

Comment lire une courbe I-V d'un string photovoltaïque ?

> **Résumé express.** Interpréter une courbe I-V mesurée sur un string. Équipement : traceur de courbes I-V (Seaward, NEO PV Master). Intervention : [niveau et durée à compléter].

Prérequis

- Traceur de courbes I-V, capteur d'irradiance et sonde de température de module.
- Caractéristiques des modules (base de l'appareil ou fiche constructeur) et composition du string (modules en série et en parallèle).
- Irradiance d'au moins 600 W/m² (700 W/m² ou plus recommandés pour une mesure précise).

Étape 1 : comprendre les précautions avant la mesure

Pourquoi mettre le string hors tension ? Un string produit du courant dès qu'il est éclairé. Raccorder le traceur sur un string qui débite est dangereux pour l'opérateur comme pour l'appareil. On coupe donc la charge (interrupteur DC), puis on vérifie avec une pince ampèremétrique DC que le courant est nul avant de retirer les fusibles et de raccorder les câbles de mesure.

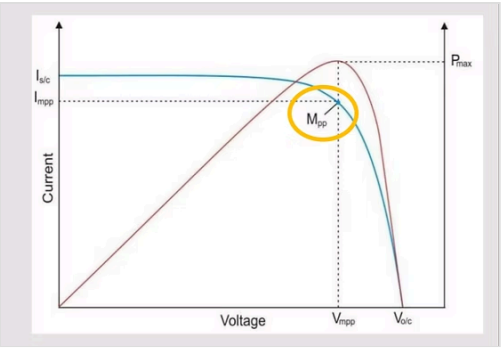
Pourquoi contrôler la fuite d'abord ? Le test de fuite détecte un défaut d'isolement : un courant qui part vers la terre, ou une liaison anormale entre la terre et un conducteur actif du string. Mesurer une courbe I-V sur un string qui présente un défaut de fuite met la vie en danger : on localise et on traite d'abord le défaut. Ce test ne remplace pas un contrôleur d'isolement et ne donne pas la résistance d'isolement en MΩ.

Étape 2 : vérifier les conditions de mesure

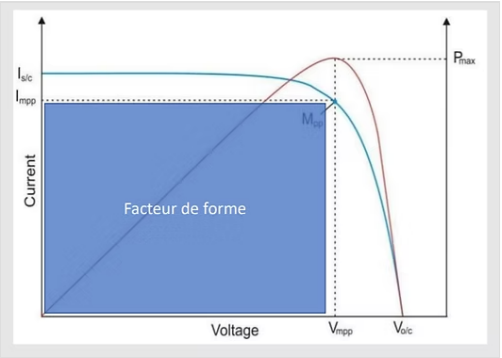
Relever l'irradiance et la température du module avec la courbe, pour la ramener aux conditions STC (1000 W/m², 25 °C, masse d'air 1,5). Le capteur de température ne doit pas ombrer de cellule.

Étape 3 : comprendre les points clés

- **Voc** (tension à vide) : tension maximale du string quand aucun courant ne circule.
- **Isc** (courant de court-circuit) : courant maximal du string quand ses bornes sont reliées directement.
- **Vmp, Imp, Pmp** : tension, courant et puissance au point de puissance maximale (MPP), là où le string produit le plus.



Courbe I-V : Isc, Voc et point de puissance maximale

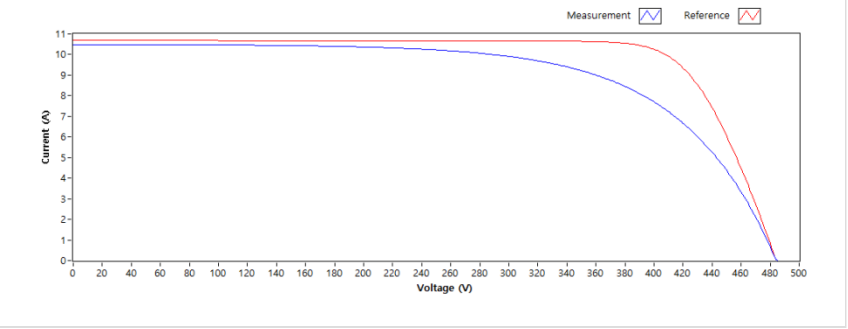


Facteur de forme : puissance au MPP et produit Isc × Voc

Calculer le facteur de forme (FF), rapport entre la puissance au point de puissance maximale et le produit Isc × Voc. Repère : 70 % ou plus, sain ; 60 à 70 %, à surveiller ; moins de 60 %, intervention nécessaire.

Étape 4 : comprendre la courbe de référence

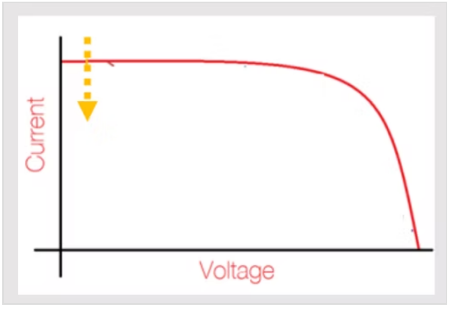
La courbe de référence n'est pas tracée à la main : c'est l'appareil qui la calcule et la compare à la courbe mesurée. Avec le NEO PV Master comme avec le Seaward, l'opérateur renseigne avant la mesure le module (choisi dans la base de l'appareil ou saisi d'après la fiche constructeur) et la composition du string (modules en série et en parallèle). L'appareil en déduit la courbe attendue, ramenée aux conditions STC, et affiche l'écart avec la mesure. Un écart durable signale un problème.



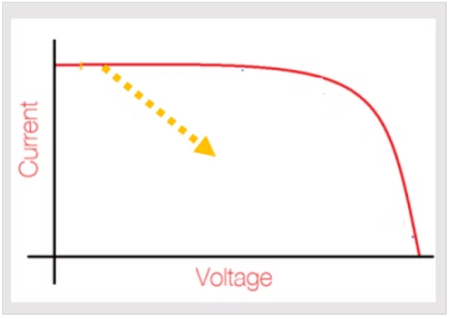
Courbe mesurée (bleu) et courbe de référence calculée à partir des données du module (rouge), logiciel PV Master

Étape 5 : repérer la forme de la courbe

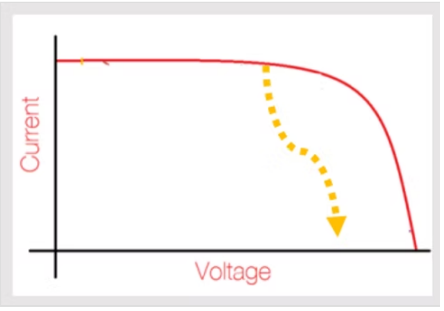
- **Marches :** ombrage ou salissure sur certains modules du string.
- **Courant bas, courbe aplatie :** défaut de diode de bypass, points chauds, PID ou ombrage uniforme.
- **Tension basse :** PID, ou erreur de documentation du string.
- **Coude arrondi :** vieillissement, points chauds, dégradation des modules.
- **Pente plus forte côté tension :** corrosion, dégradation, câblage, résistance série élevée.
- **Pente plus forte côté courant :** dégradation des modules ou résistance shunt réduite.



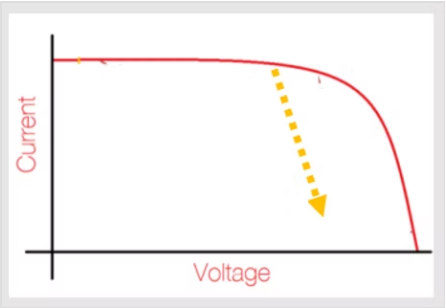
Courant de court-circuit bas



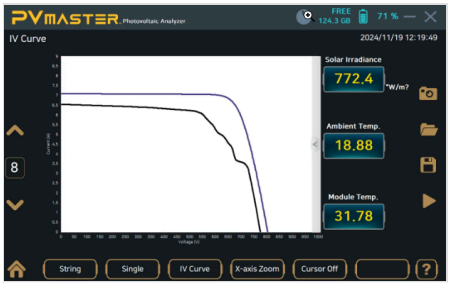
Partie haute inclinée : résistance shunt, mismatch



Résistance série excessive



Chute plus raide côté tension



Courbe mesurée avec marches (écran PV Master), comparée à une courbe de référence

Étape 6 : documenter

Seaward et NEO génèrent le rapport automatiquement à partir de la mesure : courbe, valeurs relevées et diagnostic. Exemple en dernière page (rapport NEO).

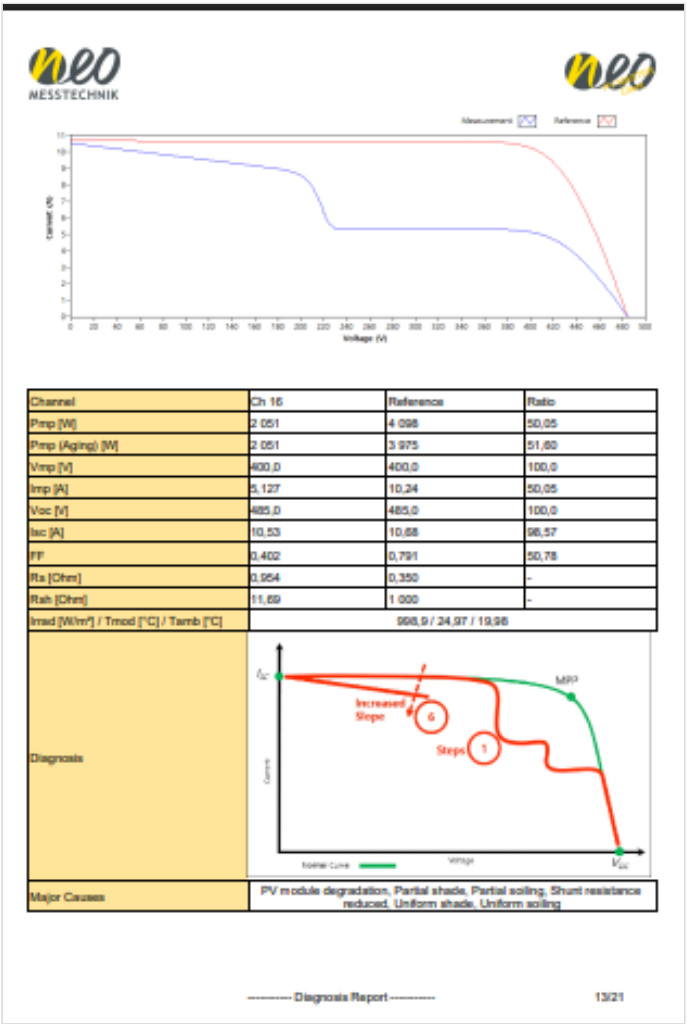
Point d'attention

Rs se calcule par la pente entre Voc et 5 % d'Isc, Rsh par la pente entre Isc et 5 % de Voc. Une mesure sous 600 W/m² est à éviter ; NEO recommande plus de 700 W/m² pour une mesure et une prédiction précises. Si les conditions changent brutalement (passage nuageux), refaire la mesure.

Questions fréquentes

- **À partir de quelle irradiance mesurer ?** 600 W/m² au minimum, 700 W/m² ou plus recommandés.
- **Pourquoi mesurer température et irradiance ?** Pour ramener la courbe aux conditions STC et la comparer aux données du fabricant.
- **Combien de strings à la fois ?** Seaward : un seul ; NEO PV Master 70 : jusqu'à 27.

Exemple de rapport de diagnostic



NEO MESSTECHNIK

Channel	Ch 16	Reference	Ratio
Pmp [W]	2 051	4 098	50,05
Pmp (Aging) [W]	2 051	3 975	51,60
Vmp [V]	400,0	400,0	100,0
Imp [A]	5,127	10,24	50,05
Voc [V]	485,0	485,0	100,0
Isc [A]	10,53	10,68	98,57
FF	0,402	0,791	50,78
Rs [Ohm]	0,954	0,350	-
Rsh [Ohm]	11,69	1 000	-
Irrad [W/m²] / Tmod [°C] / Tamb [°C]	998,9 / 24,97 / 19,98		
Diagnosis			
Major Causes	PV module degradation, Partial shade, Partial soiling, Shunt resistance reduced, Uniform shade, Uniform soiling		

--------- Diagnosis Report ---------

13/21

Rapport NEO : courbes mesurée et de référence, facteur de forme, causes probables

Sundays Data System · 23 Avenue de Strasbourg, 68350 Brunstatt-Didenheim · 03 89 45 61 92 · sundays-data.com