



## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 40292 A1** (51) Cl. internationale : **G06F 19/00**
- (43) Date de publication : **31.12.2018**

---

(21) N° Dépôt : **40292**

(22) Date de Dépôt : **05.05.2017**

(71) Demandeur(s) :

- **LENIUM ENERGY INVESTMENTS SARL (LEI), 40, Boulevard Mohammed V - Résidence Dounia - Étage II - Bureau 14 , Tanger (MA)**
- **Université Internationale de RABAT, Parc Technopolis Rabat-Shore, Campus universitaire UIR, Rocade Rabat-Salé, Sala El Jadida, 11100 (MA)**

(72) Inventeur(s) : **Bouya Mohsine ; Anoune Kamal ; Llobet Ignasi Sivillà**

(74) Mandataire : **Bouya Mohsine**

---

(54) Titre : **Procédé suiveur de soleil basé sur un système embarqué-capteurs intégré pour une production énergétique optimale**

(57) Abrégé : Notre invention a pour objectif d'améliorer le rendement et la sécurité des panneaux solaires, des panneaux solaires à concentration et des chauffe-eaux solaires. Nous apportons un procédé pour traqueurs basé sur des prises de décisions intelligentes relatives à des données environnementales captées.

**Abrégé**

Notre invention a pour objectif d'améliorer le rendement et la sécurité des panneaux solaires, des panneaux solaires à concentration et des chauffe-eaux solaires. Nous apportons un procédé pour traqueurs basé sur des prises de décisions intelligentes relatives à des données environnementales captées.

# Procédé suiveur de soleil basé sur un système embarqué-capteurs intégré pour une production énergétique optimale

---

## Description

La présente invention se rapporte à procédé de suivi pour panneaux solaires.

Les panneaux solaires captent le rayonnement du soleil et le transforment en énergie thermique ou photovoltaïque. Plusieurs technologies sont utilisées dans la fabrication des panneaux solaires ainsi que les supports sur lesquels ils sont montés.

Les supports pour panneaux solaires étaient fixes auparavant avec un rendement qui change significativement selon la position du soleil. En effet, le rendement est à son maximum lorsque l'angle entre la droite perpendiculaire au panneau solaire et la direction du soleil est à son minimum.

Afin d'optimiser le rendement des panneaux solaires au long de la journée, Ceux-ci ont commencé à être équipés de plateformes ou supports qui permettent de traquer le mouvement du soleil afin de maintenir la direction des rayons sensiblement perpendiculaire au panneau.

Ces plateformes présentent généralement un ou plusieurs axes d'articulation permettant l'orientation du panneau selon une ou plusieurs directions grâce à un ou plusieurs moteurs. Ces configurations essaient de conserver au mieux cette orientation perpendiculaire en fonction de la course du soleil tout au long de la journée. Toutefois, ces plateformes ne gèrent pas l'ensemble des paramètres liés au rendement et à la sécurité des panneaux solaires photovoltaïques (PV), photovoltaïques à concentration (CPV), chauffe-eaux solaires et autres.

Notre procédé répond aux problématiques suivantes à la fois en créant un équilibre optimal : Etablir un rendement maximal et assurer la meilleure sécurité du panneau solaire.

Le rendement est optimal grâce à notre procédé parce que le suivi de deux axes génère 40% plus de puissance de chaque panneau, vous pouvez obtenir la même puissance avec 29% moins de panneaux, cadres, etc. Ceci réduit significativement les coûts d'un projet dépassant largement le coût des plateformes de suivi. D'autre part, vous pouvez utiliser le même

nombre de panneaux, comme initialement prévu et générer 40% plus de puissance et des revenus plus élevés. Cela réduit le délai de rentabilité du projet d'un peu moins de sa moitié et augmente également le retour global sur investissement (ROI), en fonction des spécificités financières du projet.

Notre procédé garantit une meilleure sécurité grâce à l'utilisation des données récupérées des capteurs de vents forts ou de chaleurs extrêmes qui peuvent altérer endommager les panneaux. Lorsque des seuils de vents sont détectés, le procédé commande la plateforme de suivi de remettre le panneau dans une position de sécurité. Et lorsque des seuils de chaleurs sont détectés, le procédé commande le système électrique de se mettre automatiquement en veille pour éviter les pannes.

Le procédé est embarqué dans un système numérique capable de générer des commandes des moteurs relatives aux données reçues par les capteurs grâce à l'implémentation d'algorithmes de traitement embarqués. L'avantage de ce système est sa capacité d'intégration agile d'une multitude d'algorithmes d'optimisation de rendement et de sécurisation des équipements contre les vents forts et l'exposition à de fortes températures par exemple. En plus de cet avantage indéniable, ce système apporte les avantages suivants :

- Une faible consommation d'énergie grâce à l'utilisation de technologies numériques
- Un temps de réponse très élevé
- Des dimensions miniaturisées de la carte
- Possibilité d'intégration d'un afficheur
- Possibilité d'intégration d'algorithmes astronomiques
- Une meilleure précision des commandes des moteurs de positionnement
- Possibilité de gérer les alarmes et défaut
- Possibilité de changer l'algorithme à volonté

La plateforme est composée de :

- Un support rotatif à un ou deux axes contrôlés par un ou deux moteurs.
- 3 modules capteurs
  - Un capteur de vents basé sur un dynamo-tachymètre de mesure de la vitesse du vent. Il effectue également une adaptation du signal électrique avec la carte mère.

- Un module capteur de température qui mesure la température ambiante de la carte. Il a comme objectif la protection contre la détérioration de la carte mère.
- Un module capteur solaire basé sur la détection de présence de se signaux solaire perpendiculaire. Il permet également l'acquisition et l'adaptation du signal électrique avec la carte mère.
- Une carte microélectronique (carte mère) équipée de :
  - Microcontrôleur qui s'occupe du traitement des informations. Il implémente le procédé objet de cette invention. Le microcontrôleur est équipé d'une horloge de temps et optionnellement d'un récepteur GPS.
  - Un afficheur numérique pour permettre une sortie visuelle des informations.
  - Des interfaces de communication avec les autres modules
  - Un voyant lumineux et une signalisation d'alarme
- Un module de commande des moteurs qui implémente la logique électronique de puissance de commande des moteurs de positionnement des panneaux. Il fournit également une protection des moteurs contre la surcharge et la surintensité.

Le procédé implémenté dans le microcontrôleur détermine la position du soleil à tout moment pour une géolocalisation spécifique de la plateforme prédéterminée. Cette géolocalisation est soit préprogrammée dans le microcontrôleur, soit récupérée à partir d'un récepteur GPS. Cette géolocalisation est exprimée en deux valeurs :

LATITUDE : qui est l'angle au nord ou au sud de l'équateur de la plateforme en degrés

LONGITUDE : qui est la position est-ouest de la plateforme en degrés relativement à Greenwich

DECLINAISON : qui est la position angulaire du soleil au midi solaire par rapport à l'équateur

ANGLE AZIMUTE DE SURFACE : qui est la déviation de la direction de la surface de la plateforme par rapport au méridien local en degrés

ANGLE AZIMUTE SOLAIRE : qui est la déviation du soleil par rapport au méridien local dans le sens des aiguilles d'une montre depuis le sud en degrés

ANGLE D'ELEVATION : qui est l'élévation du vecteur solaire depuis un observateur sur la plateforme en degrés

ANGLE ZENITH : qui est l'angle d'incidence sur une surface horizontale, zénith du vecteur solaire ( $90^\circ - \text{ANGLE D'ELEVATION}$ ) en degrés

ANGLE D'INCIDENCE ET REFLECTION : qui est l'angle entre les radiations solaires incidentes et la surface, élévation du vecteur solaire en degrés

ANGLE HORAIRE BASE SUR LE TEMPS SOLAIRE : qui est la conversion du temps solaire vers un angle où 24 heures =  $360^\circ$  et le midi solaire est 0

Le vecteur soleil représente alors l'angle et l'élévation du soleil depuis le point de vue d'une orientation GPS spécifique sur la terre. Dépendamment de la LONGITUDE, et LATITUDE de la plateforme, le microcontrôleur calcule le vecteur solaire S (ANGLE AZIMUTE SOLAIRE, ANGLE ZENITH) en exécutant la série de calculs suivante :

$$(1) B = 360/365 \times (n - 1)$$

$$(2) E = 229.2 \times (0.000075 + 0.001868 \times \cos(B) - 0.04089 \times \sin(2B))$$

$$(3) \text{TEMPS SOLAIRE} = \text{TEMPS STANDARD} + 4 \times \text{LONGITUDE} + E$$

$$(4) \text{DECLINAISON} = 23.45 \times \sin ( 360/365 \times (284 + n) )$$

$$(5) \cos (\text{ANGLE ZENITH}) = ( \cos (\text{LATITUDE}) \times \cos (\text{DECLINAISON}) \times \cos (\text{ANGLE HORAIRE BASE SUR LE TEMPS SOLAIRE}) ) + ( \sin (\text{LATITUDE}) \times \sin (\text{DECLINAISON}) )$$

$$(6) \text{ANGLE AZIMUTE SOLAIRE} = \sin (\text{ANGLE HORAIRE BASE SUR LE TEMPS SOLAIRE}) \times | \cos^{-1} ( \cos (\text{ANGLE ZENITH}) \times \sin (\text{LATITUDE}) - \sin (\text{DECLINAISON}) ) / ( \sin(\text{ANGLE ZENITH}) \times \cos (\text{LATITUDE}) ) |$$

Le microcontrôleur commande alors les moteurs à s'aligner sur le vecteur solaire ainsi calculé.

**Revendications**

1. Un procédé de suivi solaire caractérisé par le calcul le vecteur solaire S (ANGLE AZIMUTE SOLAIRE, ANGLE ZENITH) en exécutant la série de calculs suivante :

$$(1) B = 360/365 \times (n - 1)$$

$$(2) E = 229.2 \times (0.000075 + 0.001868 \times \cos(B) - 0.04089 \times \sin(2B))$$

$$(3) \text{TEMPS SOLAIRE} = \text{TEMPS STANDARD} + 4 \times \text{LONGITUDE} + E$$

$$(4) \text{DECLINAISON} = 23.45 \times \sin ( 360/365 \times (284 + n) )$$

$$(5) \cos (\text{ANGLE ZENITH}) = ( \cos (\text{LATITUDE}) \times \cos (\text{DECLINAISON}) \times \cos (\text{ANGLE HORAIRE BASE SUR LE TEMPS SOLAIRE}) + ( \sin (\text{LATITUDE}) \times \sin (\text{DECLINAISON}) )$$

$$(6) \text{ANGLE AZIMUTE SOLAIRE} = \sin (\text{ANGLE HORAIRE BASE SUR LE TEMPS SOLAIRE}) \times | \cos^{-1} ( \cos (\text{ANGLE ZENITH}) \times \sin (\text{LATITUDE}) - \sin (\text{DECLINAISON}) ) / ( \sin(\text{ANGLE ZENITH}) \times \cos (\text{LATITUDE}) ) |$$

2. Un procédé de suivi solaire selon la revendication (1) caractérisé en ce que lorsque des seuils de vents sont détectés, le procédé commande la plateforme de suivi de remettre le panneau dans une position de sécurité. Et lorsque des seuils de chaleurs sont détectés, le procédé commande le système électrique de se mettre automatiquement en veille pour éviter les pannes.



**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
(Conformément aux articles 43 et 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 : 40292	Date de dépôt : 05/05/2017
Déposant : LENIUM ENERGY INVESTMENTS SARL (LEI) ET Université Internationale de RABAT	
Intitulé de l'invention : Procédé suiveur de soleil basé sur un système embarqué-capteurs intégré pour une production énergétique optimale	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <a href="http://worldwide.espacenet.com">http://worldwide.espacenet.com</a> , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
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	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée	
<input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: M. EL KINANI	Date d'établissement du rapport : 01/02/2018
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



**Partie 1 : Considérations générales**

*Cadre 1 : base du présent rapport*

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

- Description  
4 Pages
- Revendications  
2
- Planches de dessin  
--

**Partie 2 : Rapport de recherche**

**Classement de l'objet de la demande :**

CIB : G06F19/00

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

EPOQUE, Orbit

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	Gerro Prinsloo, Robert Dobson; Solar Tracking; Novembre 2015 (ISBN: 978-0-620-61576-1)	1, 2
X	B. Adapa et AL; INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH, Vol.6, No.4, 2016; Spacing Optimization Study of Single-axis Polar Mounted Solar-thermal Passive Tracker based Solar Photovoltaic Plant ;	1
Y		2
Y	Kamal Anoune et AL ; Journal of Energy and Power Engineering 9 (2015) 252-258;New Design and Architecture of a Smart Tracker: Flexible and Scalable for PV and CSP Systems ; 31/03/2015	2

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément  
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier  
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs  
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité***Cadre 4 : Remarques de clarté*

L'objet de la revendication 1 n'est pas clairement défini, l'exposé relatif au calcul du vecteur solaire ne permet pas à un homme du métier, sans expérimentation excessive, d'exécuter un procédé de suivi solaire. De plus, les variables contenues dans les équations (1) à (6) ne sont définies ni dans la revendication ni dans la description. Par conséquent, l'objet de la revendication 1 n'est pas conforme aux exigences de clarté au sens de l'article 35 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

*Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle*

Nouveauté (N)	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-2	Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-2	Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-2	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : Gerro Prinsloo, Robert Dobson; Solar Tracking (ISBN: 978-0-620-61576-1)

D2 : B. Adapa et AL; INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH, Vol.6, No.4, 2016

**1. Nouveauté et Activité inventive (AI) :**

Le document D1 (CHAPTER 3: SOLAR POSITION ALGORITHMS AND PROGRAMS) divulgue un procédé de suivi solaire caractérisé par le calcul du vecteur solaire (angle d'azimute solaire, angle zénith) en exécutant la série de calcul selon les six équations données par la revendication 1 (page 71, équations (3.1) – (3.6)).

Le document D2 (page 1492, paragr. 2.1, équations (1) – (7)) divulgue également l'objet de la revendication 1.

D'où l'objet de la revendication indépendante 1 n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

En outre, le document D1 (page 56, paragr. 3 ; page 150, dernier paragraphe ; page 151, figure 8.15 ; page 152, fonction Standby) divulgue que lorsque les seuils de vents sont détectés, le procédé contrôle la plateforme de suivi pour remettre le panneau dans une position de sécurité, et lorsque les seuils de chaleur sont détectés, le procédé commande le système électrique de se mettre automatiquement en veille pour éviter les pannes.

D'où l'objet de la revendication 2 n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

L'objet des revendications 1 et 2 n'est pas considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2. 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.