

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 42862 B1** (51) Cl. internationale : **G01R 31/26**
- (43) Date de publication : **30.09.2020**

- 
- (21) N° Dépôt : **42862**
- (22) Date de Dépôt : **04.07.2018**
- (71) Demandeur(s) : **IRESEN, 16 Rue Amir Sidi Mohamed, Souissi, Rabat (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **SARIKH SALIMA**
- (74) Mandataire : **SARIKH SALIMA**

- 
- (54) Titre : **PROCÉDÉ ET APPAREIL DE MESURE AUTOMATISÉ DE COURBE CARACTÉRISTIQUE DES SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES A TEMPS RÉEL.**
- (57) Abrégé : La présente invention est sous forme d'un appareil de traçage de courbe caractéristique (courant en terme de tension) contrôlable à distance, dédiés aux systèmes photovoltaïques en opération (stand-alone ou connecté au réseau) à base d'une charge électronique variable, qui comprend l'isolation du système à tester, la collecte, le traitement et le transfert de données dans la fin de supervision des performances des centrales photovoltaïques. Cette invention mesure en plus du courant et tension la température et l'irradiation vues par le système sous test. L'architecture de cette invention est adaptée aux systèmes photovoltaïques avec onduleur centrale et/ ou microonduleurs au niveau de chaque module de l'installation. Les procédés de mesures et de transmission de tous les paramètres indiqués facilitent surtout la localisation des défauts pour épargner le temps des opérations de maintenance vu que le transfert est en temps réel en effectuant une évaluation des performances basée sur le calcul des indicateurs extraits de la courbe mesurée. La présente invention est indépendante du reste de l'installation photovoltaïque, prêt à utiliser dès intégration dans le système et ne nécessitant aucun raccordement ou configuration électrique seul le branchement de prise de courant et de câble de réseau local.

## **Procédé et Appareil de mesure automatisé de courbe caractéristique des systèmes photovoltaïques à temps réel.**

### **Abrégé**

La présente invention est sous forme d'un appareil de traçage de courbe caractéristique (courant en terme de tension) contrôlable à distance, dédiés aux systèmes photovoltaïques en opération (stand-alone ou connecté au réseau) à base d'une charge électronique variable, qui comprend l'isolation du système à tester, la collecte, le traitement et le transfert de données dans la fin de supervision des performances des centrales photovoltaïques. Cette invention mesure en plus du courant et tension la température et l'irradiation vues par le système sous test. L'architecture de cette invention est adaptée aux systèmes photovoltaïques avec onduleur centrale et/ ou micro-onduleurs au niveau de chaque module de l'installation. Les procédés de mesures et de transmission de tous les paramètres indiqués facilitent surtout la localisation des défauts pour épargner le temps des opérations de maintenance vu que le transfert est en temps réel en effectuant une évaluation des performances basée sur le calcul des indicateurs extraits de la courbe mesurée. La présente invention est indépendante du reste de l'installation photovoltaïque, prêt à utiliser dès intégration dans le système et ne nécessitant aucun raccordement ou configuration électrique seul le branchement de prise de courant et de câble de réseau local.

## Introduction et Contexte de l'invention

Les chaînes photovoltaïques sont constituées d'un nombre de dix à vingt panneaux mis en série pour augmenter la tension générée par ces derniers, ensuite ces chaînes sont mises en parallèle pour augmenter le courant collecté. Les panneaux sont disposés en cinquante à cent chaînes, qui sont connectées en parallèle dans des combineurs de chaînes et câblées à un ou plusieurs onduleurs. Dans les cas des problèmes les plus basiques tels que l'ombrage et / ou la salissure des panneaux, la capacité de production d'énergie des installations photovoltaïques est gravement affectée. Alors que de nombreuses installations photovoltaïques, sinon la plupart, sont instrumentées en termes de puissance totale, la plupart des pannes de panneaux ou de chaînes sont difficiles à discerner et pratiquement impossibles à diagnostiquer et à localiser sans envoyer un technicien qualifié sur le site.

Apriori, la panne photovoltaïque apparue engendre une baisse au niveau de la production électrique. La contrainte reste à déterminer la cause de cette panne, en effet, le système photovoltaïque est susceptible à tout type de changement de paramètres endogène *\_endommagement de diode de bypass ou d'interconnexion ou fissure survenant sur la cellule\_* et / ou exogène à savoir température, irradiation, ombrage, salissure, câblage, etc. La méthode de diagnostic la plus utilisée par les professionnelles est la mesure de la courbe caractéristique usant des traceurs de courbes portables ayant des batteries rechargeables et une grande base de données des panneaux photovoltaïques de tout les constructeurs. Cette méthode de mesure s'avère très fiable mais elle consomme beaucoup de temps.

La présente invention étant un appareil de mesure avec une propriété 'Plug and Play' c.-à-d. les mesures sont prises indépendamment de l'installation PV et ne nécessitant aucun raccordement supplémentaire avec le système. Il s'agit d'un dispositif de mesure de production électrique *\_courants, tensions et puissances DC\_* et de données environnementales *\_température, irradiation\_* facile à mettre en place, communiquant à distance et avec un système de traitement d'information avec des algorithmes de tests pour assurer la justesse des mesures et robustesse des

outils de mesure. Ce processus automatisé exige une très courte durée de rupture du module sous test de son réseau pour la prise de mesure avec précision et sans influence sur le rendement total du système.

Un aspect de cette intervention concerne la mesure de chaque échantillon des différents paramètres, qui étant mesuré plusieurs fois d'une façon très rapide, un filtrage de ces données est effectué pour éjecter toute valeurs aberrante causée par l'erreur aléatoire de l'instrument de mesure et/ ou un changement brusque dans les conditions de mesures par exemple changement de température ou irradiation lors de la mesure.

Un deuxième aspect de cette intervention concerne l'architecture de mesure sans interruption totale de la production électrique chaque module (ou groupe de modules) est testé séparément des autres et sans ouverture de circuit de chaîne de production. En effet, cette invention contenant un relai qui, en cas de mesure isole le module sous test en lui substituant avec une diode, le module est vu comme court-circuité par l'intégrité du système, la caractéristique du module est prise pendant une très courte durée est le module est reconnecté à son réseau, ainsi de suite.

Un autre aspect de cette intervention concerne la collecter automatique des données de chaque panneau photovoltaïque en temps réel, chaque module ayant une référence pour faciliter l'identification et par la suite la localisation de la défaillance. Le temps de prise de la mesure de la caractéristique qui n'ayant pas une fréquence bien déterminé pour la mesure ce qui peut engendrer une perte en production journalière, en revanche la mesure est prise en cas de besoin ou plus précisément en cas de chute de la production électrique dont la cause s'avère inconnue. L'évaluation des performances est basée sur le calcul des indicateurs extraits de la courbe mesurée.

Un autre aspect de cette intervention concerne la transmission à temps réel des données, depuis le dispositif de mesure, où une copie des valeurs mesurées est sauvegardée en mémoire instantanément en cas d'échec de transmission. La visualisation et le suivi des données mesurées transmises sur une interface rassemblant l'intégralité des données mesurées, l'opérateur depuis son poste de supervision puisse suivre la production électrique du champ photovoltaïque.

## Description des dessins

La figure 1 présente la méthode de mise en place du système de mesure

- 101 Sonde de température
- 102 Cellule de référence exploité pour mesure de rayonnement
- 108 Boitier
- 110 Prise d'alimentation
- 112 Système de ventilation
- 114 Câble pour connexion au réseau
- 115 Module ou système sous test

La figure 2 présente le procédé de mesure de caractéristique et la méthode de mise en place dans une chaîne photovoltaïque.

- 111 Relai d'interruption
- 113 Connecteurs solaires
- 115 Module ou système sous test
- 116 Presse étoupe
- 120 Système de mesure pour traçage de courbe caractéristique
- 121 Diode

La figure 3 présente le procédé du traçage de courbe caractéristique du module.

- 105 Charge électronique
- 107 Circuit de commande de la charge électronique depuis la carte 123
- 117 Caractéristique du Module ou système PV
- 118 Caractéristique de la charge électronique
- 119 Points d'intersection des deux caractéristiques mesurées

La figure 4 présente le schémas électrique système de mesure.

- 123 Carte d'acquisition des données
- 124 Capteur de courant continu
- 125 Capteur de tension continue
- 126 Circuit de conditionnement ADC (convertisseur analogique numérique)

## Description détaillée de l'invention

La Figure.1 montre l'appareil de mesure qui peut être utiliser pour tester un seul panneau ou plusieurs panneaux d'une chaîne photovoltaïque. Un système de mesure permettant la capture de la température du module et d'irradiation vue par ce dernier est mis à l'extérieure du boitier, un câblage permet la communication des données mesurées vers le système d'acquisition à travers des circuits de conditionnements.

- Une sonde à résistance 101 est attachée à l'arrière du panneau testé étant un capteur de température de module, cette valeur est approximé pour avoir la température d'opération des cellules photovoltaïques. L'emplacement de cette sonde étant exactement derrière une des cellules du module.
- Une cellule de référence poly-cristalline 102 est utilisée comme un capteur irradiation ambiante sachant que le courant de court circuit est proportionnel au rayonnement, la cellule ayant une sonde de température intégrée pour la mesure et la correction de la température d'opération de cette dernière, ainsi le courant de court circuit de la cellule est corrigé par la température mesure et converti à la valeur d'irradiation correspondante.

Figure.2 met en évidence le raccordement du traceur de courbe dans installation photovoltaïque via un relai/interrupteur commandé 111. Le système de mesure étant placé entre le panneau photovoltaïque et le reste du système (Figure.1), techniquement le système est connecté par des connecteurs solaires adaptés à ceux utilisés par le module photovoltaïque 113. En fonctionnement normal, le relai dans sa position de repos permet la fermeture de circuit c.-à-d. le module est raccordé à son réseau, en cas de mesure, le relai/interrupteur permet d'isoler le panneau de son réseau et le connecte avec le système de mesure, dans ce cas une diode 121 remplace le module pour que le système ne soit pas ouvert. Après que la mesure est effectuée le relai permet de rétablir le panneau dans sa condition de fonctionnement normale. Le test de la chaîne photovoltaïque se

fait par mesure d'un seul module/ sous système à la fois de tel sort à ce que la production totale ne s'affecte pas entièrement par la déconnection de plusieurs panneaux à la fois.

Figure.3 met en évidence le principe de fonctionnement de l'invention qui consiste à faire chargé le module sous test 115 par une charge variable 105 balayant toute les valeurs du court circuit au circuit ouvert et cela est effectué par une charge variant d'une valeur nulle à une valeur infinie (très grande valeur). La charge variable utilisé est sous forme de charge électronique : résistance interne d'un transistor MOSFET. Pour faire varier cette dernière, une tension de commande est appliquée sur le MOSFET, cette tension, sous forme d'un signal de largeur d'impulsion est extraite de la carte d'acquisition, est injecté dans la grille de la charge électronique. En effet en changeant la tension de la grille-source on change la caractéristique (courant drain-source tension drain-source) de la charge 118, qui étant branché avec le module, les deux systèmes vont opérer dans le point d'intersection des deux caractéristiques 119, ainsi, les capteurs de courant et tensions vont mesurer à chaque étape un point d'intersection, à la fin l'ensemble des points mesurés constituent les points d'opérations du module du court circuit au circuit ouvert.

Figure.4 montre le schéma électrique du système de mesure 120. La carte d'acquisition des données (123) permettant l'acquisition de toute donnée mesurée (température, irradiation, tension et courant), gérant toutes les actions de collecte, de traitement et de transmission, et de commande de la valeur de la charge variable 105. Les capteurs de courant et tension 124-125 avec le circuit de conditionnements 126, Les composants précédents sont rangés dans un boîtier 108. Tout autre capteur de paramètre météorologique inclus dans le système est mis à l'extérieur du boîtier 101-102. Les connecteurs 113 à la sortie du boîtier sont compatible avec les connecteur male-femelle du module photovoltaïque.

bloqué. Entre les deux états le transistor a une valeur de résistance changeant selon la tension de commande, ce qui permet au module sous test de passer de tous ses états du court circuit au circuit ouvert.

- Un relais commandé par une faible tension extraite par la carte d'acquisition 123, permettant l'isolation du module-onduleur afin d'effectuer la mesure du caractéristique module-système de mesure. Ledit module est remplacé par une diode de By-pass afin de maintenir la continuité de la production électrique des autres modules.
  - Une carte d'acquisition des données 123 configurée pour :
    - isoler module sous test de son réseau en commandant le relais d'interruption 111
    - contrôler la résistance de la charge variable 105 depuis un signal modulé en largeur d'impulsion
    - communiquer avec différents capteurs 101-102-124-125, les paramètres mesurés sont prétraités, puis transmis. Toutes ces étapes sont exécutées dans un intervalle de temps très court puis le module est rétabli dans son état de fonctionnement normal.
  - Un boîtier 108 « Plug and Play » contenant tous les composants 120 adapté pour la mesure fréquente commandée de la caractéristique des modules en opération fixé en amont de l'onduleur solaire et en aval du module en question. Et ayant des connecteurs 113 compatibles avec le module photovoltaïque à tester à la sortie du boîtier pour raccordement.
2. Une méthode dédiée pour le test des systèmes photovoltaïques connectés à un onduleur et/ ou un micro-onduleur solaire, permettant le test d'un seul module ou un groupe de modules 115 à la fois en isolant le système sous test du reste de la chaîne photovoltaïque à travers un relais 111, le remplaçant avec une diode 121 et mesurant tous les paramètres de (la température, l'irradiation, la tension et le courant), puis en rétablissant le système à son état initial. Cette méthode est effectuée pour tous les modules de la chaîne sous test à tour de rôle permettant la mesure de la courbe caractéristique.

## Procédé et Appareil de mesure automatisé de courbe caractéristique des systèmes photovoltaïques à temps réel.

### Revendications

1. Un appareil de traçage de courbe caractéristique automatisé dédié aux systèmes photovoltaïques dans la fin de supervision des performances des centrales photovoltaïques connectés à un onduleur et/ ou un micro-onduleur solaire, permettant le test d'un seul module ou un groupe de modules 115 à la fois, comprenant les composants suivants :
  - Un premier capteur 101 pour la mesure de température du module et approximant la température de la cellule du module sous test.
  - Un deuxième capteur 102 pour la mesure d'irradiation par une cellule de référence avec un capteur de température de cette cellule intégrée pour correction de température dans le système de mesure d'irradiation.
  - Un troisième capteur pour la mesure de la tension 125 : premier paramètre électrique du module. La mesure est lue à l'aide d'un convertisseur analogique numériques 126.
  - Un quatrième capteur pour la mesure du courant 124 : deuxième paramètre électrique du module, paramètre mesuré par un capteur à isolation galvanique, donnant l'image numérique correspondante à la valeur du courant mesuré tout en assurant la protection du système de mesure contre les piques de courants.
  - Une charge électronique variable 105 sous forme de transistor de puissance supportant le courant et tension d'opération du module et ayant la possibilité d'être commandée par une tension très faible et pouvant changer de résistance interne d'une valeur presque nulle quand il est passant à une valeur infinie quand il est

3. Une méthode selon la revendication 2 de contrôle de la charge variable 105 et de synchronisation avec les mesures des paramètres de 101-102-124-125 en exploitant un signal à modulation de largeur d'impulsion, à la sortie de la carte d'acquisition 123. Cette méthode sert à faire varier la valeur de la charge variable, en configurant la carte 123 à modifier le rapport cyclique du signal à modulation de largeur d'impulsion qui est injecté dans la grille de la charge. Les mesures du courant et tension sont prises simultanément.
4. Une méthode selon les revendication 2, 3, automatique de mesure de courbe caractéristique effectuant les mesures de 101-102-124-125 avec un prétraitement des valeurs mesurées. Considérant plusieurs échantillons pour une même mesure dans un très court intervalle de temps, pour éviter les mesures aberrantes due aux erreurs aléatoires. Les valeurs retenues ont une dispersion inférieure à l'intervalle de tolérance de l'erreur.
5. Une méthode selon les revendication 2, 3, 4 automatique de transmission des données sur site par un protocole de transfert de fichier depuis la carte d'acquisition configurée, vers un serveur de base de données, cette méthode de transmission assurant la supervision des performances des caractéristiques de la centrale par des interfaces graphiques en temps réel en cas de défaillance.
6. Une méthode selon la revendication 2 automatique de mesure de courbe caractéristique dans des conditions ambiantes inchangeables/uniformes. Permettant la mesure des paramètres météorologiques avant et après la mesure des paramètres électriques, sachant que tout changement en température ou irradiation durant l'acquisition des données peut générer une déviation dans la courbe caractéristique.
7. Un appareil selon la revendication 1 « Plug and Play » pouvant être rajouter comme extension à un module ou un groupe de module dans une chaîne photovoltaïque quelque soit la technologie, permettant la mesure de sa/leur caractéristique lors de son/leur opération ainsi que les indicateurs de performances dans un temps d'ordre de millisecondes et en temps réel sans interruption globale de la production du champ photovoltaïque.

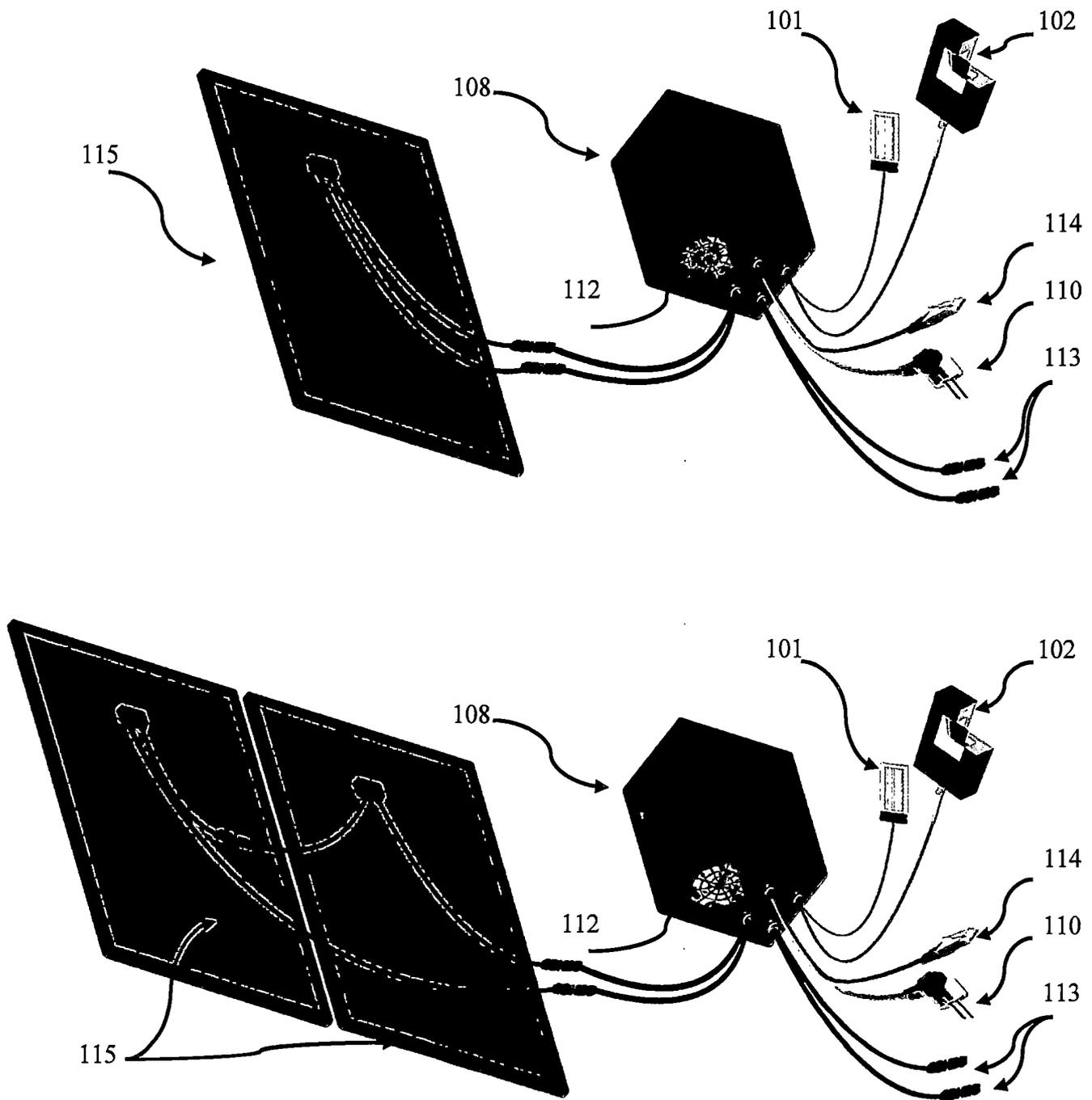


FIGURE.1

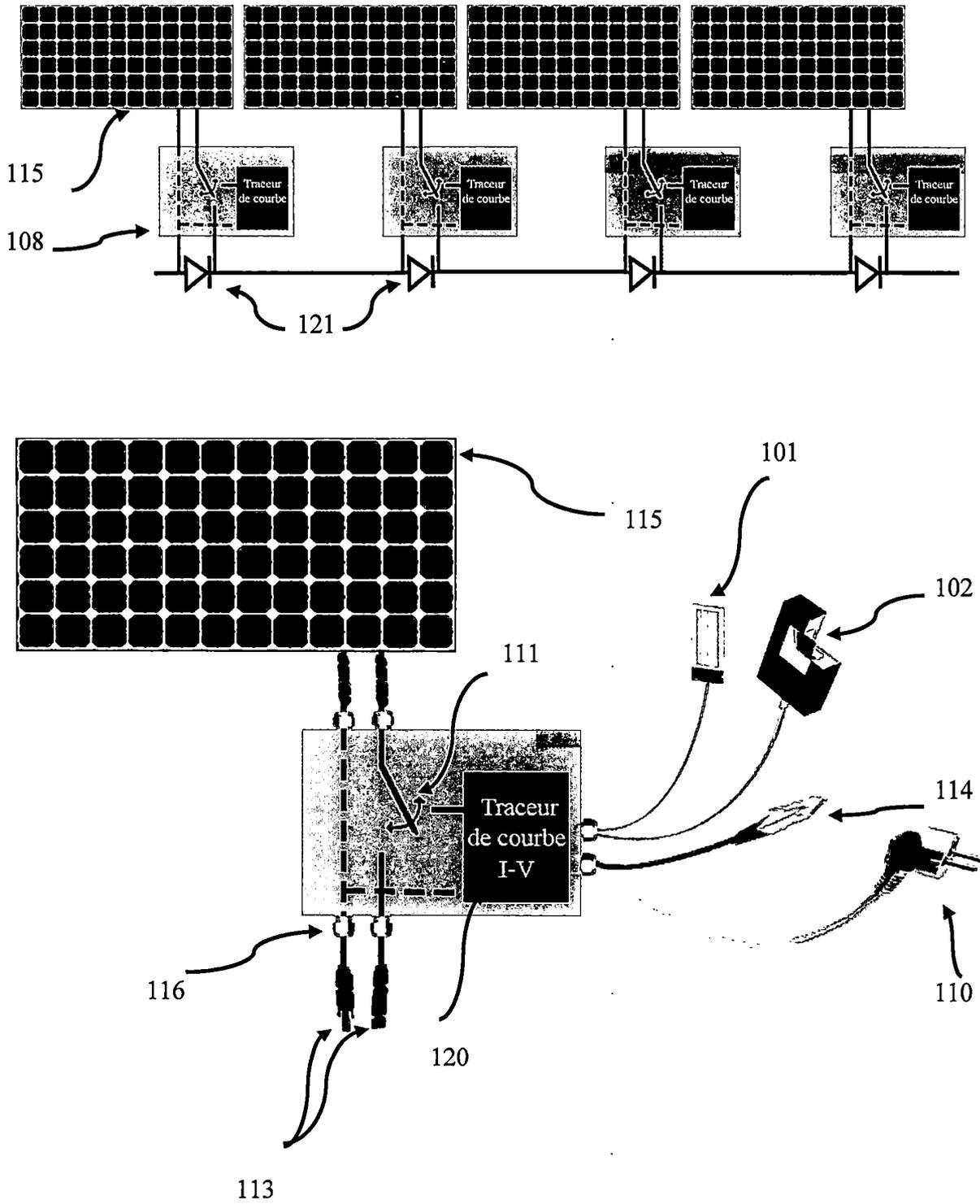


FIGURE.2

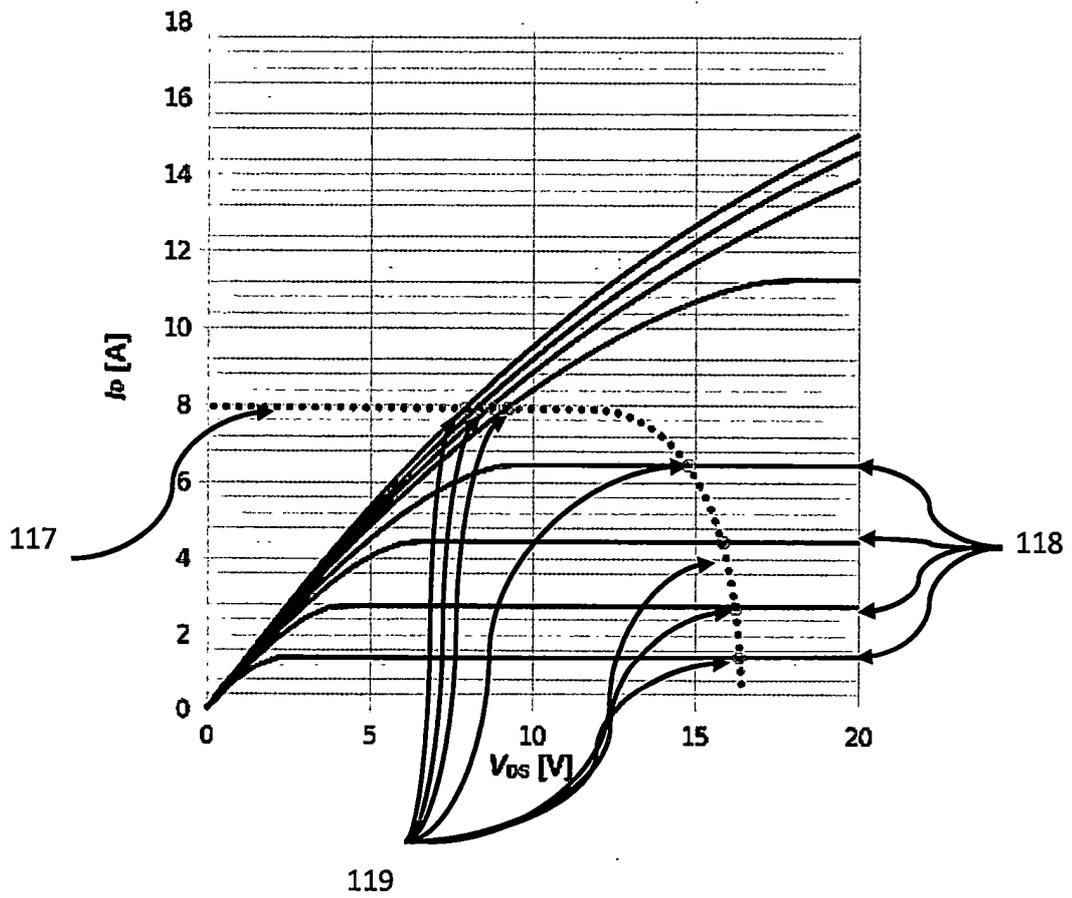
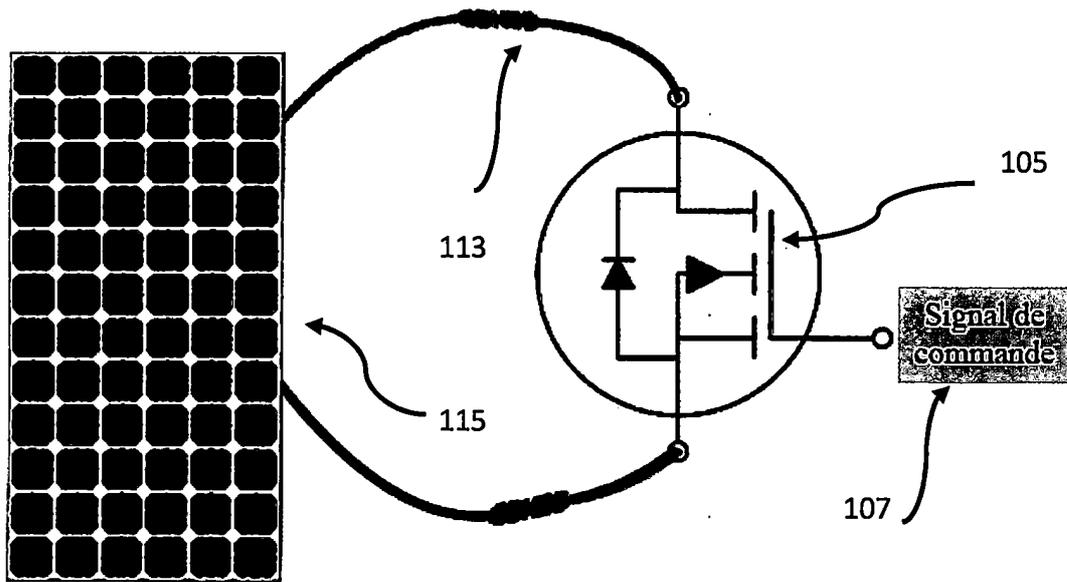


FIGURE.3

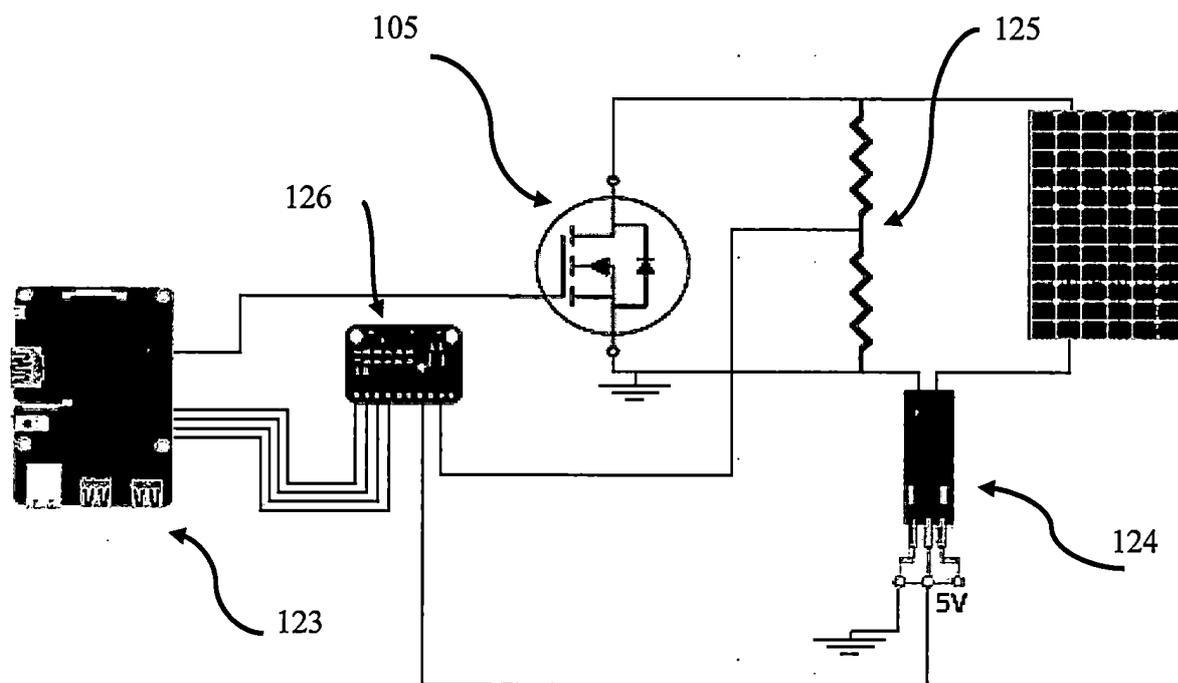


FIGURE.4

## RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE

Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 42862	Date de dépôt : 04/07/2018
Déposant : IRESEN	
Intitulé de l'invention : PROCÉDÉ ET APPAREIL DE MESURE AUTOMATISÉ DE COURBE CARACTÉRISTIQUE DES SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES A TEMPS RÉEL.	
<b>Classement de l'objet de la demande :</b>	
CIB : G 01R 31/26 CPC :	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Remarques de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: Mohamed EL KINANI	Date d'établissement du rapport : 22/09/2020
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
- Revendications  
1-7
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
- Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
  - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)
- Observations à l'encontre de la décision de rejet

**Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-7 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-7 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-7 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants:

- D1 : (IRSEC'2017), DOI: 10.1109/IRSEC.2017.8477298  
 D2 : Renewable Energy Volume 30, Issue 3, Pages 399-411

**1. Nouveauté (N) :**

Aucun document de l'état de la technique considéré ne divulgue un appareil de traçage de courbe caractéristique automatisé dédié aux systèmes photovoltaïques tel que décrit dans la

revendication 1, ni une méthode de test des systèmes photovoltaïques telle que décrite dans la revendication 2 de la présente demande.

D'où l'objet des revendications indépendante 1, 2 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par conséquent, l'objet des revendications 3-6, 7 est également nouveau.

## **2. Activité inventive (AI) :**

Le document D1 (description, figure 1) considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication indépendante 1 décrit un appareil de traçage de courbe caractéristique automatisé dédié aux systèmes photovoltaïques comprenant :

- Un premier capteur pour la mesure de température du module et approximant la température de la cellule du module sous test.
- Un deuxième capteur pour la mesure d'irradiation par une cellule de référence avec un capteur de température de cette cellule intégrée pour correction de température dans le système de mesure d'irradiation.
- Un troisième capteur pour la mesure de la tension, la mesure est lu à l'aide d'un convertisseur analogique numérique.
- Un quatrième capteur pour la mesure du courant.
- Une charge électronique variable sous forme de transistor de puissance supportant le courant et tension d'opération du module et ayant la possibilité d'être commandée par une tension très faible et pouvant changer de résistance interne d'une valeur presque nulle quand il est passant à une valeur infinie quand il est bloqué.
- Une carte d'acquisition des données.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce dispositif connu en ce que la carte d'acquisition des données est configurer pour :

- Isoler le module sous test de son réseau en commandant le relais d'interruption
- Contrôler la résistance de la charge variable depuis un signal modulé en largeur d'impulsion
- Communiquer avec différents capteurs. les paramètres mesurés sont prétraités, puis transmis.
- Rétablir le module dans son état de fonctionnement normal.

Le problème technique objectif que la présente demande tente de résoudre peut donc être considéré comme fournir un appareil capable de tester en temps réel, un module ou groupe de module sans interrompre son fonctionnement.

La solution à ce problème, telle que décrit dans la revendication 1 de la présente demande, n'est pas décrite par l'état de la technique et n'en découle pas de manière évidente.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le même raisonnement s'applique, en terme de méthode, à l'objet de la revendication 2 qui est également considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

D'où l'objet des revendications dépendantes 3-7 est considéré comme impliquant une activité inventive.

**3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.