes comportant plusieurs chaînes identiques et soumis à des conditions
810 d'éclairement instables, on peut comparer les tensions entre les chaînes en utilisant
811 plusieurs appareils de mesure, l'un d'eux étant sur une chaîne de référence.

812

813 **6.5 Chaîne PV – mesure du courant**

814 **6.5.1 Généralités**

815 L'essai de mesure du courant de chaîne PV a pour objet de vérifier qu'il n'y a pas de défauts
816 majeurs dans le câblage du panneau PV. Ces essais ne doivent pas être considérés comme
817 une mesure de la performance du module/du panneau.

818 Les deux méthodes d'essai sont possibles (essai de court-circuit ou essai opérationnel), et
819 toutes deux donnent des informations sur le fonctionnement correct de la chaîne PV. Si
820 possible, l'essai de court-circuit est préférable, puisque celui-ci exclut toute influence de
821 l'onduleur.

822 **6.5.2 Chaîne PV – essai de court-circuit**

823 Il convient de mesurer le courant de court-circuit de chaque chaîne PV au moyen d'appareils
824 d'essai adaptés. L'établissement/l'interruption des courants de court-circuit des chaînes est
825 potentiellement dangereux et il convient de suivre une méthode d'essai adaptée, telle que
826 celle décrite ci-dessous.

827 Il convient de comparer les valeurs mesurées à la valeur attendue. Pour les systèmes
828 comportant plusieurs chaînes identiques et soumis à des conditions d'éclairement stables, les
829 mesures de courant dans les chaînes individuelles doivent être comparées. Il convient que
830 ces valeurs soient les mêmes (généralement à 5 % du courant de chaîne moyen, pour des
831 conditions d'éclairement stables).

832 Pour des conditions d'éclairement non stables, les méthodes suivantes peuvent être adoptées:

- 833 • les essais peuvent être retardés
- 834 • les essais peuvent être faits en utilisant plusieurs appareils de mesure, avec un appareil
835 de mesure sur une chaîne de référence
- 836 • on peut utiliser la valeur donnée par un appareil de mesure d'éclairement ou apprécier
837 visuellement les conditions d'ensoleillement pour estimer la validité des mesures de
838 courant.

839

840 NOTE: L'utilisation d'un appareil de mesure d'éclairement ou l'appréciation visuelle des conditions d'ensoleillement
841 sont indiquées ici simplement comme un moyen de déterminer si le courant mesuré se trouve dans la bande
842 attendue. Comme mentionné dans l'introduction de cette section, l'essai de courant de court-circuit a davantage
843 pour objet de détecter des défauts que de donner une quelconque indication des performances du système. Les
844 mesures de performances du système sont considérées comme faisant partie d'un programme d'essais de
845 catégorie 2, et il est préférable de les effectuer au moyen d'un essai de courbe I-V.

846

847 **6.5.3 Méthode d'essai de court-circuit**

848 S'assurer que tous les dispositifs de commutation et moyens de déconnexion sont ouverts et
849 que toutes les chaînes PV sont isolées les unes des autres.

850 Un court-circuit temporaire doit être introduit dans la chaîne en essai. Cela peut être accompli
851 de différentes manières:

852 a) En utilisant un instrument d'essai doté d'une fonction de mesure de courant de court-
853 circuit (par ex. un appareil d'essai de PV spécialisé).

854 b) Un câble en court-circuit temporairement connecté dans un dispositif de commutation
855 coupe-charge déjà présent dans le circuit de la chaîne.

856 c) L'utilisation d'une "boîte d'essai d'interrupteur de court-circuit" – un dispositif assigné
857 coupe-charge pouvant être temporairement introduit dans le circuit pour créer un court-
858 circuit commuté.

859 On doit s'assurer que l'instrument d'essai possède des caractéristiques assignées
860 supérieures au courant de court-circuit potentiel et à la tension de circuit ouvert potentielle.
861 On doit également s'assurer que, si l'on utilise un dispositif de commutation et/ou un
862 conducteur de court-circuit pour former le court-circuit, ceux-ci aient une valeur assignée
863 supérieure au courant de court-circuit potentiel et à la tension de circuit ouvert potentielle.

864 Le courant de court-circuit peut alors être mesuré au moyen d'un ampèremètre à pince, d'un
865 ampèremètre en ligne ou d'un instrument d'essai de valeur assignée convenable, disposant
866 d'une fonction de mesure de courant de court-circuit.

867 On doit alors interrompre le courant de court-circuit en utilisant le dispositif de commutation
868 de rupture de charge et vérifier que le courant est passé à zéro avant que toute autre
869 connexion ne soit modifiée.

870 NOTE Une "boîte d'interrupteur de court-circuit" est un élément d'appareillage d'essai qui peut être utilisé pour
871 les essais de court-circuit ainsi que les essais d'isolation des panneaux (voir 6.7)

872

873 **6.5.4 Chaîne PV – Essais opérationnels**

874 Lorsque le système est alimenté et en mode de fonctionnement normal (conversion optimale
875 d'énergie des onduleurs), il convient de mesurer le courant de chaque chaîne PV en utilisant
876 un ampèremètre à pince placé autour du câble de la chaîne.

877 Il convient de comparer les valeurs mesurées à la valeur attendue. Pour les systèmes
878 comportant plusieurs chaînes identiques et soumis à des conditions d'éclairement stables, les
879 mesures de courant dans les chaînes individuelles doivent être comparées. Il convient que
880 ces valeurs soient les mêmes (généralement à 5 % du courant de chaîne moyen pour des
881 conditions d'éclairement stables).

882 Pour des conditions d'éclairement non stables, les méthodes suivantes peuvent être adoptées:

- 883 • les essais peuvent être retardés
- 884 • les essais peuvent être faits en utilisant plusieurs appareils de mesure, avec un appareil
885 de mesure sur une chaîne de référence
- 886 • on peut utiliser une valeur de l'appareil de mesure d'éclairement pour ajuster les mesures
887 de courant.

888

889

890

891 **6.6 Essais de fonctionnement**

892 Les essais de fonctionnement suivants doivent être effectués:

893 a) On doit soumettre à essai l'appareillage de connexion et les autres appareillages de
894 commande pour s'assurer de leur bon fonctionnement et veiller à ce qu'ils soient montés
895 et connectés de manière appropriée.

896 b) On doit soumettre à essai tous les onduleurs faisant partie du système PV pour en vérifier
897 le bon fonctionnement. Il convient que la procédure d'essai soit celle définie par le
898 fabricant d'onduleurs.

899

900 **6.7 Essai de résistance d'isolation des panneaux PV**

901 **6.7.1 Généralités**

902 Les circuits à courant alternatif des panneaux PV sont sous tension pendant la journée et,
903 contrairement au circuit à courant alternatif conventionnel, on ne peut pas les isoler avant
904 d'accomplir cet essai.

905 La réalisation de cet essai présente un risque potentiel de choc électrique, aussi est-il
906 important de bien comprendre la procédure avant de commencer toute opération. Il convient
907 de suivre les mesures de sécurité de base suivantes:

- 908 • Limiter l'accès à la zone de travail.
- 909 • Lors de l'exécution de l'essai d'isolation, ne toucher aucune surface métallique et
910 n'effectuer aucune mesure pour empêcher les personnes de toucher des surfaces
911 métalliques.
- 912 • Lors de l'exécution de l'essai d'isolation, ne pas toucher l'arrière du module/stratifié ou les
913 bornes du module/stratifié, et prendre des mesures pour empêcher les personnes de
914 toucher ces emplacements.
- 915 • Lorsque le dispositif d'essai d'isolation est sous tension, une tension est présente sur la
916 zone d'essai. Le matériel doit avoir une fonctionnalité d'autodécharge automatique.
- 917 • Il convient de porter les vêtements/l'équipement de protection individuels appropriés
918 pendant la durée de l'essai.

919

920 Si les résultats de l'essai sont douteux, ou si l'on soupçonne la présence de défauts
921 d'isolation dus à l'installation ou à des défauts de fabrication, un essai d'isolement de
922 panneau humide peut être recommandé – voir à l'Article 7.1 la procédure appropriée pour
923 l'essai.

924

925 Si des dispositifs de protection contre les surtensions (SPD) ou d'autres équipements sont
926 susceptibles d'influencer l'essai de vérification ou d'être endommagés, on doit déconnecter
927 ces équipements provisoirement avant de procéder à l'essai de résistance d'isolation.

928

929

930 **6.7.2 Essai de résistance d'isolation des panneaux PV – méthode d'essai**

931 Il convient de répéter l'essai pour chaque panneau PV au minimum. On peut également
932 soumettre à essai des chaînes individuelles, si nécessaire.

933 Deux méthodes d'essai sont possibles:

934 MÉTHODE D'ESSAI 1 – Essai entre potentiel négatif du panneau et la terre suivi d'un essai
935 entre le potentiel positif du panneau et la terre.

936 MÉTHODE D'ESSAI 2 – Essai entre la terre et les potentiels positif et négatif du panneau
937 court-circuités.

938 Si la structure/le bâti est relié à la terre, le raccordement à la terre peut correspondre à tout
939 raccordement de terre approprié ou au bâti du panneau (si l'on utilise le bâti du panneau,
940 s'assurer du bon contact et de la continuité sur l'ensemble du bâti métallique).

941 Pour les systèmes dans lesquels le bâti de panneau n'est pas relié à la terre (par ex. s'il
942 existe une installation classe II), un technicien de mise en service peut choisir d'effectuer les
943 deux essais: i) entre les câbles du panneau et la terre et un essai additionnel ii) entre les
944 câbles du panneau et le bâti.

945 Pour les panneaux ne comportant pas de parties conductrices accessibles (par exemple les
946 tuiles PV), l'essai doit s'effectuer entre les câbles du panneau et la terre du bâtiment.

947 NOTE 1: Si la méthode d'essai 2 est adoptée, pour réduire au maximum les risques d'arc électrique, il convient
948 de court-circuiter les câbles positifs et négatifs du panneau d'une manière sûre. À cet effet, on utilise
949 généralement une "boîte d'interrupteur de court-circuit" appropriée. Ce dispositif contient un interrupteur à courant
950 continu assigné de coupure de charge pouvant, en toute sécurité, établir et couper la connexion de court-circuit –
951 après que les câbles du panneau ont été connectés en toute sécurité dans le dispositif.

952 NOTE 2: Il convient de concevoir la procédure d'essai de façon à s'assurer que la tension de crête n'excède pas
953 les caractéristiques assignées des modules, des commutateurs, des parafoudres et autres composants du
954 système.

955

956 6.7.3 Résistance d'isolation des panneaux PV - méthode d'essai

957 Avant de commencer l'essai: limiter l'accès du personnel non autorisé; isoler le panneau PV
958 de l'onduleur (généralement au niveau de l'interrupteur-sectionneur du panneau); et
959 déconnecter toute partie de l'équipement susceptible d'avoir un impact sur la mesure de
960 l'isolation (à savoir, protection contre les surtensions) dans les boîtes de jonction ou de
961 combinaison.

962 Si l'on utilise une boîte d'interrupteur de court-circuit pour l'essai selon la méthode 2, il
963 convient de fixer correctement les câbles du panneau dans le dispositif de court-circuit, avant
964 d'activer l'interrupteur de court-circuit.

965 Le dispositif d'essai de résistance d'isolation doit être connecté entre la terre et le(s) câble(s)
966 des panneaux, selon ce qui est approprié pour la méthode d'essai adoptée. Il convient de
967 fixer correctement les câbles d'essai avant d'effectuer l'essai.

968 Suivre les instructions du dispositif d'essai de résistance d'isolation pour s'assurer que la
969 tension d'essai est conforme au Tableau 1 et aux relevés en MΩ.

970 S'assurer que le système est mis hors tension avant d'enlever les câbles d'essai ou de
971 toucher les parties conductrices.

972

973 6.7.3.1 Résistance d'isolation – panneaux PV jusqu'à 10 kWp

974 Pour les panneaux PV jusqu'à 10 kWp, la résistance d'isolation doit être mesurée avec la
975 tension d'essai indiquée au Tableau 2. Le résultat est satisfaisant si chaque circuit comporte
976 une résistance d'isolation ayant au moins la valeur appropriée donnée au Tableau 2.

977 **Tableau 2 – Valeurs minimales de la résistance d'isolation – panneaux PV jusqu'à**
978 **10 kWp**

Tension du système (<i>V_{oc stc} x 1,25</i>)	Tension d'essai	Résistance d'isolation minimale
< 120 V	250 V	0,5 MΩ
120 V à 500 V	500 V	1 MΩ
> 500 V	1 000 V	1 MΩ

979

980

981

982 **6.7.3.2**983 **6.7.3.3 Résistance d'isolation – panneaux PV de plus de 10 kWp**

984 Pour les panneaux PV de plus de 10 kWp, une des deux méthodes d'essai suivantes doit être
985 suivie:

986 **Méthode A**

987 Effectuer l'essai de résistance d'isolation sur:

- 988 • des chaînes individuelles; ou
- 989 • des chaînes combinées, si la capacité totale combinée ne dépasse pas 10 kWp

990 La résistance d'isolation doit être mesurée avec la tension d'essai indiquée au Tableau 2. Le
991 résultat est satisfaisant si la résistance d'isolation n'est pas inférieure à la valeur appropriée
992 donnée dans le Tableau 2.

993 **Méthode B**

994 Effectuer l'essai de résistance d'isolation sur les chaînes combinées de plus de 10 kWp

995 La résistance d'isolation doit être mesurée avec la tension d'essai indiquée au Tableau 2. Le
996 résultat est satisfaisant si la résistance d'isolation n'est pas inférieure à la valeur appropriée
997 donnée dans le Tableau 2.

998 Si les mesures tombent au-dessous de la valeur appropriée donnée au Tableau 2, il convient
999 que de soumettre à nouveau le système à essai en introduisant un nombre de chaînes plus
1000 réduit dans le circuit d'essai.

1001

1002

1003 **7 Procédures d'essai – Catégorie 2**1004 **7.1 Mesure de courbe I-V de chaîne**

1005 Un essai de courbe I-V de chaîne peut apporter les informations suivantes:

1006

- 1007 • Mesures de la tension de circuit ouvert (V_{oc}) et du courant de court-circuit (I_{sc}) de chaîne
- 1008 • Mesures de la tension de puissance maximale (V_{mpp}), du courant de puissance maximale
1009 (I_{mpp}) et de la puissance maximale (P_{max})
- 1010 • Mesure de la performance du panneau
- 1011 • Identification des défauts ou des problèmes d'ombrage des modules/panneaux

1012

1013 Avant d'effectuer un essai de courbe I-V, on doit vérifier le dispositif d'essai de courbe I-V
1014 pour s'assurer qu'il a les valeurs assignées qui conviennent à la tension et au courant du
1015 circuit soumis à essai.

1016

1017 **7.1.1 Mesure de courbe I-V de V_{oc} et I_{sc}**

1018 Un essai de courbe I-V est une variante de méthode acceptable pour déduire la tension de
1019 circuit ouvert (V_{oc}) et le courant de court-circuit (I_{sc}) de chaîne. Lorsque l'on effectue un
1020 essai de courbe I-V, il n'est pas exigé de procéder à des essais V_{oc} et I_{sc} séparés – à la
1021 condition que l'essai de courbe I-V soit effectué au stade approprié de la séquence d'essais
1022 de catégorie 1.

1023

1024 Il convient que la chaîne soumise à essai soit isolée et reliée au dispositif d'essai de courbe I-
1025 V. Si l'objectif de l'essai de courbe I-V est uniquement d'obtenir des valeurs pour Voc et Isc, il
1026 n'existe alors aucune exigence de mesurer l'éclairement (ou la température de cellule).

1027

1028 **7.1.2 Mesure de courbe I-V - performance du panneau**

1029 En présence de conditions d'éclairement appropriées, un essai de courbe I-V offre un moyen
1030 de vérifier par des mesures que la performance d'un panneau PV satisfait à la performance
1031 assignée (plaque signalétique).

1032

1033 Les mesures de performance de chaîne et de panneau PV doivent être effectuées dans des
1034 conditions d'éclairement stables d'au moins 400 W/m², mesurées dans le plan du panneau.

1035

1036 NOTE 1: On peut s'attendre à des résultats médiocres si les mesures sont effectuées sous faible éclairement ou si
1037 l'angle d'incidence est trop oblique.

1038 NOTE 2: Le courant et la tension de puissance maximale d'une chaîne PV sont affectés directement par
1039 l'éclairement et la température, et sont affectés indirectement par des modifications de la forme de la courbe I-V.
1040 En général, la forme de la courbe I-V varie légèrement en fonction de l'éclairement et, sous un niveau critique
1041 d'éclairement, la forme de la courbe varie intensément. Les détails de la variation dépendent de la technologie PV
1042 et de l'étendue des dégradations qu'a subie la performance du module au fil du temps. Les variations dans la
1043 forme de la courbe peuvent provoquer des erreurs lors de l'évaluation de la performance du panneau, quelle que
1044 soit la méthode utilisée pour caractériser la performance de la chaîne (tracé de courbe I-V ou mesures de courant
1045 et de tension séparées).

1046

1047 La procédure pour effectuer l'essai de courbe I-V doit être la suivante:

1048

1049 • S'assurer que le système est fermé et qu'aucun courant ne circule.

1050 • Il convient que la chaîne soumise à essai soit isolée et reliée au dispositif d'essai de
1051 courbe I-V.

1052 • Il convient de programmer l'instrument d'essai avec les caractéristiques, le type et la
1053 quantité de modules soumis à essai.

1054 • Il convient de monter l'appareil de mesure d'éclairement associé à l'appareil d'essai de
1055 courbe I-V de façon à ce qu'il corresponde au plan du panneau, puis s'assurer qu'il n'est
1056 pas soumis à une ombre localisée ou à de la lumière réfléchi (albédo). Si l'on utilise un
1057 dispositif à cellule de référence, on doit s'assurer qu'il est de la même technologie de
1058 cellule que le panneau soumis à essai, ou le corriger de façon appropriée pour tenir
1059 compte des différences de technologies.

1060 • Si l'appareil d'essai de courbe I-V utilise une sonde de température de cellule, celle-ci doit
1061 être en contact ferme avec l'arrière du module et dans le centre d'une cellule en direction
1062 du centre d'un module. Si le dispositif d'essai de courbe I-V calcule des corrections de
1063 température, on doit effectuer des vérifications pour s'assurer que les caractéristiques de
1064 module correctes sont entrées dans le dispositif et que la valeur Voc de la chaîne se
1065 trouve dans la plage attendue.

1066 NOTE: On effectue une vérification de Voc pour s'assurer que la chaîne possède le nombre de modules
1067 correct – un nombre incorrect provoquerait une erreur lors de la détermination de la température.

1068

1069 • Avant de commencer l'essai, on doit vérifier les niveaux d'éclairement pour s'assurer
1070 qu'ils sont supérieurs à 400 W/m² dans le plan du panneau.

1071 Lorsque l'essai est terminé, il convient de comparer la valeur de puissance maximale
1072 mesurée à la valeur assignée (plaque signalétique) du panneau soumis à essai. Il convient
1073 que la valeur mesurée se trouve à l'intérieur de la tolérance de puissance indiquée pour les
1074 modules soumis à essai (en même temps que l'on tient compte de la précision de
1075 l'équipement d'essai de courbe I-V).

1076 **7.1.3 Mesure de courbe I-V - Identification des défauts ou des problèmes d'ombrage**
1077 **des modules/panneaux**

1078 La forme d'une courbe I-V peut fournir des informations utiles sur le panneau en essai. Des
1079 défauts tels que les suivants peuvent être identifiés:

1080

- 1081 • Cellules/modules endommagés
- 1082 • Diodes de dérivation en court-circuit
- 1083 • Ombrage local
- 1084 • Disparité de modules
- 1085 • La présence d'une résistance shunt dans les cellules/modules/panneaux
- 1086 • Résistance série excessive

1087

1088

1089 Si l'objectif de la mesure de courbe I-V est de vérifier qu'il n'y a pas de marches ou
1090 d'encoches du type de ceux causés par les effets de disparité, on peut effectuer la mesure à
1091 un éclairement inférieur et à des angles d'incidence supérieurs à ceux exigés pour les essais
1092 de performance.

1093

1094 Pour la plupart des essais de forme, il convient que les valeurs d'éclairement soient
1095 supérieures à 100 W/m². Cependant, on peut aussi obtenir des valeurs utiles à des niveaux
1096 d'éclairement plus faibles. Si l'on constate des défauts de forme à des niveaux d'éclairement
1097 de moins de 100 W/m², même si cela peut justifier de rechercher un défaut potentiel, il
1098 convient également de répéter l'essai à un moment où des valeurs supérieures à 100 W/m²
1099 sont présentes.

1100

1101 Lorsque l'on enregistre une courbe I-V, on doit étudier la forme en vue d'y rechercher tout
1102 écart par rapport à la courbe prédite. Les écarts par rapport aux courbes I-V nécessitent une
1103 attention particulière car ils peuvent signaler des défauts importants dans le panneau PV qui
1104 n'auraient pas été détectés autrement. Des informations concernant l'interprétation des écarts
1105 par rapport à une courbe I-V sont données à l'Annexe D.

1106

1107 Pour les systèmes comportant plusieurs chaînes identiques et soumis à des conditions
1108 d'éclairement stables, les courbes provenant de chaînes individuelles doivent être comparées
1109 (superposées). Il convient que les courbes soient les mêmes (généralement à 5 % pour des
1110 conditions d'éclairement stables).

1111

1112

1113 7.2 Procédure d'examen du panneau PV par caméra infrarouge

1114 Un examen par caméra infrarouge (IR) a pour objet de détecter des variations de température
1115 inhabituelles dans les modules PV en fonctionnement sur le terrain. De telles variations de
1116 température peuvent indiquer des problèmes dans les modules et/ou panneaux, tels que des
1117 cellules en polarisation inverse, des diodes de dérivation défectueuses, une défaillance des
1118 liaisons soudées, de mauvaises connexions et d'autres conditions qui conduisent à un
1119 fonctionnement à température localement élevée.

1120 NOTE: Tout en faisant partie d'un processus de vérification initial ou périodique, on peut aussi utiliser l'essai IR
1121 pour trouver l'origine de problèmes suspectés dans un module, une chaîne ou un panneau.

1122 7.2.1 Procédure d'essai IR

1123 Pour un examen par caméra IR, il convient que le panneau soit en mode de fonctionnement
1124 normal (avec suivi des points de puissance crête des onduleurs). Il convient que l'éclairement
1125 dans le plan du panneau soit supérieur à 400 W/m² et que les conditions climatiques soient
1126 stables. Dans l'idéal, il convient que l'éclairement soit relativement constant et supérieur à
1127 600 W/m² dans le plan du panneau pour s'assurer qu'il y ait suffisamment de courant pour
1128 engendrer des différences de températures perceptibles.

1129 Suivant la construction du module et sa configuration de montage, déterminer le côté du
1130 module qui produit l'image thermique la plus parlante (il peut être nécessaire de répéter la
1131 méthode de chaque côté).

1132 Examiner chaque module du panneau ou du sous-panneau en question, en faisant
1133 particulièrement attention aux diodes de blocage, aux boîtes de jonction, aux raccordements
1134 électriques ou à tout problème, spécifiquement identifié, d'un panneau présentant une
1135 différence de température perceptible par rapport à son environnement immédiat.

1136 Lors de l'examen de la face d'un panneau, il convient de faire attention à ce que la caméra et
1137 l'opérateur ne projettent pas d'ombres sur la surface examinée.

1138 NOTE Regarder le module par l'arrière minimise les interférences dues à la lumière reflétée par le verre du
1139 module, mais regarder le module de face fournit généralement des images facilement parlantes grâce à la
1140 conductivité thermique du verre.

1141 7.2.2 Interprétation des résultats d'essai IR

1142 Les articles suivants décrivent les problèmes habituels qui peuvent être rencontrés durant un
1143 essai IR

1144 7.2.2.1 Résultats d'essai IR - Généralités

1145 L'essai recherche en premier lieu les variations de température anormales dans le panneau. Il
1146 convient d'identifier les variations de température normales dues aux points de montage, aux
1147 étiquettes adhésives et aux autres éléments uniquement dans le but d'éviter d'enregistrer ces
1148 variations de température normales.

1149 Au quotidien, la température moyenne d'un panneau PV varie de façon relativement
1150 importante, donc une valeur normalisée de température absolue pour identifier les anomalies
1151 n'est pas spécialement utile. La différence de température entre le point chaud et le reste du
1152 panneau fonctionnant normalement est plus importante. Il convient de noter que la
1153 température du panneau dépend de l'éclairement, de la vitesse du vent et de la température
1154 ambiante, laquelle varie de façon significative au cours des heures d'ensoleillement.

1155 Documenter les zones présentant des extrêmes de températures en marquant clairement leur
1156 emplacement sur le composant suspect lui-même, ou sur les dessins de disposition du
1157 panneau/des chaînes. Rechercher toute anomalie thermique pour déterminer quelle(s)
1158 peu(ven)t être la ou les cause(s) éventuelle(s). Utiliser un examen visuel et les essais

1159 électriques (niveau de la chaîne et du module) pour les rechercher. Dans certains cas, une
1160 courbe I-V d'un ou plusieurs modules présentant une anomalie thermique comparée à la
1161 courbe I-V d'un module sans anomalie thermique peut se révéler être un outil utile.

1162 Avec une caméra IR grand angle, il peut être possible de détecter des modules et des
1163 chaînes qui ne génèrent pas d'énergie, car leur température est légèrement supérieure à
1164 celle de leurs modules voisins (qui fonctionnent).

1165 Dans certaines circonstances, répéter un examen sur un segment du panneau en circuit
1166 ouvert peut apporter des informations utiles. Laisser au panneau au moins 15 minutes après
1167 l'ouverture du circuit pour s'équilibrer thermiquement. Les chaînes de module dont l'image IR
1168 ne change pas peuvent ne pas produire du courant dans les conditions de charge.

1169 **7.2.2.2 Résultats d'essai IR - Points chauds des modules**

1170 Il convient que la température du module soit relativement uniforme, sans zone de différence
1171 de température significative. Cependant, on doit s'attendre à ce que le module soit plus chaud
1172 autour de la boîte de jonction qu'ailleurs puisqu'il n'y a pas de conduction aussi bonne de la
1173 température dans son environnement immédiat. Il est également normal de voir un gradient
1174 de température sur les bords et les supports des modules PV.

1175 Un point chaud à un endroit quelconque d'un module indique généralement un problème
1176 électrique, éventuellement une résistance série, une résistance en parallèle ou une disparité
1177 de cellule. Dans tous les cas, étudier la performance de tous les modules qui présentent un
1178 ou plusieurs points chauds significatifs. Un examen visuel peut mettre en évidence des signes
1179 de surchauffe, par exemple une zone de couleur marron ou décolorée.

1180 **7.2.2.3 Résultats d'essai IR - diodes de dérivation**

1181 Si l'une des diodes de dérivation est chaude (passante), vérifier le panneau pour rechercher
1182 des raisons évidentes comme l'ombrage ou des débris sur le module protégé par la diode. S'il
1183 n'y a pas de cause évidente, suspecter un module défaillant.

1184 **7.2.2.4 Résultats d'essai IR - Connexions des câbles**

1185 Il convient que les connexions des câbles entre les modules ne soient pas sensiblement plus
1186 chaudes que le câble lui-même. Si les connexions sont plus chaudes, les inspecter pour voir
1187 si la connexion est desserrée ou corrodée.

1188

1189 **8 Procédures d'essai – essais additionnels**

1190 **8.1 Tension par rapport au sol – systèmes de terre résistive**

1191 On utilise cet essai pour évaluer les systèmes qui utilisent une connexion (résistive) à haute
1192 impédance par rapport au sol. Des procédures d'essai spécifiques sont proposées par les
1193 fabricants de modules qui exigent des systèmes de terre résistive pour leurs modules
1194

1195 L'essai doit être effectué pour les exigences spécifiques du fabricant de modules, pour
1196 vérifier que la résistance en place est de la valeur correcte et maintient le système CC à des
1197 tensions acceptables par rapport à la masse, ou avec des plages acceptables de courant de
1198 fuite.

1199

1200

1201 **8.2 Essai des diodes de blocage**

1202 Les diodes de blocage peuvent connaître des défaillances aussi bien à l'état de circuit ouvert
1203 qu'à l'état de court-circuit. Cet essai est important pour les installations dans lesquelles des
1204 diodes de blocage sont installées.

1205

1206 On doit examiner toutes les diodes pour s'assurer qu'elles sont connectées correctement
1207 (polarité correcte) et qu'elles ne présentent pas de signe de surchauffe ou de carbonisation.

1208 En mode de fonctionnement normal, on doit mesurer la tension aux bornes de la diode de
1209 blocage (VBD).

1210 • Critères de réussite - VBD compris entre 0,5 V et 1,65 V

1211 Si la tension se trouve en dehors de cette plage, le système doit être soumis à d'autres
1212 recherches permettant de déterminer si la défaillance de la diode est un incident isolé ou le
1213 résultat d'un autre défaut du système.

1214

1215 **8.3 Panneau PV - Essai de résistance d'isolation humide**

1216 L'essai de résistance d'isolation humide est principalement utilisé comme partie d'un exercice
1217 de recherche de défauts.

1218

1219 L'essai de résistance d'isolation humide évalue l'isolation électrique du panneau PV dans des
1220 conditions de fonctionnement humides. Cet essai simule la pluie ou la rosée sur le panneau
1221 et son câblage, et permet de vérifier qu'il n'y a pas de pénétration d'humidité dans les parties
1222 actives des circuits électriques du panneau qui peut favoriser la corrosion, provoquer des
1223 défauts de terre ou exposer le personnel ou le matériel à des dangers concernant la sécurité
1224 électrique.

1225

1226 Cet essai est particulièrement efficace à détecter les câblages endommagés, les capots de
1227 boîtes de jonction mal fermés et d'autres problèmes d'installation similaires. On peut
1228 également l'utiliser pour détecter les défauts de fabrication et de conception tels que les
1229 piqûres des supports polymères, les boîtes de jonction fêlées, les boîtiers de diodes
1230 manquant d'étanchéité et les connecteurs inappropriés (dont les valeurs assignées
1231 correspondent à une utilisation en intérieur).

1232

1233 On met habituellement en œuvre un essai d'isolation humide lorsque les résultats d'un essai
1234 à sec (nominalement) sont douteux, ou lorsque l'on soupçonne l'existence de défaillances
1235 dans l'isolation, dues à des défauts d'installation ou de fabrication.

1236

1237 L'essai peut être appliqué à un panneau complet ou à des parties sélectionnées. Lorsque l'on
1238 soumet à essai uniquement certaines parties du panneau, il convient de choisir ces parties
1239 d'après un problème connu ou suspecté, identifié au cours d'autres essais; ou en prenant une
1240 partie choisie au hasard. Lorsque l'on sélectionne une partie au hasard, il convient de
1241 soumettre à essai au moins 10 % du panneau complet.

1242

1243 **8.3.1 Essai d'isolation humide**

1244

1245 La procédure à suivre doit être la même que celle décrite dans l'essai d'isolation normalisé,
1246 mais avec une étape initiale additionnelle consistant à humidifier le panneau.

1247

1248 Avant l'essai, il convient d'humidifier abondamment le panneau soumis à essai avec un
1249 mélange d'eau et d'agent de surface. Il convient de pulvériser le mélange sur toutes les
1250 parties du panneau en essai. Avant l'essai, il convient de vérifier le panneau pour s'assurer
1251 que toutes les parties sont humidifiées, y compris l'avant, l'arrière et les bords des modules,
1252 de même que toutes les boîtes de jonction et les câbles.

1253

1254 L'exécution de cet essai comporte des risques de choc électrique, il convient donc de suivre
1255 les préparations de sécurité décrites pour un essai d'isolation normalisé. Lors du choix d'un
1256 équipement de protection individuel à porter durant l'essai, il convient de tenir compte de
1257 l'humidité de l'environnement dans lequel l'essai doit être effectué.

1258

1259

1260

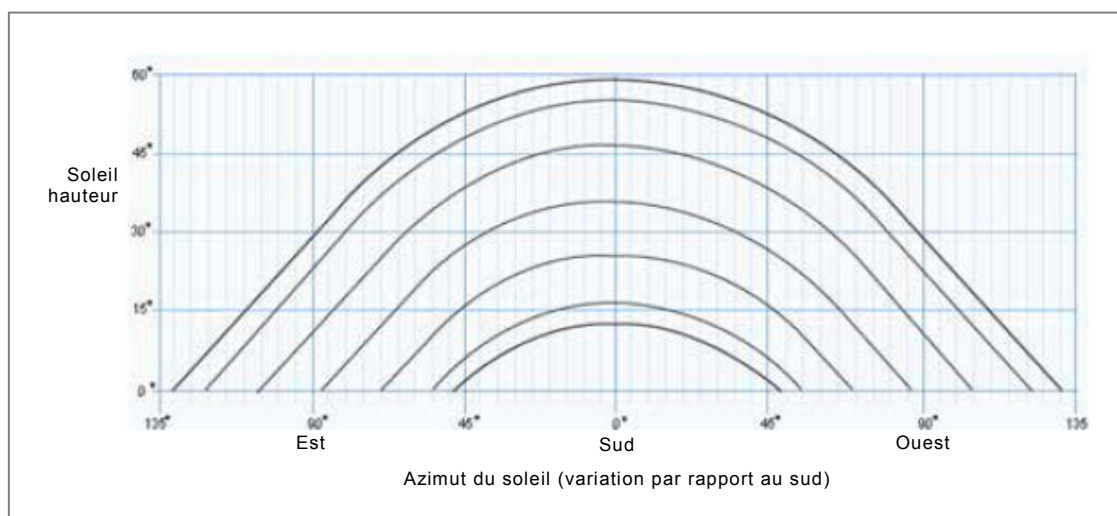
1261 8.4 Évaluation de l'ombre

1262 L'objectif de l'évaluation de l'ombre est de consigner les conditions d'ombrage et d'horizon
1263 présentes à ce moment-là - pour fournir une base pour les comparaisons futures.

1264 Pour les petits systèmes, il convient que l'enregistrement de l'ombre soit effectué aussi près
1265 que possible du centre du panneau. Pour les systèmes plus gros, pour les systèmes
1266 comportant plusieurs sous-panneaux ou un ombrage complexe, une série de mesures
1267 d'ombre peut être exigée.

1268 Il existe un certain nombre de moyens pour mesurer et enregistrer l'ombre. Une méthode
1269 appropriée consiste à enregistrer la scène d'ombrage sur un schéma de trajet solaire, comme
1270 indiqué ci-dessous:
1271

1272
1273



1274
1275

1276 **Figure 1: Exemple de schéma de trajet solaire**

1277

1278 NOTE: Exemple de schéma de trajet solaire uniquement (les courbes de trajet solaire varient en fonction de la
1279 latitude du site)

1280

1281 Dans tous les cas, l'enregistrement de l'ombre doit:

1282

- 1283 • Mentionner l'emplacement où l'enregistrement de l'ombre a été effectué
- 1284 • Indiquer le sud ou le nord (selon ce qui est approprié)
- 1285 • Être dimensionné de façon à montrer l'élévation (hauteur) de n'importe quel objet faisant
1286 de l'ombre

1287

1288 NOTE: Une description de caractéristiques de l'ombrage susceptibles de poser des problèmes à l'avenir peut
1289 également être utile dans cet enregistrement. Il s'agit en particulier des projets de construction en cours ou prévus,
1290 et de toute végétation susceptible de pousser au point d'obstruer une partie du panneau.

1291

1292 **9 Rapports de vérification**

1293 **9.1 Généralités**

1294 À l'issue du processus de vérification, un rapport doit être émis. Ce rapport doit comprendre les
1295 informations suivantes:

- 1296 • Informations de synthèse décrivant le système (nom, adresse, etc.)
- 1297 • Une liste des circuits ayant été examinés et soumis aux essais
- 1298 • Un procès-verbal de l'examen
- 1299 • Un rapport des résultats d'essai pour chaque circuit soumis à essai.
- 1300 • L'intervalle avant la prochaine vérification
- 1301 • La signature de la (des) personne(s) entreprenant la vérification

1302 Les rapports de vérification modèles figurent dans les annexes de la présente norme.

1303 NOTE: Dans certains pays, l'intervalle entre deux vérifications est défini par des règlements nationaux.

1304

1305 **9.2 Vérification initiale**

1306 La vérification d'une nouvelle installation doit être réalisée selon les exigences de l'Article 5
1307 de la présente norme. Le rapport de vérification initiale doit inclure des informations
1308 supplémentaires concernant la(les) personne(s) responsable(s) de la conception, la
1309 construction et la vérification du système – et l'étendue de leurs responsabilités respectives.

1310 Le rapport de vérification initiale doit faire une recommandation sur l'intervalle de temps entre
1311 les examens périodiques. On doit déterminer celui-ci en tenant compte du type d'installation
1312 et d'équipement, de son utilisation et son fonctionnement, de la fréquence et la qualité des
1313 opérations de maintenance et des influences externes auxquels ils peuvent être soumis.

1314 **9.3 Vérification périodique**

1315 La vérification périodique d'une installation existante doit être réalisée selon les exigences de
1316 l'Article 5 de la présente norme. S'il y a lieu, on doit prendre en compte les résultats et
1317 recommandations des vérifications périodiques précédentes.

1318 Un rapport de vérification périodique doit être fourni, incluant une liste de tous défauts et
1319 recommandations en vue de réparations ou améliorations (telles que la mise à niveau d'un
1320 système pour satisfaire aux normes en vigueur).

1321
1322
1323
1324

Annex A (informative)

Certificat de vérification modèle

1325

Certificat de vérification du système PV	<input type="checkbox"/> Vérification initiale <input type="checkbox"/> Vérification périodique
---	--

Client		Description de l'installation	
Adresse de l'installation		Puissance assignée - kW CC	
Date d'essai		Emplacement	
		Circuits essayés	

1326

Nom et adresse des entreprises		Référence du rapport d'examen selon l'IEC 60364-6:	
		Référence du rapport d'essai selon l'IEC 60364-6:	
		Référence du rapport d'examen du panneau PV:	
		Référence du rapport d'essai du panneau PV:	

CONCEPTION, FABRICATION, EXAMEN ET ESSAIS

Je/nous soussigné(s), la(s) personne(s) en charge de la conception, de la fabrication, de l'examen et des essais de l'installation électrique dont les détails figurent ci-dessus, ayant fait preuve d'expérience et de diligence lors de la réalisation de la conception, de la fabrication, de l'examen et des essais, certifie/certifions par la présente que lesdits travaux dont j'ai eu /nous avons eu la charge sont, pour autant que je/nous le sache(sachions), conformes à

Signature(s):	Prochain examen recommandé après un intervalle de temps inférieur à:	
Nom(s):	COMMENTAIRES:	
Date:		
(Le champ de responsabilité du ou des signataires est limité aux travaux décrits ci-dessus)		

1327
1328
1329
1330

Annex B
(informative)

Rapport d'examen modèle

Rapport d'examen du système PV		<input type="checkbox"/> Vérification initiale <input type="checkbox"/> Vérification périodique
Adresse de l'installation	Référence	
	Date	
Circuits examinés	Inspecteur	

1331

Généralités

1332

1333 L'ensemble du système a été examiné selon les exigences de l'IEC 60364-6 et un rapport
1334 d'examen est joint en vue de satisfaire aux exigences de l'IEC 60364-6.

1335

Réseau CC – généralités

1336

1337 Le réseau à courant continu a été conçu, spécifié et installé selon les exigences de l'IEC
1338 60364 en général et de l'IEC 60364-9-1 en particulier.

1339 La tension maximale de panneau PV est adaptée pour l'emplacement du panneau

1340 Tous les composants du système et toutes les structures de montage ont été sélectionnés
1341 et mis en place de façon à être capables de supporter les influences externes
1342 prévisibles telles que le vent, la neige, les extrêmes de température et la corrosion

1343 Les fixations de toit et les entrées de câble sont étanches aux intempéries (si applicable).

1344

Réseau CC - protection contre les chocs électriques

1345

1346 Mesure de protection fournie par très basse tension (TBTS/TBTP) – oui // non

1347 Protection par l'utilisation d'une isolation de classe II ou équivalente adoptée côté CC –
1348 oui/non

1349 Les câbles de panneaux et chaînes PV ont été sélectionnés et mis en œuvre de façon à
1350 réduire au maximum les risques de défauts à la terre et courts-circuits. On y parvient
1351 généralement en utilisant des câbles avec isolations de protection renforcées (souvent
1352 désignées par "à double isolation") – oui/non

1353

Réseau CC - protection contre les effets des défauts d'isolation

1354

1355 Isolation galvanique en place à l'intérieur de l'onduleur ou sur le côté CA – oui /non

1356 Mise à la terre fonctionnelle sur tous les conducteurs CC – oui/non

1357 Un système d'alarme et de détection de résistance d'isolation de terre pour les
1358 panneaux PV est installé – selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

1359 Un système d'alarme et de détection de surveillance de courant résiduel de terre pour
1360 les panneaux PV est installé – selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

1361

1362

1363

1364

1365 Réseau CC - protection contre les surintensités

1366 Pour les systèmes sans dispositif de protection contre les surintensités des chaînes:
1367 vérifier que:

1368 • $I_{MOD_MAX_OCPR}$ (la valeur maximale de fusible série du module) est supérieur au plus
1369 grand courant inverse possible;

1370 • les câbles des chaînes sont dimensionnés pour recevoir le courant de défaut combiné
1371 maximal des chaînes parallèles

1372 Pour les systèmes munis de dispositifs de protection contre les surintensités des
1373 chaînes: vérifier que:

1374 • les dispositifs de protection contre les surintensités sont installés et correctement
1375 spécifiés selon les exigences de l'IEC 60364-9-1.

1376 Pour les systèmes munis de dispositifs de protection contre les surintensités des
1377 panneaux/sous-panneaux, vérifier que:

1378 • les dispositifs de protection contre les surintensités sont installés et correctement
1379 spécifiés selon les exigences de l'IEC 60364-9-1.

1380

1381 Réseau CC - disposition des mises à la terre et des liaisons

1382 Lorsque le système PV comprend une mise à la terre fonctionnelle de l'un des
1383 conducteurs CC:

1384 • la connexion de terre fonctionnelle a été spécifiée et installée selon les exigences de
1385 l'IEC 60364-9-1

1386 Lorsqu'un système PV a une connexion directe avec la terre côté CC:

1387 • un interrupteur de défaut de terre fonctionnelle a été mis en place selon les
1388 exigences de l'IEC 60364-9-1

1389 Les agencements des liaisons des bâtis de panneau ont été spécifiés et installés selon les
1390 exigences de l'IEC 60364-9-1

1391 Si des conducteurs de mise à la terre de protection et/ou de liaison équipotentielle sont
1392 installés:

1393 • ils sont parallèles aux câbles CC et mis en faisceau avec ceux-ci

1394

1395 Réseau CC - protection contre les effets de la foudre et des surtensions

1396 Pour réduire au maximum les tensions induites par la foudre, vérifier que la surface de
1397 l'ensemble des boucles de câblage est maintenue aussi réduite que possible

1398 Des mesures sont en place pour protéger les câbles longs (par ex. utilisation d'écrans ou
1399 de parafoudres)

1400 Si des parafoudres ont été installés, ils l'ont été selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

1401

1402

1403

1404

1405

1406 Réseau CC – choix et mise en œuvre des équipements électriques

- 1407 Tous les composants CC ont des valeurs assignées permettant un fonctionnement CC
1408 continuels aux valeurs maximales possibles de courant et de tension du réseau CC
1409 définies dans l'IEC 60364-9-1
- 1410 Les systèmes de câblage ont été choisis et mis en œuvre pour résister aux influences
1411 externes prévisibles telles que vent, formation de glace, extrêmes de température,
1412 rayonnement UV et solaire.
- 1413 Des moyens d'isolation et de déconnexion ont été mis en place pour les chaînes de
1414 panneaux PV et les sous-panneaux PV – selon les exigences de l'IEC 60364-9-1
- 1415 Un interrupteur-sectionneur CC est installé du côté continu de l'onduleur selon les
1416 exigences de l'IEC 60364-9-1
- 1417 Si des diodes de blocage sont installées, vérifier que leur tension inverse assignée est au
1418 moins $2 \times V_{oc\ stc}$ de la chaîne PV dans laquelle elles sont installées (réf. IEC 60364-9-
1419 1)
- 1420 Les connecteurs prise et socle accouplés sont du même type, proviennent du même
1421 fabricant et satisfont aux exigences de l'IEC 60364-9-1

1422

1423 Réseau à courant alternatif

- 1424 Des moyens d'isolement de l'onduleur ont été prévus du côté alternatif
- 1425 Tous les dispositifs d'isolement et de commutation ont été connectés de telle façon que
1426 l'installation PV soit interconnectée du côté "charge" et le réseau public d'alimentation
1427 du côté "source"
- 1428 Les paramètres de fonctionnement de l'onduleur ont été programmés selon les
1429 réglementations locales
- 1430 Lorsqu'un RCD (dispositif à courant différentiel résiduel) est installé sur le circuit CA
1431 alimentant un onduleur, on doit vérifier le type de RCD pour s'assurer qu'il a été
1432 sélectionné selon les exigences de l'IEC 60364-9-1

1433

1434 Étiquetage et identification

- 1435 Tous les circuits, dispositifs de protection, interrupteurs et toutes les bornes sont
1436 étiquetés de manière appropriée selon les exigences de l'IEC 60364 en général et de
1437 l'IEC 60364-9-1 en particulier
- 1438 Toutes les boîtes de jonction en courant continu (générateur PV et boîtes de panneaux
1439 PV) portent un marquage d'avertissement indiquant que des parties actives internes à
1440 ces boîtes sont alimentées par un panneau PV et peuvent toujours être sous tension
1441 après isolement de l'onduleur PV et du réseau public d'alimentation
- 1442 Un moyen d'isolement côté CA est clairement étiqueté
- 1443 Étiquettes d'avertissement de double alimentation installées au point d'interconnexion
- 1444 Un schéma de câblage monophasé est affiché sur le site
- 1445 Les détails donnés par l'installateur sont affichés sur le site
- 1446 Procédures d'arrêt affichées sur le site
- 1447 Procédures d'urgence affichées sur le site (lorsque cela s'applique)
- 1448 Toutes les signalisations et étiquettes sont convenablement apposées et de manière
1449 durable

1450

1451
1452
1453
1454

Annex C (informative)

Rapport d'essai du panneau PV modèle

Rapport d'essai du panneau PV	<input type="checkbox"/> Vérification initiale <input type="checkbox"/> Vérification périodique
--------------------------------------	--

Adresse de l'installation	Référence
	Date
Description des travaux en cours d'essai	Inspecteur
	Instruments d'essai

1455

	Référence chaîne	1	2	3	4		n
Chaîne	Module						
	Quantité						
Paramètres du panneau (tels que spécifiés)	Voc (stc)						
	Isc (stc)						
Chaîne dispositif de protection contre les surintensités	Type						
	Assigné (A)						
	CC assigné (V)						
	Capacité (kA)						
Chaîne Câblage	Type						
	Phase (mm ²)						
	Terre (mm ²)						
Essai de chaîne	Voc (V)						
	Isc (A)						
	Éclairement						
Vérification de polarité							
Résistance d'isolation des panneaux PV	Tension d'essai (V)						
	Pos – Terre (MΩ)						
	Nég – Terre (MΩ)						
Continuité du circuit de terre (s'il y a lieu)							
Isolateur de panneau	Assigné (A)						
	Assigné (V)						
	Emplacement						
	Vérification fonctionnelle						
Onduleur	Marque et modèle						
	Numéro de série						
	Fonctionnement OK						

1456

1457

Commentaires

1458 Annex D(informative) - **Interprétation des formes de courbe I-V**

1459

1460 **D.1 Généralités**

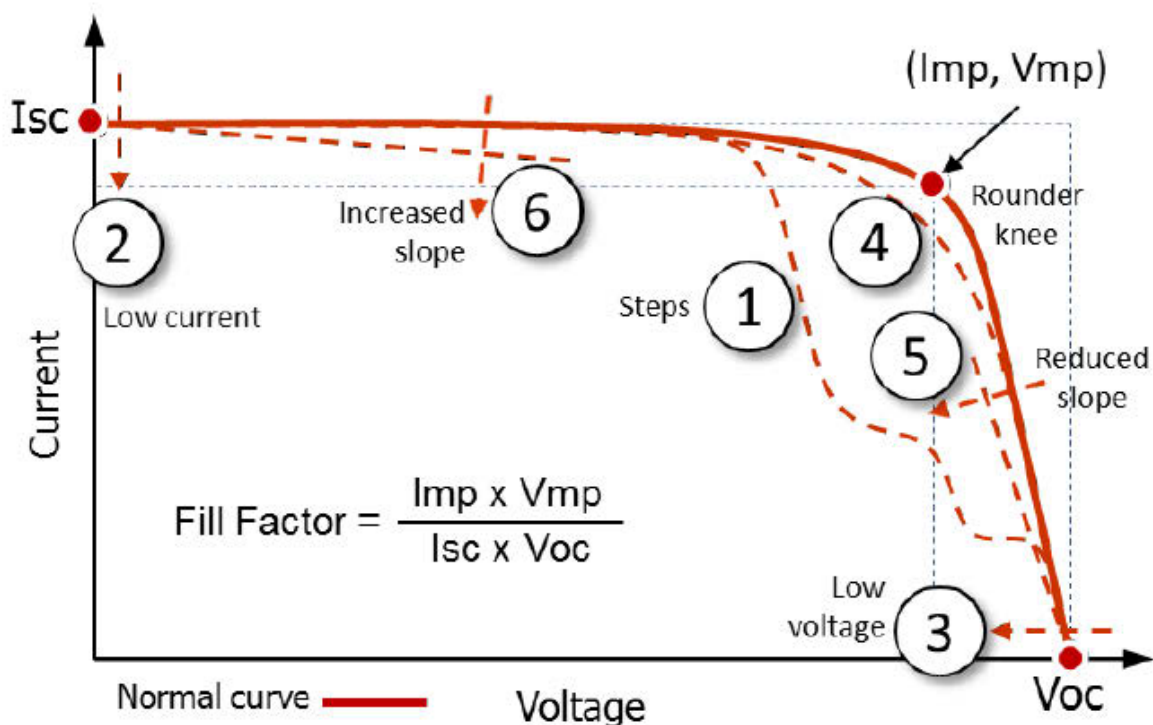
1461 Une courbe I-V normale a une forme lisse comportant trois parties distinctes:

- 1462 • Une "jambe horizontale" (légère pente descendante)
- 1463 • Une "jambe descendante" (proche de la verticale)
- 1464 • Une courbure ou un "genou" dans la courbe entre ces deux régions

1465 Dans une courbe normale, ces trois parties sont lisses et continues. Les pentes et la forme du
 1466 genou dépendent de la technologie des cellules et de leur fabrication. Les cellules au silicium
 1467 cristallin ont des genoux plus pointus; les modules à film fin ont des genoux plus graduels et
 1468 arrondis.

1469 Un certain nombre de facteurs peut influencer la forme d'une courbe I-V. Le schéma suivant
 1470 illustre les principaux types de déviation que l'on peut rencontrer. Ces variations de formes
 1471 peuvent être présentes individuellement ou en combinaison.

1472



1473

Anglais	Français
Current	Courant
Normal curve	Courbe normale
Voltage	Tension
Increased slope	Pente en augmentation
(I _{mp} , V _{mp})	(I _{mp} , V _{mp})
Rounder knee	Genou plus arrondi
Reduced slope	Pente réduite

Steps	Marches
Low voltage	Tension faible
Voc	Voc

1474 **Figure 2: Formes de courbe I-V**

1475

1476

1477 On doit s'attendre à de petits écarts entre les courbes I-V prédites et les courbes mesurées,
 1478 du fait des incertitudes normales liées à la mesure de l'éclairement, de la température et de la
 1479 tension. De petits écarts entre les modules PV, même si ces modules sont du même modèle
 1480 et du même fabricant, ont également un effet. L'ombrage et la saleté ont également un impact
 1481 sur la forme de la courbe.

1482

1483 Lorsque l'on constate des écarts, il convient d'effectuer d'abord une vérification pour
 1484 s'assurer que la différence de forme entre la courbe mesurée et celle prédite n'est pas due à
 1485 des erreurs de mesure, des problèmes de configuration d'instrument ou des données
 1486 incorrectement entrées concernant les modules/les chaînes.

1487

1488

1489 **D.2 Variation 1 - Marches ou encoches dans la courbe**

1490 Les marches ou les encoches de la courbe I-V sont des signes de disparité entre les
 1491 différentes zones du panneau ou du module soumis à essai. L'écart dans la courbe indique
 1492 que les diodes de dérivation sont en train de s'activer et qu'un certain courant est en train de
 1493 contourner la chaîne de cellules internes protégée par la diode (chaîne incapable de faire
 1494 passer le même courant que celui d'autres chaînes). Cela peut être dû à un certain nombre
 1495 de facteurs tels que:

1496

- 1497 • Le panneau ou le module est partiellement ombragé
- 1498 • Le panneau ou le module est partiellement sale ou masqué d'une quelconque façon
 1499 (neige, etc.)
- 1500 • Cellule/module PV endommagé
- 1501 • Diode de dérivation en court-circuit

1502

1503 NOTE: L'ombrage partiel de seulement une cellule d'un module peut activer la diode de dérivation associée et
 1504 provoquer une encoche dans la courbe.

1505 **D.3 Variation 2 – Faible courant**

1506 Un certain nombre de facteurs peuvent être responsables d'un écart entre le courant attendu
 1507 et le courant mesuré. Ils sont résumés ci-dessous:

1508 **Causes relatives au panneau**

- 1509 • Saleté uniforme
- 1510 • Bandeaux d'ombre (modules en orientation portrait)
- 1511 • Amas de saleté (modules en orientation portrait)
- 1512 • Les modules PV sont dégradés

1513

1514 NOTE: Les effets des bandeaux d'ombre et des amas de saleté sont similaires à ceux de la saleté uniforme, car ils
 1515 réduisent le courant de tous les groupes de cellules dans à peu près la même proportion.

1516

1517 **Causes relatives à la modélisation**

- 1518 • Données des modules PV entrées incorrectement
- 1519 • Nombre de chaînes parallèles incorrectement entré

1520

1521

Causes relatives aux mesures

- 1522 • Problème d'étalonnage ou de mesure du capteur d'éclairement
- 1523 • Capteur d'éclairement non monté dans le plan du panneau
- 1524 • L'éclairement a changé entre les mesures d'éclairement et les mesures de courbe I-V
- 1525 • Les effets d'albédo sont tels que le capteur d'éclairement mesure un éclairement excessivement élevé
- 1526 • L'éclairement est trop faible ou le soleil est trop proche de l'horizon

1528

1529 NOTE: L'écart représenté sur le schéma ci-dessus est un courant inférieur à celui attendu, mais la valeur mesurée
1530 peut aussi être supérieure à celle prédite par la courbe I-V modèle.

1531 D.4 Variation 3 – Basse tension

1532 Les causes potentielles d'un écart de tension sont les suivantes:

1533

1534

Causes relatives au panneau

- 1535 • Diodes de dérivation conductrices ou en court-circuit
- 1536 • Nombre de modules dans la chaîne PV incorrect
- 1537 • Dégradation potentielle induite (PID)
- 1538 • Ombrage important et uniforme de la cellule entière, du module entier ou de la chaîne entière

1539

1540

1541

Causes relatives à la modélisation

- 1542 • Données des modules PV entrées incorrectement
- 1543 • Le nombre de modules de la chaîne a été entré incorrectement

1544

1545

Causes relatives aux mesures

- 1546 • Température de cellule PV différente de la valeur mesurée

1547 Du fait que la température de cellule influe sur la tension produite par le module PV, une
1548 disparité entre la température de cellule réelle et celle mesurée (ou supposée) par le traceur
1549 de courbe I-V provoque ce défaut de forme. Dans ces cas-là, il convient de mettre en place
1550 une méthode de mesure de température de cellule avant de continuer (vérifier par exemple
1551 qu'un capteur de température est toujours fixé au module).

1552 Un groupe de chaînes mesurées de manière rapprochée présente souvent de légers écarts
1553 par rapport aux prédictions du modèle PV. On doit s'y attendre du fait que la température est
1554 généralement mesurée au niveau d'un seul module et que le profil de température du
1555 panneau n'est pas uniforme et varie dans le temps. Cependant, si une chaîne particulière
1556 présente un écart sensiblement plus important que les autres, cela pose un problème, en
1557 particulier si l'écart correspond à V_{oc} du module/N, où N est le nombre de diodes de
1558 dérivation des modules.

1559 NOTE: L'écart représenté sur le schéma ci-dessus est une tension inférieure à celle attendue, mais la valeur
1560 mesurée peut aussi être supérieure à celle prédite par la courbe I-V modèle.

1561 D.5 Variation 4 – Genou plus arrondi

1562 L'arrondi du genou de la courbe I-V peut être une manifestation du processus de
1563 vieillissement. Avant de conclure que c'est le cas, vérifier les pentes des jambes horizontales
1564 et verticales de la courbe I-V. Si elles ont changé, cela peut produire un effet visuellement
1565 similaire dans la forme du genou.

1566

1567 D.6 Variation 5 – Pente plus douce dans la jambe verticale

1568 La pente de la dernière partie de la courbe I-V entre le point de puissance maximale (V_{mpp})
1569 et V_{oc} est influencée par la résistance en série avec le circuit soumis à essai. Une
1570 augmentation de la résistance réduit la raideur de la pente dans cette partie de la courbe.

1571

1572 Les causes possibles d'une augmentation de la résistance série sont:

1573

- 1574 • Défauts ou dommages dans le câblage PV (ou câbles insuffisamment dimensionnés)
- 1575 • Défauts aux interconnexions des modules ou des panneaux (connexions de mauvaise
1576 qualité)
- 1577 • Augmentation de la résistance série du module

1578

1579 Lorsque l'on soumet à essai des panneaux dotés de câbles déployés sur de grandes
1580 longueurs, la résistance de ces câbles a une influence sur la forme de la courbe et peut avoir
1581 un impact sur la courbe, comme décrit dans ce qui suit. Si l'on soupçonne que c'est le cas, on
1582 peut soit ajuster le modèle pour tenir compte de ces câbles, soit refaire l'essai plus près du
1583 panneau (de façon à supprimer l'influence de la longueur des câbles)

1584 Si l'on observe cette erreur sur une courbe, il convient de prêter une attention particulière à la
1585 qualité du câblage et des interconnexions à l'intérieur du circuit solaire. L'erreur peut indiquer
1586 un défaut important dans le câblage ou des dommages ultérieurs ou de la corrosion affectant
1587 le circuit du panneau.

1588 Une augmentation de la résistance série du module peut être due à des défauts créant des
1589 résistances élevées dans les interconnexions de cellules ou à l'intérieur de la boîte de
1590 jonction du module – dus à la dégradation, la corrosion ou un défaut de fabrication.

1591 Un balayage IR, comme décrit dans la séquence d'essais de la catégorie 2, peut être un outil
1592 utile pour identifier les défauts créant des résistances élevées.

1593

1594 D.7 Variation 6 - Pente plus raide dans la jambe horizontale

1595 Une variation de pente dans la partie supérieure de la courbe I-V est due vraisemblablement
1596 à:

1597

- 1598 • Des trajets de dérivation dans les cellules PV
- 1599 • Une désadaptation du courant I_{sc} des modules
- 1600 • Ombre effilée ou salissures (par exemple, amas de saleté)

1601

1602 Un courant de dérivation est n'importe quel courant qui contourne la cellule solaire – il est
1603 habituellement dû à des défauts localisés qui se trouvent soit dans une cellule, soit dans des
1604 interconnexions de cellule. Les courants de dérivation peuvent conduire à des points chauds
1605 localisés que l'on peut également identifier par des essais IR.

1606 Les différences de courant I_{sc} entre les modules d'une chaîne peuvent être dues à des
1607 disparités de fabrication. Si la désadaptation est faible et distribuée de façon aléatoire sur
1608 l'ensemble de la chaîne, les marches ou encoches peuvent ne pas être présentes.

1609 Un ombrage plus important peut introduire des marches ou des encoches dans la courbe I-V,
1610 mais une ombre mineure sur certains modules d'une chaîne ou des motifs d'ombre effilés
1611 peut causer cet effet.