

LA MESURE EN ENVIRONNEMENT PHOTOVOLTAÏQUE AVEC LE FTV500



L'énergie solaire peut être utilisée pour la production d'électricité. L'énergie solaire photovoltaïque transforme le rayonnement solaire en électricité grâce à des cellules photovoltaïques intégrées à des panneaux qui peuvent être installés sur des bâtiments ou posés sur le sol.

Le principe est que certains matériaux semi-conducteurs comme le silicium possèdent la propriété de générer de l'électricité quand ils reçoivent la lumière du soleil : c'est l'effet photovoltaïque. Il est mis en application dans les cellules du même nom.

Après l'installation d'une structure photovoltaïque, l'efficacité et la sécurité sont des éléments plus qu'importants. A ce titre, il est aujourd'hui nécessaire de réaliser des tests de vérifications.

Il est parfois difficile de lire une fiche technique d'un module photovoltaïque.

Il est important de connaître le courant et la puissance qui sera disponible au final.

Mais il y a un point qui n'a pas été défini pendant longtemps, c'est qu'il s'agit d'une installation électrique, et qu'elle doit s'inscrire également dans ce niveau de sécurité.

A ce titre, de nos jours, une implantation photovoltaïque doit répondre aux critères de sécurité de toute installation.

Avant son raccordement au réseau électrique, une vérification des sécurités électriques est à réaliser.

Lors de son raccordement au réseau électrique, une vérification de son efficacité est effectuée.

Ensuite, une inspection, puis un test périodique d'installations électriques est nécessaire pour déterminer si celle-ci (ou une partie de celle-ci) n'est pas détériorée, ce qui pourrait mettre en péril la sécurité de l'utilisateur, et pour vérifier si l'installation est conforme aux normes en vigueur.

Ce contrôle comprend en outre un examen de l'influence de toute modification d'utilisation de l'installation, en comparaison avec l'application pour laquelle elle était destinée auparavant.

Un contrôle de rendement de l'installation est également nécessaire car la production électrique est le but premier de cette installation.





LES NORMES

- **IEC 62446** - Cette norme est destinée aux concepteurs et aux installateurs de systèmes photovoltaïques raccordés au réseau, qui pourront s'en servir comme modèle pour fournir une documentation efficace à un client. Elle décrit les essais de mise en service, les critères d'inspection et la documentation attendus pour vérifier la sécurité de l'installation et le bon fonctionnement du système. Sa dernière version définit également les informations et la documentation qui doivent être remises à un client après l'installation d'un système photovoltaïque connecté au réseau.

- **IEC 61010** - Cette norme spécifie les prescriptions générales de sécurité pour les appareils électriques destinés aux usages professionnels, industriels (processus) et éducatifs, de tous les appareils intervenant dans le processus de mesure. Cette norme a été établie en vue de déterminer les normes générales de sécurité des instruments de mesure.

- **IEC 61557** - Cette norme traite la sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension de 1 000 v c.a. Et 1 500 v c.c. Elle concerne les dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection.

- **IEC 61557 - Partie 2 - Résistance d'isolement** - Ce chapitre de la norme définit les exigences applicables aux appareils destinés à mesurer la résistance d'isolement d'appareils et d'installations hors tension.

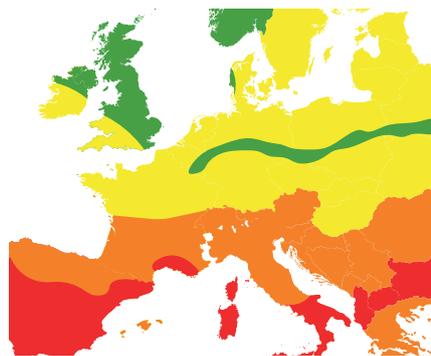
- **IEC 61557 - Partie 4 - Résistance (continuité) des connexions de terre et équipotentielles** - Ce chapitre de la norme définit les exigences applicables aux appareils destinés à mesurer la résistance de conducteurs de terre, de conducteurs de terre de protection et de conducteurs d'équipotentialité y compris celle de leurs liaisons et de leurs bornes avec une indication des valeurs mesurées ou des limites.

- **IEC 60891** - Elle définit des procédures concernant les corrections en fonction de la température et de l'éclairement à appliquer aux caractéristiques i-v (courant-tension) mesurées des dispositifs photovoltaïques. Il définit également les procédures pour déterminer les facteurs nécessaires à ces corrections.

- **IEC 60904** - Elle décrit les procédures pour la mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques sous éclairement solaire naturel ou simulé. Ces procédures sont applicables aux cellules solaires individuelles, aux sous-ensembles de cellules solaires ou aux modules pv.

LES MESURES

Comme toute partie d'une installation électrique, les modules de production photovoltaïque doivent respecter les normes de sécurité élémentaires.



- **La continuité** - La continuité est bonne dès que la résistance de continuité de l'installation est inférieure à 2 Ω . Toutes les masses de l'installation protégées par un même dispositif doivent être interconnectées avec un conducteur relié à une même prise de terre. Le contrôle des continuités doit être réalisé sous tension et avec un courant de mesure spécifique (4 / 24 V @ 200 mA).

- **L'isolement (hors/sous tension)** - Il est préconisé un contrôle périodique de la résistance d'isolement, aussi bien pour les matériels électriques que pour les installations. Dans ce cadre, la résistance d'isolement est mesurée entre chaque conducteur actif et la terre (en mode hors tension). Les tests sont effectués sous une tension d'essai de plusieurs centaines de volts continus. La difficulté avec une installation photovoltaïque est qu'il est impossible de couper la production d'électricité. Tant que le panneau reçoit de la lumière, il produit de l'électricité. Pour ce test, il faut donc utiliser des appareils capables de réaliser des tests d'isolement sous tension.

- **Les conditions STC (Standard Test Conditions)** - Les conditions standards de test définissent la façon dont les modules photovoltaïques sont examinés en laboratoire afin d'en dégager les propriétés électriques. Il s'agit de conditions normalisées qui permettent de comparer des modules entre eux.

Les conditions STC donnent un certain nombre de conditions de tests dont notamment :

- Niveau d'éclairement du module et donc la quantité d'énergie reçue sur une surface d'un panneau solaire est maximale lorsque le rayonnement est perpendiculaire à cette surface.

- Température des cellules : nous savons aujourd'hui que l'effet de la température sur une cellule photovoltaïque influence le profil de la caractéristique courant-tension de cette dernière. Seule une faible partie du rayonnement solaire est converti en électricité. Le reste demeure de la chaleur. Ainsi, une cellule photovoltaïque mal ventilée voit sa température monter très rapidement. On observe que la température de la cellule photovoltaïque induit un effet notable sur la tension de celle-ci. Par contre, l'effet de la température sur le courant de la cellule photovoltaïque est négligeable. Il apparaît que plus la température de la cellule augmente, plus la tension à vide de celle-ci diminue.



- **Coefficient Air Masse**, qui correspond au chemin optique du rayonnement solaire à travers l'atmosphère terrestre par rapport à ce chemin lorsque le Soleil est au zénith. Il permet de quantifier le spectre solaire en un lieu donné après que son rayonnement a traversé l'atmosphère.

Les fabricants de modules indiquent toujours sur leur fiche technique de produit des propriétés d'ordre générale telles que les dimensions du module ou le poids, mais surtout leurs caractéristiques électriques théoriques. On y trouvera également le rendement (η) du panneau sous condition STC (Standard Test Conditions).

Electrical Rating at STC (1000 W/m², AM 1.5 spectrum, cell temperature 25°C)

Peak Power (P _{max})	90 W	Maximum Series Fuse	20 A
Production Tolerance of P _{max}	-5/+10%	Limiting reverse current (I _r)	5.58 A
Voltage @ P _{max} (V _{mpp})	17.9 V		
Current @ P _{max} (I _{mpp})	5.03 A		
Open Circuit Voltage (V _{oc})	22.2 V		
Short Circuit Current (I _{sc})	5.58 A		

WARNING ELECTRICAL HAZARD
This solar module produces DC electricity when exposed to light

- **ALWAYS** observe the recommended safety precautions and use the recommended personal protection equipment.
- **ALL** installation and maintenance operations must be carried out by qualified personnel in accordance with local regulations.
- **BEWARE** dangerous DC voltages and currents may exist when modules are installed.
- **DO NOT** damage or scratch the rear surface of the module.
- **DO NOT** handle or install modules when they are wet or if the backsheet is damaged.
- **WHEN** connecting this solar module to other equipment then refer to the equipment manufacturer's instructions.

Refer to the Instruction Sheet for more information.
Manufactured by Ameresco Solar in ISO9001 certified facility in China.

Conforms to UL std 1703; Fire Rating: CLASS C
Certified to UL CORD Std C1703-01
Maximum System Voltage: 600V
Field Wiring: 14-10 AWG / 2.5-6.0 mm²
Cables: stranded copper, rated at 90°C min.
Minimum Bypass Diode: 10A

Class I Group ABCD
Div 2 T3C Ta=60°
48 VDC Maximum
System Voltage

Certified in accordance with IEC 61215 Edition II & IEC 61730
Protection Class: Class A Installations
Maximum System Voltage: 1000V

- **Les conditions NOCT** - NOCT est l'abréviation de l'anglicisme Normal Operating Cell Température (température nominale d'utilisation des cellules). En effet, les conditions STC imposent un niveau d'éclairement de 1000 W/m² et une température de cellule de 25°C. Or, dans la réalité, les cellules des modules ne fonctionnent pas dans ces conditions.

Ainsi, la profession a introduit des conditions de test des cellules plus proches de la réalité. Il s'agit des conditions NOCT :

- Niveau d'éclairement : 800 W/m²
- Température extérieure : 20 °C
- Vitesse du vent : 1 m/s
- Air Masse : AM=1.5

Il n'y a plus de condition sur la température des cellules mais sur la température de l'air environnant (20°C) et sur la vitesse du vent (1m/s). Dans ces conditions NOCT, qui sont proches des conditions de fonctionnement des installations photovoltaïques, les cellules constituant les modules photovoltaïques vont chauffés et atteindre une température stationnaire qu'on appelle température nominale d'utilisation des cellules (en anglais : Normal Operating Cell Temperature, NOCT).

- **Rendement d'une cellule** - Le rendement d'une cellule ou d'un module photovoltaïque est le rapport entre l'énergie électrique produite par cette cellule ou module et l'énergie lumineuse reçue sur la surface correspondante. Le rendement réel varie donc continuellement, en fonction notamment de la météo (voiles nuageux), des ombres pouvant apparaître. Aujourd'hui, l'unité la plus petite contrôlée une fois l'installation en place est le panneau solaire, composé lui de plusieurs cellules photovoltaïques.

- **Rif** - C'est la variation de la résistance de la cellule en fonction du courant de court-circuit et de la tension à vide.

- **L'inclinaison** - L'inclinaison représente l'angle formé par le panneau et une surface horizontale. En Europe, on se réfère uniquement à la théorie, et l'inclinaison parfaite de vos futurs panneaux solaires doit être comprise entre 30° et 35° par rapport à une ligne horizontale (A proximité de l'équateur, le soleil est au-dessus de nos têtes à midi : l'idéal est que le panneau soit posé à plat). Mais il est obligatoire de s'assurer au moment des tests que le soleil est assez haut sur la ligne d'horizon. L'emploi d'un inclinomètre est alors nécessaire. L'azimut a également son importance lors de la mise en place de l'installation.

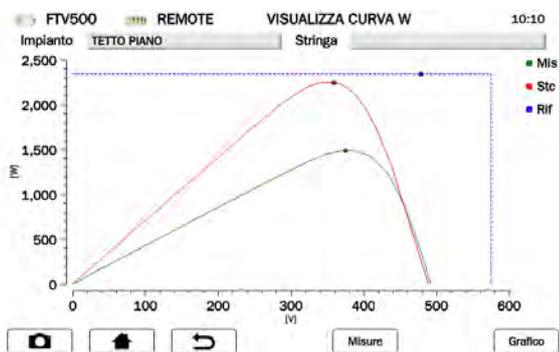
- **Tension à vide Voc** - C'est la tension aux bornes de la cellule lorsque celle-ci est en circuit ouvert, c'est-à-dire lorsque le pôle + et le pôle - sont isolés électriquement de tout autre circuit électrique (le courant la traversant est alors nul).

- **Courant de court-circuit I_{sc}** - Il s'agit du courant qui traverse la cellule photovoltaïque lorsque celle-ci est court-circuit, c'est-à-dire lorsque le pôle + est relié au pôle - (la tension à ses bornes est alors nulle). Le courant de court-circuit (I_{cc}) croît proportionnellement avec l'éclairement, alors que la tension à vide (V_{oc}) varie très peu.

- **Puissance crête (W_c)** - La puissance crête est définie comme la puissance électrique produite par la cellule (ou un panneau) lorsqu'elle est soumise aux conditions STC. Cette valeur est utilisée comme référence pour comparer les panneaux photovoltaïques entre eux. La puissance crête d'un module, notée P_c, se définit alors comme la puissance maximale du module dans les conditions STC.

$$\text{Donc } P_c = \text{PMPP(}STC) = \text{UMPP(}STC) \times \text{IMPP(}STC).$$

La puissance crête représente une puissance donc s'exprime en Watt (W). Cependant, s'agissant d'une puissance un peu particulière, on l'exprime en Watt-Crête (WC).



• **Courbe I-V** - La caractéristique courant –tension d’une cellule photovoltaïque est déterminé par une succession de mesures des paramètres de tension et courant à ses bornes. Cela permet de tracer une courbe tension-courant (I-V). Celle-ci sera alors comparée avec une courbe calculée sur la base des éléments STC. La puissance fournie par la cellule est le produit du courant et de la tension. Le point de puissance maximum est défini par le produit de la tension V_{mpp} (tension de puissance maximale) et le courant I_{mpp} (courant de puissance maximale). Ce ne sera pas par ce même point que passera la courbe PV (puissance-tension). Une bonne courbe de mesure est composée de plus de 200 points, et plus ils sont grands, plus la résolution et l’analyse possible sont élevées. La tension varie de 0 V jusqu’à la tension maximale MPP, le courant est limité par le courant maximal du module.

• **Le rendement du convertisseur AC/DC - NOCT** est l’abréviation de l’anglicisme Normal Operating Cell Temperature (température nominale d’utilisation des cellules). En effet, les conditions STC imposent un niveau d’éclairement de 1000 W/m^2 et une température de cellule de 25°C . Or, dans la réalité, les cellules des modules ne fonctionnent pas dans ces conditions.

Ainsi, la profession a introduit des conditions de test des cellules plus proches de la réalité. Il s’agit des conditions NOCT :

- Les connexions en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant.
- La mise en parallèle des cellules accroît le courant en conservant la tension.

• **Effet de la température** - Une cellule PV convertit une énergie radiative (rayonnement) en énergie électrique avec un rendement variable selon la technologie. Le reste du rayonnement non-transformé en électricité est converti en grande partie sous forme de chaleur. La fraction résiduelle étant réfléchi. Ainsi, une cellule photovoltaïque mal ventilée voit sa température monter très rapidement. La température de la cellule photovoltaïque induit un effet notable sur la tension. Par contre, l’effet de la température sur le courant de la cellule photovoltaïque est négligeable. Plus la température de la cellule augmente, plus la tension à vide de celle-ci diminue, et dans le même temps, plus la puissance de la cellule diminue.

LE FTV500

5 MESURES EN 1 SEUL INSTRUMENT

- Courbe I-V (avec contrôle rapide)
- Continuité
- Isolement électrique du système de l’installation photovoltaïque hors et sous tension
- Rendement de l’onduleur
- Enregistreur de données

PERFORMANCES, MAINTENANCE ET SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

- Instrument multifonctions pour le contrôle de la sécurité électrique et des prestations d’une installation photovoltaïque.
- Ecran anti reflet
- Série de tests automatiques /
 - Mesure d’isolement jusqu’à 1000Vdc
 - Tension à vide (V_{oc}) et courant de court-circuit (I_{sc})
 - Continuité des conducteurs de protection sous 200mA
- Gestion et création directe de rapports à partir de l’appareil (stockage direct sur clé USB dans les formats standards (pdf, doc, html, etc.))
- Boîtier déporté pour les mesures de températures et d’ensoleillement avec transmission Wifi (irradiation/température)
- VNC pour affichage et partage de contrôle à distance, via une connexion Wifi
- Conformité aux normes internationales

