



## (12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 38683 A1** (51) Cl. internationale : **F24J 1/00**

(43) Date de publication :  
**31.07.2017**

---

(21) N° Dépôt :  
**38683**

(22) Date de Dépôt :  
**16.12.2015**

(71) Demandeur(s) :  
**UNIVERSITE INTERNATIONALE DE RABAT, PARC TECHNOPOLIS RABAT-SHORE,  
CAMPUS UNIVERSITAIRE UIR, ROCADE RABAT-SALE, 11100 SALA EL JADIDA (MA)**

(72) Inventeur(s) :  
**Bouya Mohsine ; Anoune Kamal ; Ghazouani Mokhtar ; Benabdellah  
Abdellatif ; Astito Abdelali**

(74) Mandataire :  
**MOHSINE BOUYA**

---

(54) Titre : **Optimisation énergétique d'un capteur solaire plan thermique par utilisation  
d'un traqueur mono axial**

(57) Abrégé : Un traqueur pour capteurs solaires plans thermiques avec optimisation de l'énergie électrique. Il s'agit d'un traqueur à un seul axe qui maintient l'angle d'incidence du rayonnement solaire par rapport à la surface du capteur inférieur à 45°, Pour cela, il exécute seulement un nombre limité de rotations par jours vers certaines positions prédéterminées selon l'heure de la journée et la position géographique terrestre.

**Abrégé**

Un traqueur pour capteurs solaires plans thermiques avec optimisation de l'énergie électrique. Il s'agit d'un traqueur à un seul axe qui maintient l'angle d'incidence du rayonnement solaire par rapport à la surface du capteur inférieur à  $45^\circ$ . Pour cela, il exécute seulement un nombre limité de rotations par jours vers certaines positions prédéterminées selon l'heure de la journée et la position géographique terrestre.

# Optimisation énergétique d'un capteur solaire plan thermique par utilisation d'un traqueur mono axial

---

## Description

La présente invention se rapporte aux traqueurs solaires et en particulier aux procédés de suivi solaire adaptés au solaire thermique.

Le traqueur solaire est un système qui permet aux capteurs solaires de suivre la course du soleil et d'améliorer l'exposition des capteurs aux radiations solaires. Il permet en général un gain de rendement jusqu'à 39% par rapport aux capteurs à orientation fixe. Toutefois, le traqueur solaire a un coût énergétique qui doit être pris en considération. Ce coût peut être justifié dans le cadre du suivi solaire des panneaux photovoltaïques et en particulier les panneaux photovoltaïques à concentration. Toutefois, nous avons remarqué, suite à des études sur les panneaux thermiques, que ces derniers ne nécessitent pas un suivi précis car leur rendement ne commence à chuter qu'à partir d'un angle d'incidence supérieur à 45%. Le tableau suivant indique l'évolution du pourcentage de radiations absorbées par le capteur selon l'angle d'incidence entre les rayons solaires et la normale à la surface du capteur :

Angle d'incidence entre les rayons solaires et la normale à la surface du capteur	% des radiations solaires disponibles pour le capteur solaire
0°	100,00%
30°	80,00%
45°	79,00%
75°	50,00%
90°	0,00%

Nous avons donc conclu que les procédés actuels de suivi solaire implémentés dans les traqueurs solaires ne sont pas adaptés aux panneaux thermiques car le rendement global (thermique + électrique) ne serait pas optimal.

Notre invention propose un procédé implémenté par le microcontrôleur d'un système traqueur mono-axial qui équilibre entre la consommation électrique du traqueur et le rendement thermique de capteur. L'objectif étant de minimiser les rotations du moteur tout

en gardant l'angle d'incidence entre les rayons solaires et la normale à la surface du capteur inférieur à  $45^\circ$ . Pour cela, 3 configurations peuvent suffire à 3 moments de la journée dans la plupart des latitudes. Ces configurations correspondent à des angles précis de rotation du moteur ce qui réduit le nombre de rotations et l'énergie électrique dépensée à exactement ce nombre de configurations. Un exemple typique au Maroc pour les configurations suffisantes est :

Configuration	Angle d'orientation par rapport à l'angle d'Azimute original	Intervalle de tolérance avec un maximum de d'angle d'incidence de $45^\circ$
Matin	$120^\circ$	$75^\circ - 165^\circ$
Midi	$180^\circ$	$135^\circ - 225^\circ$
Après-midi	$240^\circ$	$195^\circ - 285^\circ$

Le traqueur en question est composé de 5 principaux modules :

Un module GPS de détection de l'élévation, la longitude et la latitude du système ;

Un module d'horloge RTC qui génère l'heure atomique exacte. Ce module peut être intégré au module GPS ;

Un module de contrôle et de protection du moteur de rotation ;

Un encodeur qui détermine la position du capteur et son élévation ;

Un module de contrôle et de puissance qui est composé d'un microcontrôleur pour le traitement des informations et l'implémentation du procédé, d'un capteur de température interne du module, d'un affichage numérique pour l'affichage de l'état et la gestion du système, des entrées/sorties numériques et analogiques standards pour d'éventuelles extensions, d'un interrupteur et d'une carte adaptable d'alimentation du moteur.

Le procédé exécuté par le microcontrôleur passe par les étapes suivantes :

1. Initialisation des variables des algorithmes ;
2. Acquisition des données : la valeur de l'angle actuel à partir de l'encodeur, les coordonnées GPS, le temps atomique actuel, la valeur de température du capteur, et définition des configurations
3. Calcul de l'orientation actuelle relativement à l'orientation du soleil et les angles du moteur nécessaires pour chaque configuration

4. Affichage de l'état du système : la valeur de l'angle actuel à partir de l'encodeur, les coordonnées GPS, le temps atomique actuel, et la valeur de température du capteur
5. Vérification si le temps atomique correspond à l'une des configurations préenregistrées
6. Calcul de l'angle relatif pour atteindre l'orientation associée à la configuration
7. Commande du moteur pour exécuter l'orientation et retour à l'étape 2

Le microcontrôleur implémente en plus de la logique de suivi décrite ci-dessus un algorithme codé de calcul de la position astronomique du soleil tel que décrit dans l'état de la technique.

La figure 1 montre une représentation de l'angle d'incidence

La figure 2 montre le flux d'exécution du procédé

## Revendications

1. Un procédé de fonctionnement de traqueur solaire caractérisé par l'utilisation de 3 configurations d'angles d'orientation uniquement par jour par rapport à l'angle d'Azimute original.
2. Un procédé de fonctionnement de traqueur solaire selon la revendication 1 caractérisé le déroulement suivant :
  1. Initialisation des variables des algorithmes ;
  2. Acquisition des données : la valeur de l'angle actuel à partir de l'encodeur, les coordonnées GPS, le temps atomique actuel, la valeur de température du capteur, et définition des configurations
  3. Calcul de l'orientation actuelle relativement à l'orientation du soleil et les angles du moteur nécessaires pour chaque configuration
  4. Affichage de l'état du système : la valeur de l'angle actuel à partir de l'encodeur, les coordonnées GPS, le temps atomique actuel, et la valeur de température du capteur
  5. Vérification si le temps atomique correspond à l'une des configurations préenregistrées
  6. Calcul de l'angle relatif pour atteindre l'orientation associée à la configuration
  7. Commande du moteur pour exécuter l'orientation et retour à l'étape 2
3. Un procédé de fonctionnement de traqueur solaire selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que les 3 angles d'orientation par rapport à l'angle d'Azimute original sont successivement 120°, 180° et 240°.

Dessins

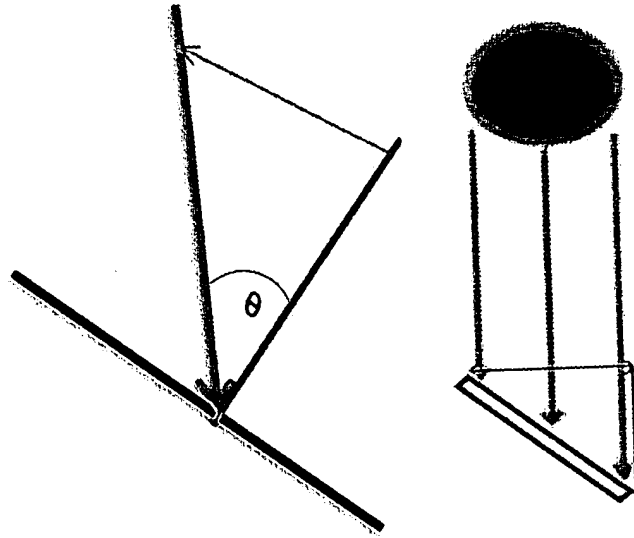


Figure 1

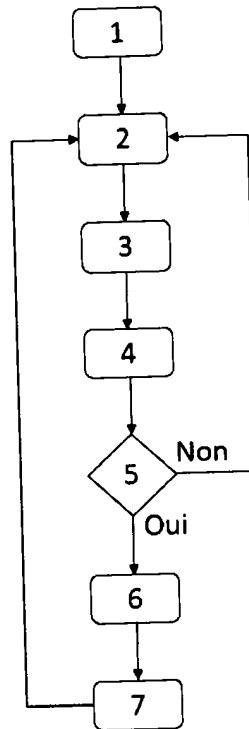


Figure 2



**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 : 38683	Date de dépôt : 16/12/2015
Déposant : UNIVERSITE INTERNATIONALE DE RABAT	
Intitulé de l'invention : Optimisation énergétique d'un capteur solaire plan thermique par utilisation d'un traqueur mono axial	
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 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 : 01/08/2016
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  
3 Pages
- Revendications  
3
- Planches de dessin  
1 Pages

**Partie 2 : Rapport de recherche**

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

CIB : F 24J 2/38 ; 2/40

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	Yi Ma, Guihua Li, Runsheng Tang ; Applied Energy 88 (2011) 1784-1791 ; 03/12/2010	1, 3
Y	Tout le document	2
Y	Hossein Mousazadeh & AL ; Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 1800-1818 ; 15/02/2009	2
A	Bin-Juine Huang & AL ; Energy Procedia 33 (2013) 280 – 287 ; 21/06/2013	2
A	Kamal ANOUNE & AL ; DOI: 10.1109/IRSEC.2015.7455045 ; 14/12/2015	1-3
	Tout le document	

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

Nouveauté (N)	Revendications 2, 3	Oui
	Revendications 1	Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-3	Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-3	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 : Applied Energy 88 (2011) 1784-1791

D2 : Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 1800-1818

**1. Nouveauté (N) :**

Le document D1 divulgue une méthode de fonctionnement d'un traqueur solaire mono axial qui utilise trois configurations d'angles d'orientation par jour par rapport à l'angle d'azimut original.

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

Aucun document de l'état de la technique considéré ne décrit un procédé de fonctionnement d'un traqueur solaire mono axial qui utilise trois configurations d'angles d'orientation par jour par rapport à l'angle d'azimut original comprenant les étapes :

- Initialisation des variables de l'algorithme
- Acquisition des données : la valeur de l'angle actuel à partir de l'encodeur, les coordonnées GPS, le temps atomique actuel et la valeur de température du capteur
- Calcul de l'orientation actuelle par rapport à l'orientation du soleil et les angles du moteur nécessaires pour chaque configuration
- Affichage de l'état du système : la valeur de l'angle actuel, les coordonnées GPS, le temps atomique actuel et la valeur de température du capteur
- Vérification si le temps atomique actuel correspond à l'une des configurations préenregistrées
- Calcul de l'angle relatif pour atteindre l'orientation associée à la configuration

- Commande du moteur pour exécuter l'orientation et retour à l'étape d'acquisition des données  
D'où l'objet de la revendication 2 est considéré comme nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13. Par conséquent, la revendication dépendante 3 est également considérée comme nouvelle.

## 2. Activité inventive (AI) :

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 2 divulgue une méthode de fonctionnement d'un traqueur solaire mono axial qui utilise trois configurations d'angles d'orientation par jour par rapport à l'angle d'azimut original.

Par conséquent, l'objet de la présente demande diffère de D1 par les étapes :

- Initialisation des variables de l'algorithme
- Acquisition des données : la valeur de l'angle actuel à partir d'un encodeur, les coordonnées GPS, le temps atomique actuel et la valeur de température du capteur
- Calcul de l'orientation actuelle par rapport à l'orientation du soleil et les angles du moteur nécessaires pour chaque configuration
- Affichage de l'état du système : la valeur de l'angle actuel, les coordonnées GPS, le temps atomique actuel et la valeur de température du capteur
- Vérification si le temps atomique actuel correspond à l'une des configurations préenregistrées
- Calcul de l'angle relatif pour atteindre l'orientation associée à la configuration
- Commande du moteur pour exécuter l'orientation et retour à l'étape d'acquisition des données

Le problème technique objectif issu de ces caractéristiques distinctives peut être considéré comme fournir une méthode de contrôle pour le traqueur solaire, permettant le positionnement dudit traqueur selon des angles prédéterminés.

En tout état de cause, ces caractéristiques ont déjà été employées dans le même but dans une méthode de contrôle d'un traqueur à trois positions prédéterminées (cf. D2, 5.2). Il serait évident pour l'homme du métier désireux de parvenir au même résultat d'appliquer ces caractéristiques, avec un effet correspondant, dans un traqueur suivant D1, afin d'obtenir une méthode de contrôle conformément à la revendication 2.

Par conséquent, l'objet de la revendication 2 n'implique pas d'activité inventive au sens de l'article 28 de

la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

La revendication dépendante 3 ne contient pas de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13 en matière d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles ladite revendication dépendante est liée, D1 décrit des angles azimut optimales du traqueur qui sont fonction des coordonnées géographiques (D1 illustre le cas de la chine) et fonction de la latitude du site de l'installation. Le choix des angles 120°, 180° et 240° (exemple typique du cas du Maroc) ne peut pas conférer une activité inventive à la présente demande.

**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.